



UNIVERSIDAD DE BURGOS

**PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICAS ESPECÍFICAS

TESIS DOCTORAL

**UN CAMBIO SIGNIFICATIVO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.
EL USO DEL ORDENADOR EN LA RESOLUCIÓN DE SITUACIONES
EXPERIMENTALES DE FÍSICA EN EL NIVEL UNIVERSITARIO BÁSICO**

Marta Susana Yanitelli

BURGOS

Enero de 2011

UNIVERSIDAD DE BURGOS

TESIS DOCTORAL

**UN CAMBIO SIGNIFICATIVO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.
EL USO DEL ORDENADOR EN LA RESOLUCIÓN DE SITUACIONES
EXPERIMENTALES DE FÍSICA EN EL NIVEL UNIVERSITARIO BÁSICO**

Marta Susana Yanitelli

DIRECTOR

Dr. Marco Antonio Moreira

CO DIRECTORA

Dra. Marta Beatriz Massa

BURGOS

Enero de 2011

AGRADECIMIENTOS

Esta tesis, producto de un largo proceso de investigación, ha sido posible gracias al aporte, la generosidad y el trabajo concreto de muchas personas. A todos ellos, expreso mi más sincero agradecimiento.

A Marco Antonio Moreira por sus aportes metodológicos y teóricos; por sus comentarios directos, objetivos, prácticos, quizás duros y, fundamentalmente, por su respeto a mis ideas y a mi propio proceso de aprendizaje.

A Marta Massa por sus invaluable consejos y sugerencias, generosa disponibilidad académica, material y humana. Su apoyo permanente lo he visto plasmado en las discusiones en torno a esta investigación y en sus revisiones fundamentadas de mis avances.

A mis padres por ser los pilares en los cuales me he apoyado al emprender cada nuevo desafío en mi vida y a todos aquellos que permanecen anónimos para estas páginas, pero que tienen un nombre en mi memoria.

Muy especialmente deseo reconocer el apoyo incondicional de mi esposo Norberto, de quien durante todos estos años recibí la confianza, el ánimo para seguir adelante en los momentos difíciles, la paciencia y el amor.

Institucionalmente a la Universidad Nacional de Rosario que, a través de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura y la Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño, brindó su apoyo económico y de infraestructura para el desarrollo de esta investigación.

Nuevamente, muchas Gracias a todos.

M.S.Y

Burgos, Enero de 2011

RESUMEN

Las actuales tecnologías de la información y la comunicación han impactado en todas las áreas de desarrollo de las personas, cambiando la visión del mundo. En consecuencia, también se han modificado y complejizado las pautas de acceso al conocimiento y de relación interpersonal. En particular, en la formación de los futuros ingenieros la introducción del ordenador en las prácticas de laboratorio de Física universitaria básica posibilita la configuración de una nueva distribución temporal de las actividades, otorgando mayor énfasis a la reflexión acerca del experimento, la interpretación de resultados y la elaboración de conclusiones. Desde esta perspectiva, esta tesis estuvo orientada a identificar el alcance y las perspectivas que tiene la incorporación del ordenador en la enseñanza de la Física; conocer las formas en que los estudiantes re-estructuran los conocimientos de nivel concreto en el plano mental, las ideas que desarrollan, los niveles de simbolización y abstracción que alcanzan y las habilidades cognitivas específicas que ponen en juego cuando resuelven situaciones experimentales utilizando un sistema informático de adquisición de datos en tiempo real.

Como referencial teórico se consideraron las teorías del Aprendizaje Significativo de Ausubel, de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y de la Mediación de Vygotsky. La investigación se desarrolló en tres fases apelando a una pluralidad de enfoques metodológicos, combinando las perspectivas cualitativa y cuantitativa. Al efectuar el análisis de los resultados, cada una de ellas suministró de manera única un punto de vista particular. En la primera fase se caracterizaron las prácticas de apropiación y uso de las actuales tecnologías, en particular, del ordenador. En la segunda, se identificaron los modelos mentales construidos por los estudiantes sobre el uso y función de un sistema informático y, finalmente,

en la tercera fase se reconocieron los procesos de razonamiento y las habilidades cognitivas específicas asociadas al uso del sistema informático.

Los resultados obtenidos evidencian que los estudiantes adoptan diferentes prácticas de apropiación y uso vinculadas al ordenador que permiten establecer un continuo desde "usuarios avanzados" con nivel medio o alto en cuanto a su uso doméstico y escolar hasta "usuarios intuitivos" donde dicho uso tiene un nivel bajo o nulo. Asimismo, se detectaron 4 tipologías de modelos mentales asociados al funcionamiento y uso del sistema informático que sugieren una gradación en función de la organización de la estructura interna de los mismos. El estudio da indicios que el desarrollo de habilidades cognitivas específicas estaría asociado a la apropiada selección de sensores, la comunicación interactiva al elegir la forma de representación de los datos, los elementos de estadística puestos en juego y el análisis explícito sobre la evolución de las gráficas registradas con el ordenador. Estos resultados dan cuenta que el sistema informático en tanto instrumento mediacional que comparte aspectos tanto de herramienta física como semiótica, contribuyó a generar un ambiente de aprendizaje propicio para la internalización de conocimientos científicos.

ABSTRACT

The current information and communication technologies have impacted all areas of personal development, changing the view of the world. As a result, they have also changed and made more complex the patterns of access to knowledge and interpersonal relationship. In particular, in the training of future engineers the introduction of microcomputer based laboratory in basic university physics courses enables the configuration of a new timing of activities, giving greater emphasis to thinking about the experiment, to the interpretation of results and to the production of conclusions. From this perspective, this thesis was conducted to identify the scope and prospects of the incorporation of computers in physics teaching in order to learn about the ways in which students re-structure concrete level knowledge in their minds, and about the ideas they develop. Symbolization and abstraction levels are analyzed as well as specific cognitive abilities that come into play when they solve experimental situations using a computer system in real-time data acquisition.

Ausubel's meaningful learning, Johnson-Laird's mental models and Vygotsky's mediation theories have constituted the framework of this study. The research was conducted in three phases, appealing to a plurality of methodological approaches and combining qualitative and quantitative perspectives. In the first phase, we characterized the practices of appropriation and use of existing technologies, particularly the computer. In the second one, mental models that were constructed by students about the use and function of a computer system were identified. Finally, in the last stage we recognized the reasoning processes and specific cognitive skills that are associated with the use of the computer system in physics laboratory.

The results show that students adopt different practices of appropriation and use of computers, going through a continuum from "advanced", with medium or high level use of computer at home or at school, to "intuitive users" with a practical absence of computer in their activities. We have also detected four different types of mental models that were constructed in the operation and use of the computer system. They suggest a certain gradation depending on the organization of their internal structure. The study provides evidence that the development of specific cognitive abilities would be associated with the proper selection of sensors, the interactive communication when choosing data representation forms, the use of statistical elements on data analysis and the interpretation of the evolution of graphs registered with the computer. These results show that the computer system considered as a mediational tool helps to generate a learning environment which leads to the meaningful internalization of scientific knowledge. Therefore computer system may be considered both as a physical and a semiotic tool.

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Motivación por el tema.....	1
1.2 Marco general.....	6
1.3 Supuesto de partida	10
1.4 Planteo del problema. El uso del ordenador en la resolución de situaciones experimentales	11
1.5 Objetivos	16
1.6 Investigaciones publicadas en relación con la temática.....	17
1.7 Referentes teóricos.....	29
1.8 Metodología.....	32
1.9 Organización de la tesis	36
2 REFERENTES TEÓRICOS	39
2.1 Dinámica de los cuerpos rígidos	40
2.1.1 Cuerpo rígido	40
2.1.2 Grados de libertad de un cuerpo rígido.....	40
2.1.3 Ecuaciones de movimiento.....	42
- Primera Ecuación Cardinal	42
- Segunda Ecuación Cardinal	46
2.1.4 Analogía entre variables cinemáticas y dinámicas en la traslación y la rotación.....	52
2.1.5 Desarrollo teórico de la situación experimental.....	53
2.2 La Psicología Cognitiva y el aprendizaje	57
2.2.1 Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel	58
- Teoría de la asimilación	59
- Diferenciación progresiva y reconciliación integradora	60
- Resolución significativa de problemas.....	62
2.2.2 Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird	64
- Representaciones mentales. Modelos mentales.....	64

- Proceso general de razonamiento	67
- Modelos mentales y modelos conceptuales.....	70
2.2.3 La Teoría de la Mediación de Vygotsky	71
- Pensamiento y lenguaje.....	72
2.3 Conocimiento científico y lenguaje.....	74
2.4 El trabajo experimental como actividad de investigación	76
2.5 El sistema informático en las prácticas de laboratorio en ambientes universitarios	81
2.5.1 Arquitectura del sistema informático	84
2.5.2 Regulación de la propia tarea	86
3 METODOLOGÍA.....	89
3.1 Consideraciones metodológicas.....	91
3.2 Fases de la investigación.....	94
3.2.1 Primera fase: caracterización de las prácticas de apropiación y uso de las actuales tecnologías, en particular, el ordenador.....	94
- Características de la muestra	94
- Estrategia de recolección de información	96
- Procesamiento de la información	97
3.2.2 Segunda fase: reconocimiento de representaciones sobre el uso y función de un sistema informático	100
- Características de la muestra	101
- Estrategia de recolección de información	103
- Procesamiento de la información	110
3.2.3 Tercera Fase: reconocimiento de procesos de razonamiento y de habilidades cognitivas específicas.....	114
- Características de la muestra	116
- Estrategia de recolección de información	116
- Procesamiento de la información	123
3.3 Técnicas e instrumentos aplicados.....	125
- Encuesta	125
- Observaciones.....	127

- Entrevistas	128
3.4 Credibilidad y transferibilidad.....	128
3.5 A modo de cierre.....	129
4 RESULTADOS FASE I	131
4.1 Primer nivel de análisis. Variables y modalidades detectadas	132
4.2 Segundo nivel de análisis	136
4.2.1 Descripción de los rasgos generales de los estudiantes.....	136
4.2.2 Las condiciones personales objetivas	142
4.2.3 Las condiciones personales subjetivas.....	144
4.3 Caracterización de los estudiantes en el entorno digital.....	151
5 RESULTADOS FASE II.....	155
5.1 Categoría: Dispositivo simbólico.....	156
5.2 Categoría: Instrumento de medición.....	168
5.2.1 Representaciones de "contexto declarativo"	170
5.2.2 Representaciones de "contexto procedimental"	180
5.3 Categoría: Comparación entre instrumentos de medición	188
5.4 Categoría: Regulación de la tarea.....	197
6 RESULTADOS FASE III	209
6.1 Categoría: Modelización	210
6.1.1 Dispositivo experimental	211
- Dispositivo modelizado	211
- Modelizado incompleto	213
- No incluyen dispositivo experimental.....	213
6.1.2 Fricción en el eje	214
- Centrado en el concepto de momento	214
- Centrado en el concepto de fuerza	217
- Centrado en una representación equivalente.....	218
6.1.3 Condición de rodadura	219

- Validación de la condición de no deslizamiento	219
- Ausencia de validación de la condición de no deslizamiento.....	221
6.2 Categorías: Espacio conceptual, Espacio procedimental y Habilidades cognitivas asociadas al sistema informático	224
6.3 Análisis de los modelos mentales identificados	237
7 CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS	245
7.1 Perfil de los estudiantes que ingresan a la universidad en relación con las prácticas de apropiación y uso del ordenador.....	246
7.2 Características de las prácticas de laboratorio asistidas por ordenador ..	250
7.3 Los recursos informáticos como instrumentos para el desarrollo de habilidades de pensamiento	261
7.4 Algunas posibles implicancias	267
7.5 Nuevos interrogantes.....	268
7.6 A la manera de un pequeño epílogo.....	269
REFERENCIAS	271
ANEXOS	287
1 Guía de Trabajo Práctico vinculada a Fase III	287
2 Encuesta asociada a Fase I.....	293
3 Guía de Trabajo Práctico vinculada a Fase II.....	299
4 Archivos salida programa SPADN	307
5 Procesamiento de datos relacionados a la representación "contexto declarativo"	315
6 Procesamiento de datos relacionados a la representación "contexto procedimental"	319

1 INTRODUCCIÓN

"El hombre cuyas convicciones tienen una perspectiva amplia, formuladas en términos de principios en lugar de reglas, tiene muchas más chances de descubrir aquellas alternativas que, finalmente, lo tornarán libre."

Kelly, G., 1963

En este capítulo se presenta el tema de la tesis el cual deviene de un profundo compromiso con una enseñanza de las ciencias, en particular, en Física que refleje los elementos esenciales que caracterizan la actividad científico-investigadora contemporánea. Ésta exige que se amplíen los contenidos culturales a ser transferidos por el sistema educativo, incluyendo tanto los nuevos conocimientos como el proceso del cual provienen.

Se exponen las motivaciones que han dado lugar a la elección del tema, las cuestiones básicas que fundamentan su desarrollo y los objetivos que se pretenden lograr.

Asimismo, se hace referencia a trabajos previos vinculados con el tema de la tesis y se presentan los lineamientos generales de la forma en que se ha estructurado la investigación comentando el contenido de los capítulos que la componen.

1.1 Motivación por el tema

El presente proyecto de investigación deriva de la necesidad de articular una serie de preocupaciones, inquietudes e interrogantes, producto de las

prácticas y conocimientos adquiridos a través de la propia trayectoria como docente universitaria en la asignatura Física I, que corresponde al Ciclo Básico de las carreras de Ingeniería, en la que se desarrollan contenidos de Mecánica Clásica y como investigadora en Enseñanza de las Ciencias, en particular, en Física.

¿Por qué ahora? No es posible dar una respuesta a este interrogante sin reflexionar previamente sobre mis comienzos en la docencia universitaria ya que era consciente que ejercer la docencia demanda un conocimiento profundo, flexible y cualificado del contenido disciplinar, pero además, la capacidad de transformar lo comprendido del mismo para generar representaciones y reflexiones eficaces sobre ese conocimiento. Esto supone, tener la habilidad de convertir las comprensiones acerca de un tema, en distintas estrategias de enseñanza que les faciliten a los estudiantes el logro de sus aprendizajes.

Fue a partir de esta situación que comencé a interesarme por aquellos saberes de carácter pedagógico que, por mi formación de Ingeniera, no disponía. Se abrió un campo de conocimiento desconocido para mí hasta ese momento, pero a la vez apasionante. Los primeros tiempos, debo admitirlo, fueron de lectura no sistematizada ni orientada por una línea temática específica. Pero mi incorporación al Grupo de Conceptualización en Enseñanza de las Ciencias, a principios de la década de los noventa, fue el momento clave que me permitió desarrollar hasta hoy una tarea de investigación que alimenta día a día mi formación, así como, cuestionar mi práctica docente, evaluar mis aciertos y, porqué no, mis equivocaciones.

En esos años desempeñaba mi actividad docente en el Laboratorio y me interesé por las prácticas experimentales que plantearan al estudiante problemas-desafíos que tiene que solucionar planificando actividades apropiadas. Mi esfuerzo se centró en el diseño de propuestas que posicionen al estudiante frente a una situación lo más similar posible a la de un

profesional que se enfrenta a una situación desconocida en el sentido que: pueda plantearse interrogantes; formular hipótesis; plantear caminos alternativos, seleccionar los más adecuados y ponerlos en práctica; evaluar sus resultados; confirmar o modificar sus hipótesis. Esto determinó la línea de investigación a seguir.

A partir de las experiencias recogidas y de los aportes de las distintas líneas de investigación en didáctica de la Física, comencé a trabajar en la implementación de una nueva metodología en la cual se trabaja el experimento de laboratorio como prototipo de situación abierta, con la ambigüedad inherente a la naturaleza de las mismas, con el requisito de definir y acotar el problema a resolver, discriminar entre información relevante o irrelevante e identificar posibles estrategias de resolución.

Las bases y lineamientos de la misma fueron publicados en las memorias de la VII y IX Reunión Nacional de Educación en Física realizadas en Argentina (Yanitelli, Massa y Creus, 1991; Yanitelli, Rosolio y Massa, 1995).

Otro aspecto que también me preocupaba mejorar en las prácticas experimentales era la calidad de las mediciones. Con tal fin y en colaboración con personal no docente idóneo, entre los años 1995 y 1999, se avanzó en la construcción de equipamiento accionado por componentes electrónicos.

En realidad, buscaba no limitar la propuesta metodológica a la adquisición de ciertos conocimientos y habilidades sino también aproximar a los estudiantes a los desarrollos tecnológicos de la época, con el propósito de estimular en ellos tanto una actitud científica y tecnológica como la función social y de desarrollo profesional.

Un nuevo desafío se presentó a partir del año 2000 con la incorporación en el laboratorio de equipamiento informático para la adquisición y el tratamiento de datos experimentales producto de mi participación en el proyecto FOMEC (Fondo para el Mejoramiento de la Calidad Universitaria),

incluido en el marco del Programa de Reforma de la Educación Superior financiado por un convenio entre el BIRF, Washington DC, EEUU y la República Argentina.

En colaboración con docentes que también desarrollaban su actividad en el laboratorio y con el propósito de aprovechar algunas de las múltiples posibilidades que ofrece el campo de la experimentación asistida por ordenador en la enseñanza de la Física, iniciamos un trabajo de diseño de situaciones problemáticas experimentales planteadas como actividades de investigación orientada donde el ordenador, asociado a un sistema de adquisición de datos recogidos por diversos sensores, se constituye en instrumento relevante en la resolución de las mismas.

Dado que estos entornos implican disponer de conocimientos acerca del ordenador como dispositivo simbólico y habilidades para el manejo operativo tanto del ordenador como del sistema de adquisición de datos, observamos que la mayoría de los estudiantes, sin la experiencia necesaria para trabajar con estos sistemas en el laboratorio, generalmente los utilizaban en forma mecánica. Surgió, entonces, la necesidad para su uso adecuado, de trabajar aspectos básicos de su funcionamiento de manera que los estudiantes construyan una representación mental, aunque sea muy elemental, del mismo.

En un experimento asistido por ordenador el estudiante se enfrenta a un sistema de dispositivos para la adquisición y procesamiento de datos tales como sensores, interfaz de conexión, puertos de entrada y salida, etc. y el programa de gestión. Dado que este sistema no resulta fácil de manejar para algunos estudiantes consideramos necesario diseñar una práctica experimental que los ayude a familiarizarse con el uso y la función de cada uno de los elementos y los principios tecnológicos que regulan su funcionamiento e implementarla previo al desarrollo de las actividades experimentales asociadas a los contenidos de Mecánica. Pero, me cuestionaba: ¿qué características debía tener dicha práctica para que

resulte interesante desde un punto de vista educativo y motivadora para los estudiantes?, ¿qué actividades correspondía proponer para trabajar aspectos básicos del funcionamiento de un sistema informático de manera que los estudiantes construyan una representación, aunque sea elemental, del mismo?, ¿cómo orientar las actividades de manera de generar en los estudiantes una postura crítica y reflexiva sobre el uso de un sistema informático en las prácticas de laboratorio?

La naturaleza particular y compleja de la realidad de las aulas universitarias en Argentina (Herzog, 2000), marca pautas a seguir en la toma de decisiones a la hora de diseñar las distintas propuestas didácticas de experimentos realizados en el laboratorio mediados por ordenador.

Si bien, los resultados obtenidos de la evaluación de estas propuestas muestran cómo los estudiantes se acercan al trabajo del profesional, al tomar decisiones en los arreglos experimentales, al estimar posibles resultados contrastando el modelo conceptual con el experimental, y trabajando en forma colaborativa con sus pares bajo la orientación del docente, no está del todo claro su injerencia en la construcción de los conocimientos de los estudiantes.

Asimismo, quedan dudas acerca de que el recurso informático por sí mismo favorezca los procesos de enseñanza. La transformación de las formas de enseñar no se produce por la renovación de los recursos sino que se requiere una reconstrucción de los enfoques didácticos basada en reflexiones profundas en relación con las representaciones que promueven en el sujeto que aprende, en particular, Física.

Encontrar respuestas a estas cuestiones motivó la elección del tema de la presente tesis, dando continuidad a la línea de investigación que nutre, hasta el día de hoy, mi formación como docente-investigadora. Mi aspiración es contribuir a avanzar en el análisis de esta problemática a fin

de ir conformando un cuerpo de conocimientos para realimentar el proceso de diseño e implementación de nuevas propuestas didácticas.

En este contexto, esta investigación puede proporcionar información respecto de algunas características acerca de cómo los estudiantes reestructuran los conocimientos de nivel concreto en un plano hipotético-deductivo; las ideas que desarrollan en el plano mental y los niveles de simbolización y abstracción que alcanzan cuando resuelven situaciones experimentales asistidas por ordenador.

1.2 Marco general

Sin duda, el trabajo de laboratorio es un componente esencial de la enseñanza de las ciencias, en particular, en Física. A través de la experimentación se alcanzan nuevos niveles de abstracción y comprensión, lo cual contribuye al enriquecimiento del cuerpo de conocimientos, otorgando significados generados desde la acción.

Sin embargo, las investigaciones realizadas desde 1980 hasta el presente en relación con los trabajos prácticos de laboratorio, muestran sus deficiencias para:

- *Favorecer el aprendizaje de conceptos científicos* (Buchan & Jenkis, 1992; Hodson, 1994; Thijs & Bosch, 1995). Según Moreira (1980) los estudiantes a menudo llevan a cabo experimentos sin apenas comprender el objetivo o las razones que han llevado a escoger tal o cual práctica, y con escaso entendimiento de los conceptos subyacentes. La mayoría de las investigaciones concluyen que el trabajo práctico que realmente se realiza en la enseñanza actual de las ciencias son experiencias tipo receta que proporcionan muy poco beneficio a los estudiantes en su tarea de comprensión de los conceptos científicos (Tobin, 1986; Tamir & García, 1992; García Sastre, Insausti y Merino, 1999).

- *Desarrollar habilidades y procedimientos investigativos.* Generalmente, las prácticas de laboratorio están restringidas a la observación y a la mera manipulación de instrumentos, técnicas de medidas y fórmulas relegando procesos orientados al análisis de problemas, simulación y reconstrucción en el plano ideal de la situación estudiada, emisión de hipótesis respecto a la construcción de un modelo y operativización de éstas en forma matemática, análisis de datos, enunciado de conclusiones (Gil Pérez, Carrascosa, Furió y Martínez Torregrosa, 1991; Hodson, 1994; García Sastre et al., 1999).
- *Motivar a los alumnos.* Si bien algunos estudios parecen demostrar que la mayoría de los estudiantes disfrutan con las prácticas de laboratorio (Lazarovitz & Tamir, 1994), hay otros que muestran que el interés en ellas decrece fuertemente con la edad (Lynch & Ndyetabura, 1984) e incluso que existe una minoría significativa que expresa aversión por el trabajo práctico (Bliss, 1990). Según Hodson (op. cit.) lo que resulta, con frecuencia, atrayente es la oportunidad para poner en práctica métodos de aprendizaje más activos, para interactuar más libremente con el profesor y con los pares y para organizar el trabajo como mejor se adapte al gusto del estudiante.
- *Promover una adecuada imagen de las ciencias experimentales y de la investigación científica contemporánea.* Investigaciones realizadas (Hodson, 1994; Gil Pérez y González, 1993; García Barros, Martínez Losada y Mondelo Alonso, 1998) señalan que, si se desea reflejar en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física elementos esenciales de la investigación científica contemporánea, no es suficiente que los estudiantes reconozcan que los problemas científicos constituyen inicialmente situaciones problemáticas confusas que es necesario formularlas en forma precisa, acotarlas y modelizarlas para poder abordarlas con el marco teórico que se posee en el campo específico en que se realiza la investigación. También es necesario tener en cuenta que, si bien la obtención de evidencia

experimental en condiciones definidas y controladas ocupa un lugar central en la investigación, es preciso relativizar dicho papel que sólo cobra sentido con relación a las hipótesis a contrastar y a los diseños concebidos a tal efecto. Trabajar en términos de hipótesis implica dudar sistemáticamente de los resultados obtenidos y del proceso seguido para obtenerlos, lo que conduce a revisiones continuas, a intentar obtener esos resultados por otros caminos y a mostrar su coherencia con los resultados obtenidos en otras situaciones. Se requiere, además, utilizar dispositivos electrónicos, ordenadores y, en general, la automatización como importantes elementos que contribuyen al registro de información y a la solución de los problemas planteados.

Asimismo, Hodson (1994) señala que el trabajo práctico tal como se suele realizar en la actualidad plantea múltiples barreras o "*interferencias*" que dificultan el aprendizaje. Muy frecuentemente la concreción de las experiencias de laboratorio constituye una interferencia significativa que distrae al aprendiz de los conceptos relevantes, dificultando más que estimulando su adquisición y desarrollo. Gran parte del tiempo de las clases de laboratorio, los estudiantes trabajan con materiales reales y les resulta muy difícil discutir e interpretar sus hallazgos y ofrecer explicaciones del comportamiento observado haciendo uso de conceptos abstractos. Es decir, se muestran incapaces de establecer la conexión entre lo que están haciendo y lo que están aprendiendo tanto en términos de conocimientos conceptuales como procedimentales.

Otra barrera significativa, es la asociada con la transformación y el procesamiento matemático de los datos obtenidos durante el experimento para obtener resultados finales. Es frecuente que los estudiantes, a veces, adopten un enfoque tipo "receta" siguiendo paso a paso las instrucciones, se concentren en un aspecto parcial del experimento o copien lo que hacen los demás.

Además, estudios acerca de la percepción que tienen los estudiantes acerca del rol que cumple el trabajo práctico en su instrucción muestran, en general, que ellos no sostienen los mismos puntos de vista que los profesores e investigadores (Gardner & Gauld, 1990; Kirschner, Meester, Middlebeek & Hermans, 1993). Los estudiantes no siempre otorgan gran importancia a la oportunidad que les proporciona el trabajo de laboratorio de tomar contacto con la realidad de los fenómenos naturales.

Es necesario, entonces, reflexionar en profundidad sobre las características propias y exclusivas que la actividad experimental debe proporcionar a los estudiantes con el objetivo de intentar revertir esta situación.

Barberá y Valdés Castro (1996) destacan cuatro fundamentos educativos para el desarrollo del trabajo práctico experimental: 1) proporciona experiencia directa sobre los fenómenos haciendo que los estudiantes aumenten su conocimiento tácito y su confianza acerca de los sucesos y eventos naturales; 2) permite contrastar la abstracción científica ya establecida con la realidad que ésta pretende describir –habitualmente más rica y compleja–, manifestándose así la condición problemática del proceso de construcción del conocimiento y algunos obstáculos epistemológicos generalmente omitidos en la enseñanza actual (Astolfi, 1994); 3) produce la familiarización de los estudiantes con importantes elementos de carácter tecnológico, desarrollando su competencia técnica y 4) desarrolla el razonamiento práctico, comportamiento inherentemente social e interpretativo propio de la condición humana y necesario para la praxis (Brickhouse, Stanley & Whitson, 1993), en el que el desarrollo progresivo del entendimiento del propósito que se persigue emerge durante el ejercicio de la propia actividad.

Familiarizar a los estudiantes con los recursos informáticos y el interesante dominio de la automatización es de gran importancia en la Ingeniería moderna (Li, 1998). Esto les permite tomar contacto con un conjunto de dispositivos tales como sensores, puertos de entrada-salida, convertidor

analógico-digital, interfaz de conexión, etc.; comprender cómo ocurre la selección, transmisión, almacenamiento y procesamiento de la información durante las mediciones; obtener conocimiento sobre las bases del control automatizado de los procesos productivos y evidenciar la estrecha relación que existe entre ciencia, tecnología y sociedad (De Camargo, Ketzner Saul & Pazini, 2002).

Los aspectos mencionados son altamente significativos para una formación a futuro de un estudiante de ingeniería que debe prepararse para dar nuevo sentido a los recursos innovadores en su especialidad con un pensamiento que lleve a la síntesis, el análisis crítico, la aplicación y significación de la función social de su hacer.

1.3 Supuesto de partida

Los aspectos mencionados en el apartado anterior, convergentes con los trabajos de Herrán Martínez y Parrilla Parrilla (1994), Valdés Castro y Valdés Castro (1994, 1999), Pedrajas Rodríguez y Velasco Toscano (1997), Gil Pérez y Valdés Castro (1997), Pintó (1997), Pol, Harskamp & Suhre (2005), llevó a asumir como supuesto de partida de la presente investigación que:

Las prácticas de laboratorio planteadas como investigaciones orientadas en torno a situaciones problemáticas abiertas, deben considerar la familiarización del estudiante con importantes elementos actualmente utilizados en el quehacer científico y tecnológico, lo cual significa:

- tener en cuenta los medios técnicos e intelectuales, los métodos, las formas de trabajo, etc., actualmente utilizados en la actividad científica,
- utilizar los dispositivos electrónicos, en particular, los ordenadores como estrategia fundamental para el análisis y solución de situaciones

experimentales y, en general, la automatización, como importantes medios de investigación.

Los ordenadores se constituyen en un medio de apoyo para el tratamiento de la información. Son extensiones de la mente, con las cuales el sujeto puede agilizar el procesamiento de la información, extender los sentidos y la capacidad de memoria y fortalecer la comunicación con los otros.

Desde esta perspectiva, el ordenador se transforma en un instrumento de pensamiento dado que proporciona un espacio abierto de posibilidades que cada sujeto puede precisar a su manera; lo importante no es uniformar su uso sino favorecer la diferencia y la iniciativa. Su potencialidad depende de los fines que tiene el sujeto y de las condiciones del contexto de aplicación.

1.4 Planteo del problema. El uso del ordenador en la resolución de situaciones experimentales

Si bien se encuentran artículos en la literatura describiendo las ventajas de los laboratorios mediados por ordenadores, éstos no se han incorporado todavía en la mayoría de los laboratorios de enseñanza. Según Moreira (1995b) tendemos a enseñar en la forma en que se nos enseñó, tendemos a ignorar las nuevas estrategias didácticas y a no incorporar las nuevas tecnologías en nuestra enseñanza.

Sin embargo, y desde una perspectiva de enseñanza de la Física que refleje las características esenciales de la actividad científico-investigadora contemporánea, es necesario que los estudiantes tomen contacto con el medio informático en la realización de experiencias en el laboratorio.

La incorporación del ordenador en las prácticas de laboratorio implica un cuidadoso estudio sobre cuáles deben ser los objetivos fundamentales de su

utilización en la enseñanza de la Física. En relación con esta cuestión, la literatura muestra dos orientaciones: la que concibe el ordenador, esencialmente, como un facilitador del aprendizaje, un medio de ayuda para el profesor y la que introduce el ordenador con el objetivo de relacionar a los estudiantes con los conceptos y procedimientos que caracterizan la actividad científica contemporánea.

La primera es una orientación en la que se inscriben la mayoría de los trabajos de investigación (Barberá y Sanjosé, 1990; Gallego, Lowy y Robles, 1991; Cortini, 1992; Gómez Crespo, 1994; Gea et al., 1995; Brungardt & Zollman, 1995; Beichner, 1996; López, Montoya y Pancorbo, 1997; Pontes y Castro, 1997; de Jong, Martín & Zamarro, 1999; Tao & Gunstone, 1999; Kofman, 2004; Vreman-de Olde & de Jong, 2004; Zacharia, 2005) y está asociada a propuestas didácticas de simulación con ordenador. En los últimos años se han elaborado programas informáticos que permiten al profesor adaptar la experiencia de aprendizaje a los objetivos de enseñanza-aprendizaje, disminuir o aumentar el nivel de complejidad, incluir o excluir ciertos aspectos, adoptar condiciones idealizadas y crear situaciones experimentales que permitan a los estudiantes concentrarse en los conceptos fundamentales, participar en la construcción de modelos de la situación estudiada y en la experimentación con ellos y hacer abstracción de múltiples aspectos secundarios presentes en cualquier situación real, todo lo cual orienta el proceso de pensamiento.

Al eliminar las interferencias de las experiencias concretas y facilitar la inmediata retroalimentación de los resultados de razonamiento con los que ofrece el recurso informático, las simulaciones con ordenador y las bases de datos hacen posible que los estudiantes pasen más tiempo manipulando ideas como medio de construcción del conocimiento.

No obstante el gran valor didáctico de tales programas informáticos, generalmente cuando los estudiantes trabajan con ellos, no utilizan el ordenador para los mismos fines con que se emplea en la ciencia (Valdés

Castro y Valdés Castro, 1999), es decir, en la resolución de problemas que serían difíciles, o imposibles, de solucionar de otro modo. El principal objetivo de las simulaciones que realizan los estudiantes es favorecer el cambio conceptual (Hennessy et al., 1995).

La segunda orientación, explicitada en los trabajos de Valdés Castro y Valdés Castro (1994), Herrán Martínez y Alonso (1995), Rubayo y González (1997), Hamne & Bernhard (2001), Ferrini y Aveleyra (2006), propone que desde la perspectiva de una enseñanza de la Física que pretenda reflejar lo que significa la práctica de la ciencia, no es posible concebir los ordenadores simplemente como un medio facilitador del proceso de aprendizaje sino es necesario asignarles la función que han desarrollado en la historia de la ciencia como instrumento esencial en la resolución de problemas.

De acuerdo con esta orientación, los ordenadores deben utilizarse con el fin de relacionar a los estudiantes con los cambios metodológicos que se han producido en la actividad científico-técnica contemporánea que permitieron liberar a los investigadores de la realización de complejas transformaciones algebraicas y orientarlos en la búsqueda de la solución a los problemas planteados, registrar y procesar información en tiempo real, repetir experimentos en forma inmediata ante resultados dudosos o críticos.

A través de un análisis histórico de la evolución y de las funciones de los ordenadores, Valdés Castro y Valdés Castro (1994) concluyeron que las transformaciones metodológicas originadas en la actividad científica relacionadas con su empleo están orientadas en las siguientes direcciones: la resolución de problemas de cálculos numéricos, la automatización de experimentos, la realización de experimentos con modelos matemáticos y el empleo de programas inteligentes. En consecuencia, según esta orientación deberían ser estas direcciones las que definen el campo de actividad de los estudiantes con los ordenadores.

En los últimos años, este campo se ha visto potenciado con el desarrollo de entornos de experimentación remota. Este nuevo paradigma de laboratorios para la realización a través de la red Internet de experiencias prácticas permite al alumno trabajar de una forma lo más similar posible a como si estuviese en las dependencias del laboratorio, dándole la posibilidad de interactuar con sistemas reales o simulados. Se intenta en la medida que la tecnología lo permita, transmitir a los estudiantes las sensaciones y responsabilidades que tendrán cuando trabajen en entornos reales. La construcción de un entorno remoto de experimentación garantiza no sólo la independencia física del estudiante con respecto al lugar de experimentación, sino también la temporal.

Desde esta perspectiva, la introducción de las actuales tecnologías ha modificado y complejizado los patrones de acceso al conocimiento y de relación interpersonal. En particular, al incorporar el ordenador en la realización de un experimento, las actividades de registro, análisis y transformación de datos y elaboración/comunicación de conclusiones se simplifican y agilizan enormemente, posibilitando la configuración de una nueva redistribución temporal de las sesiones de prácticas en las que se otorgue mayor énfasis a las etapas fundamentales del trabajo científico experimental tales como: reflexión acerca del diseño e implementación del experimento; interpretación de resultados y elaboración de conclusiones.

Sin embargo, no hay que olvidar que puede producirse una utilización deformada o abusiva del equipo informático que se corresponde con una interpretación errónea basada en la creencia de que, porque es posible medir más y mejor, los objetivos educativos y científicos del trabajo en los laboratorios se alcanzan automáticamente, produciendo en los estudiantes una falsa impresión de juego, magia o de automatismo (Herrán Martínez y Parrilla Parrilla, 1994).

También 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 de experiencias demostrativas o dirigidas durante los estudios previos; presentan diferencias en sus conocimientos informáticos y en el grado de familiarización con el uso del ordenador y de software de propósito general tales como procesadores de texto, bases de datos, hojas de cálculo, entornos gráficos, etc. y poseen una experiencia muy limitada o casi nula respecto al trabajo experimental mediado por ordenador.

En un experimento asistido por ordenador el estudiante se enfrenta a un sistema de dispositivos para la adquisición y procesamiento de datos tales como sensores, interfaz de conexión, puertos de entrada y salida, etc. y el programa de gestión. Dado que, para la mayoría de ellos, este sistema no resulta fácil de manejar y, además, se ha observado que generalmente lo utilizan en forma mecánica, se consideró necesario indagar sobre las posibilidades educativas que ofrecen actividades generadas con el fin de familiarizarlos con el uso y la función de cada uno de los elementos que conforman un sistema informático y con los principios tecnológicos que regulan su funcionamiento.

En consecuencia, una pregunta que se constituyó en eje de la tesis fue:

✓ ¿Qué características deben tener las prácticas de laboratorio correspondientes a los programas de Física de primer curso de universidad en carreras de Ingeniería para evitar el uso del ordenador como una "caja negra" que entrega productos acabados?

Asimismo, la introducción de un sistema informático en la resolución de situaciones experimentales encierra grandes potencialidades, principalmente como camino de búsqueda de información y como herramienta de interacción para la asimilación de nuevos contenidos.

Desde esta perspectiva, una segunda pregunta fue:

✓ ¿En qué medida y de qué modo el uso de los recursos informáticos en las prácticas de laboratorio, planteadas como investigaciones orientadas, pueden iniciar y consolidar la construcción de los conocimientos? ¿Cuáles son los elementos de esa construcción que sostienen?

1.5 Objetivos

El presente trabajo de tesis estuvo orientado a responder ambas cuestiones planteadas con los siguientes objetivos:

- Identificar cuál es el alcance y las perspectivas que tiene la incorporación del ordenador en la enseñanza de la Física.
- Indagar sobre las condiciones necesarias para un uso eficiente del ordenador en las prácticas de laboratorio estructuradas en torno a situaciones problemáticas abiertas.
- Explorar las formas en que los estudiantes re-estructuran los conocimientos de nivel concreto en el plano hipotético-deductivo; las ideas que desarrollan y los niveles de simbolización y abstracción que alcanzan cuando resuelven situaciones experimentales asistidas por ordenador.
- Reconocer el abanico de habilidades cognitivas específicas que devienen del uso de un sistema informático en las prácticas de laboratorio.

Se pretendió llevar adelante la investigación con el propósito de disponer de un marco de conocimientos que permita elaborar un conjunto de criterios que posibilite un cambio cualitativo en los aportes pedagógicos de las experiencias de laboratorio asistidas por ordenador respecto de las realizadas tradicionalmente y disponer de datos con elevado potencial de transferencia al aula.

Desde el punto de vista de la investigación en educación en Física se considera que la información recogida permitirá disponer de algunas respuestas sobre la introducción del ordenador en las prácticas de laboratorio a fin de evitar su uso como "caja negra" que detecta entradas y salidas sin entrar en el misterio de la misma y sobre las construcciones conceptuales y esquemas explicativos que puede propiciar el uso de un sistema informático en el tratamiento de situaciones experimentales.

En el plano educativo, se buscó aportar elementos que contribuyan a cerrar la brecha existente entre el enfoque usual de las actividades experimentales generalmente catalogadas como prácticas de confirmación y un trabajo de laboratorio basado en el acto de la investigación que incorpora las actuales técnicas y tecnologías como instrumento relevante para su desarrollo.

1.6 Investigaciones publicadas en relación con la temática

A lo largo del período que ya ha recorrido la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza de las ciencias desde 1980, se ha publicado una vasta cantidad de trabajos de investigación sobre las múltiples funciones que pueden desempeñar en la formación de estudiantes de ciencias de todos los niveles educativos.

En particular, luego del análisis de estudios relacionados con el uso de los sistemas informáticos en el trabajo experimental, las funciones formativas de esta tecnología se clasificaron desde dos perspectivas asociadas al desarrollo de objetivos conceptuales y procedimentales respectivamente. En las páginas siguientes se comentan con cierto detalle investigaciones publicadas que se inscriben en ambas perspectivas.

- *Objetivos de carácter conceptual, ligados a la adquisición de conocimientos teóricos*

A principios de los años noventa Thornton y Sokoloff comenzaron a explorar en el desarrollo de experimentos en tiempo real basándose en el sistema MBL (Microcomputer Based Laboratory) en los cursos de Física de nivel universitario. El enfoque didáctico adoptado se basó en hacer predicciones, observar y comparar lo cual potencia la relación evolución del fenómeno físico – representación de datos en la pantalla del ordenador que se hace evidente con el uso de MBL.

Thornton y Sokoloff (1990, 1997 y 1998) han comprobado una mejora significativa en el nivel de comprensión de los estudiantes respecto a los conceptos de distancia, velocidad, aceleración y fuerza, al emplear MBL en experimentos y sesiones demostrativas durante las clases. Según estos investigadores, la efectividad del uso de esta herramienta se debe a cinco razones:

- Los estudiantes se centran en el estudio del mundo físico. La mayor parte de la actividad experimental gira en torno al análisis e interpretación del fenómeno que se estudia.
- Los estudiantes están sujetos a una inmediata retroalimentación. La posibilidad de efectuar rápidas y cómodas repeticiones de las experiencias permite confirmar o modificar las hipótesis realizadas y explorar relaciones matemáticas rápidamente visualizables para explicar lo que se observa.
- Los estudiantes se sienten animados a colaborar o participar en la actividad.
- Los estudiantes ven reducido el trabajo engorroso y monótono debido a la facilidad y la seguridad en la toma de datos, la inmediata representación gráfica de los mismos y el establecimiento de una relación tangible entre las manipulaciones experimentales concretas y la formalización de los resultados empíricos.
- Los estudiantes comprenden lo específico y familiar antes de lo más general y abstracto.

Acordando con las razones señaladas por Thornton y Sokoloff como causantes de la efectividad del uso de esta herramienta, Redish, Saul y Steinberg (1997) agregan una sexta razón:

- Los estudiantes están ocupados de manera activa en la exploración y construcción de su propia comprensión.

Newton (1997) manifiesta que las razones anteriores les permiten a los estudiantes concentrarse en las ideas científicas, es decir, desarrollar una intensa actividad intelectual (Valdés Castro y Valdés Castro, 1999).

Según Redish y colaboradores (1997), los experimentos en tiempo real mejoran la comprensión de los estudiantes en cuanto al concepto de velocidad y el tercer principio de Newton, pero no proporcionan una completa solución al problema de construir un conocimiento robusto y funcional para muchos estudiantes. Ante esto señalan la necesidad de contar con más investigaciones que comparen varios métodos de enseñanza que articulen la realización de experimentos en tiempo real para comprobar de esta forma la efectividad de los mismos.

Hamne y Bernhard (2001), basados en un enfoque similar al desarrollado por Thornton y Sokoloff, constataron que en los cursos de Mecánica en los que se implementaron experimentos en tiempo real para el estudio cinemático de movimientos en una y dos dimensiones, de fuerza, de impulso y colisiones, los estudiantes alcanzaron mayores niveles de comprensión que los estudiantes que asistieron a los cursos tradicionales.

Sus investigaciones muestran, en concordancia con resultados obtenidos por otros investigadores (Redish et al., 1997; Thornton & Sokoloff, 1998), que los experimentos en tiempo real constituyen una efectiva herramienta para el desarrollo de una buena comprensión conceptual en Mecánica. Las diferencias tanto en la implementación de MBL como en el enfoque didáctico adoptado, explican los distintos niveles de comprensión detectados en los grupos de estudiantes.

Por consiguiente, el enfoque didáctico adoptado es de fundamental importancia. Cuando MBL es implementado como una práctica experimental con características tipo fórmula-verificación se obtienen pobres resultados. El reemplazo de un laboratorio tradicional por uno equivalente utilizando MBL, no resulta usualmente ventajoso, es necesario reconceptualizar las prácticas experimentales dando a los estudiantes una mayor oportunidad de explorar y aprender a través de pequeñas investigaciones (Hamne y Bernhard, 2001).

Sassi (2001) señaló que los aportes más significativos del uso de experimentos en tiempo real, en el marco de la enseñanza de la Física, son aquellos que están relacionados con:

- *La integración de conocimientos.* El enfoque MBL facilita la integración de varios tipos de conocimientos: conocimiento perceptual (relacionar la percepción con el fenómeno en estudio); conocimiento del sentido común (comparar las ideas previas y las predicciones de los estudiantes con los resultados experimentales); conocimiento representacional abstracto (interpretar las múltiples representaciones de unos mismos datos, en particular, gráficas de magnitudes físicas en función del tiempo); conocimiento experimental (ajuste del experimento que se realiza y optimización de las mediciones); conocimiento variacional (análisis de las consecuencias de los cambios en las condiciones y parámetros del experimento); conocimiento correlativo (relacionar diferentes representaciones de un mismo fenómeno y comparar experimentos y modelos).

- *El acceso didáctico a nuevos enfoques y nuevos contenidos.* Frecuentemente en la enseñanza de la Física se encuentran contenidos o conceptos que son prácticamente "invisibles" o didácticamente inaccesibles sin los experimentos en tiempo real en el laboratorio que los pongan de manifiesto claramente. Por ejemplo, el análisis de procesos que se desarrollan durante intervalos de tiempo muy breves, como es el caso de

las colisiones, de los impulsos aplicados para iniciar o modificar un movimiento, etc.

- *Orientar las dificultades de aprendizaje de los estudiantes.* Múltiples obstáculos relevantes son observados en el proceso de aprendizaje de muchos estudiantes. Estas dificultades se deben a diferentes factores: el conflicto entre el conocimiento de sentido común y el conocimiento científico, la complejidad de la estructura conceptual de la Física, el uso de materiales didácticos inadecuados, las insuficiencias de los ambientes de aprendizaje propuestos, etc. Muchas de estas dificultades pueden ser orientadas más adecuadamente dentro de un enfoque didáctico que promueva hacer predicciones, experimentar, comparar, favorecido por la posibilidad que brindan los experimentos en tiempo real de efectuar rápidas repeticiones del experimento y la multi-representación de unos mismos datos.

- *Implicar a los estudiantes en las actividades propuestas.* Usando MBL se puede involucrar y motivar a los estudiantes hacia el aprendizaje, especialmente si se explotan distintos aspectos, especialmente los perceptuales.

- *La posibilidad de ir de lo real/familiar a lo ideal.* Uno de los impactos más significativos de esta herramienta es que permite a los estudiantes asociar lo real/familiar de los fenómenos que estudian con los casos ideales/modelos. La comprensión de los conceptos se promueve a partir de identificar las regularidades del fenómeno transformándolas en reglas, de asociar funciones matemáticas sencillas a dichas reglas en busca del modelo conceptual y de reconocer la ley física apropiada que hace referencia a las características abstractas/ideales del fenómeno en estudio.

Respecto de este último aporte, Lapp y Cyrus (2000) señalan que pocos estudios asociados con MBL enfatizan la importancia de relacionar los conceptos físicos o las gráficas de movimiento con el mundo real que la

Física pretende modelizar mediante tales conceptos. Tampoco se muestra la relevancia de la interrelación entre los paradigmas cinemático, dinámico y matemático aún cuando un aprendizaje significativo ha de permitir que los estudiantes se muevan de un paradigma a otro con poca dificultad y partiendo de unas ideas centrales. La convicción que esta interconexión no se establece fácilmente y de que es necesaria para una auténtica comprensión del fenómeno físico, llevó más recientemente a Sáez, Pintó y García (2005) a indagar sobre el grado de comprensión de los estudiantes al abordar el estudio del movimiento de un objeto en el plano utilizando MBL. El análisis de los resultados ha mostrado que si bien la mitad de los estudiantes intentan dar una respuesta argumentada, su calidad es muy diversa. Ante esto manifiestan la necesidad de desarrollar futuras investigaciones para detectar las estrategias que hacen posible la organización del conocimiento y que el uso del MBL puede potenciar.

Otros investigadores han centrado su interés en el impacto que tiene MBL no sólo en la comprensión de un fenómeno sino también en la comprensión del discurso de la ciencia. Marcum-Dietrich y Ford (2002), observaron que esta herramienta permite a los estudiantes adquirir una mejor comprensión conceptual y les permite hacer conexiones más fuertes entre los datos que recogen en el laboratorio y el fenómeno que se analiza, pero han detectado que los estudiantes tienen problemas para alcanzar una adecuada comprensión del discurso de la ciencia. Cuando los estudiantes carecen de una comprensión del lenguaje de la ciencia, es fácil para ellos “perdersé” en el proceso de medida y en el intento de una traducción de una terminología poco familiar. Ser capaz de navegar con éxito en el discurso de la ciencia es fundamental para la capacidad de comprender y participar en los procesos de la ciencia. Estos investigadores sugieren que es necesario contar con más investigaciones que contribuyan a detectar el mayor número de obstáculos ligados con el discurso de la ciencia para favorecer en el estudiante los actos de su comprensión.

Desde una perspectiva constructivista del trabajo experimental, investigaciones desarrolladas por Russell, Lucas y McRobbie (1999, 2003 y 2004), Bernhard y Lindwall (2003) y Bernhard (2003 y 2007) indican que los experimentos en tiempo real pueden catalizar la comprensión conceptual. Los buenos resultados obtenidos al utilizar MBL se atribuyen a la visualización en tiempo real de los resultados experimentales y de las representaciones gráficas. Como los datos son rápidamente registrados y visualizados, bajo un formato basado en predecir-observar-explicar, es factible poner en práctica el "conflicto cognitivo". No obstante persisten dudas sobre los efectos del uso de MBL en la organización del conocimiento en los diferentes grupos de estudiantes.

- *Objetivos de carácter procedimental, ligados al aprendizaje de procedimientos científicos y al desarrollo de habilidades cognitivas*

Investigaciones realizadas en esta temática indican que el uso de MBL constituye un ambiente apropiado para el desarrollo de habilidades intelectuales tales como predecir y observar (Friedler, Nachmias & Linn, 1990). Más aún, puede contribuir al desarrollo de habilidades inherentes a la actividad científico-investigadora contemporánea (Valdés Castro y Valdés Castro, 1994 y 1999; Settlage, 1995). Según Newton (2000) MBL en las actividades de laboratorio ofrece a los estudiantes, genuinas experiencias científicas.

En este sentido, Pedrajas Rodríguez y Velasco Toscano (1997) detectaron que estudiantes de nivel secundario desarrollan habilidades en el manejo de dispositivos -interfaces, sensores, etc.- que facilitan el diseño de diferentes montajes. Pero lo que constataron como más relevante es que los estudiantes que realizan las prácticas con MBL, al disponer de un tratamiento automático de los datos, reformulan hipótesis con mayor facilidad y discuten los resultados más ampliamente que los sujetos que trabajan con materiales tradicionales. Esto ocurrió en una práctica de péndulo simple en la que, al cambiar la longitud del péndulo, los estudiantes

comprobaron casi instantáneamente como se modifica el período de oscilación y analizaron en la representación gráfica sus consecuencias. Asimismo, un análisis cualitativo de algunas categorías –por ejemplo, número de sujetos del grupo que participaban activa y sistemáticamente en el trabajo, y frecuencia con que discutían verbalmente las conclusiones- les permitió evidenciar una mayor interacción en los grupos facilitada por la metodología empleada.

La facilidad y rapidez en la adquisición de datos significativos y la inmediata visualización de los mismos en múltiples formatos -tablas, gráficas, etc.- es una de las más importantes características de MBL. Kelly y Crawford (1996) al observar las interacciones estudiante-sistema MBL y estudiante-estudiante, evidenciaron que éstos recurren a las representaciones que se visualizan en la pantalla del ordenador para sustentar sus opiniones sobre el trabajo experimental que realizan. No obstante, sugirieron que estas representaciones adquieren significado cuando intercambian opiniones durante sus conversaciones dentro del grupo de trabajo.

En igual forma, según Roth y MacGinn (1997) el éxito encontrado al usar MBL para mejorar la comprensión de los estudiantes en el análisis e interpretación de las representaciones gráficas se debe a que esta herramienta, dentro del contexto de trabajo de una experiencia, hace que la gráfica sea el principal medio de comunicación entre los estudiantes. Pues éstos la usan como un objeto, hablan sobre ella y la consideran una fuente de elementos de comunicación.

Otras observaciones (Newton, 1997) indican que las conversaciones entre estudiantes sobre las gráficas obtenidas con MBL pueden llevarlos a una mejor apreciación del significado de los datos experimentales y de sus habilidades para comunicarlos. Sin embargo, muchas de ellas son de naturaleza descriptiva y el vocabulario utilizado es no científico.

Según Newton (op. cit.) algunos estudiantes pueden describir modelos de gráficas usando un lenguaje cotidiano sin apreciar el significado subyacente o la importancia de la misma. La elección de palabras parece referirse al "comportamiento" de las gráficas como dinámica, forma cambiante, algo así como una "película" de los datos.

En relación con las conversaciones en las que intervienen estudiantes novatos en el uso de MBL, Newton (op. cit.) señala que podrían ser calificadas como "conversaciones operacionales" asociadas a la preparación y manipulación del equipo.

Según Svec (1999) el uso de esta herramienta aplicada al estudio de la cinemática de los movimientos en el nivel secundario, mejora la capacidad de los estudiantes en relación con el análisis e interpretación de gráficas, específicamente en:

- El cálculo e interpretación cualitativa de la pendiente de la curva.
- La interpretación cualitativa de las gráficas posición, velocidad y aceleración vs tiempo.
- La interrelación de los resultados de dos o más gráficas.

Marcum-Dietrich y Ford (2002) han atribuido el logro de mejores resultados en estudiantes que participan de actividades con MBL, a la inmediata visualización de los datos en forma de una representación gráfica, ya que permite establecer conexiones entre la información científica y el fenómeno en estudio mientras éste se produce.

Este análisis automático que otorga significado a los complejos datos obtenidos en el laboratorio, proporciona a los estudiantes un puente entre la representación formal de los mismos y el fenómeno físico objeto de la investigación. Sin MBL y su capacidad para salvar la desconexión que existe entre los datos y el fenómeno, los estudiantes luchan con la etapa crítica de asignación de sentido a sus datos.

Con MBL, la representación gráfica de los datos cuantitativos recogidos se convierte en punto de partida de las reflexiones del estudiante (Newton, 1997). Asignar significado a las gráficas demanda al estudiante adoptar nuevas actitudes hacia el lenguaje visual y adquirir varias habilidades con el objeto de explotar el potencial que ofrece el análisis de las mismas (Berg & Phillips, 1994; Kress & Ogborn, 1998; Lemke, 1998). Entender qué parte de la gráfica es significativa para el fenómeno en estudio y cuál no, tanto como ajustar la representación gráfica a un modelo teórico adecuado, no es tarea fácil para los estudiantes (Pintó, 1997).

Según Kwon (2002) la habilidad relacionada con las representaciones gráficas tiene tres componentes:

- Interpretación: habilidad para expresar verbalmente el significado de la gráfica.
- Modelización: habilidad para traducir una situación del mundo real en una representación formal.
- Transformación: habilidad para construir y entender una variedad de gráficas que describen el mismo evento.

Las investigaciones mencionadas anteriormente (Kelly & Crawford, 1996; Roth & MacGinn, 1997; Svec, 1999; Marcum-Dietrich & Ford, 2002) estarían dando cuenta que el uso de MBL permite trabajar y mejorar las habilidades propuestas por Kwon (2002) en relación con la representación gráfica.

Otros investigadores (Sassi, 1997; Testa, Monroy & Sassi, 2002; Sassi, Monroy & Testa, 2005) han indagado sobre las distintas dificultades que tienen los estudiantes de cursos de Física básica de nivel secundario, con el análisis e interpretación de gráficas de cinemática en tiempo real. Aducen que las mismas están asociadas a la adquisición de algunas habilidades específicas -interpretación, modelización y transformación según Kwon

(2002)- las cuales son necesarias para evitar interpretaciones erróneas de dichas gráficas y de transversal importancia en varios contextos.

Los aportes más relevantes, se sintetizan a continuación:

- *Gráfica ideal vs real.* La principal característica de las gráficas de cinemática en tiempo real que las distingue de las gráficas ideales de funciones matemáticas es que, muestran con gran detalle la evolución temporal del movimiento en estudio. Estos detalles son a menudo identificados por los estudiantes como "irregularidades". Describir el fenómeno en estudio "medido con cierto detalle", a partir del análisis e interpretación de la gráfica, requiere habilidades específicas.

Los estudiantes que aún no han incorporado tales habilidades esperan tratar con gráficas matemáticas de funciones regulares y/o casos ideales de física e interpretan los detalles como "irregularidades" como indicador de una gráfica de baja calidad y/o signos de mal funcionamiento de los aparatos.

- *Lectura global vs local.* Algunas dificultades relacionadas con este aspecto fueron detectadas, en particular cuando las "irregularidades" están presentes. En el análisis de gráficas en tiempo real es esencial diferenciar tanto la tendencia general de los datos -características globales- como los detalles particulares -características locales- para evitar interpretaciones incorrectas.

- *Forma de la curva.* La forma global de la curva es una de las características de la gráfica que junto con otros elementos conducen a la correcta interpretación de la misma. En relación con este aspecto se evidenció que la atención de los estudiantes es capturada frecuentemente por la forma global de la curva alcanzando una relevancia tal que oscurece toda otra información que se visualiza en la gráfica.

- *Interpretación de correlaciones entre dos gráficas.* Se constataron algunas dificultades en la correcta interpretación de las correlaciones no sólo entre gráficas que representan los mismos datos en diferente lenguaje abstracto

sino también en las que se utiliza el mismo lenguaje pero una de las gráficas es un zoom de una parte de la otra.

En algunos estudiantes, las dificultades derivaron de suponer que correlación refiere a gráficas cuyas formas son iguales o muy parecidas, independiente del contexto físico; en otros, estaban asociadas con las características del movimiento o con los diferentes intervalos de tiempo representados.

Las dificultades detectadas se constituyen en punto de partida de posibles enfoques que contemplen el tratamiento no sólo de las gráficas que se incluyen en los libros de texto, sino también de gráficas en tiempo real con el objeto que los estudiantes se familiaricen con sus principales características, con los procedimientos que las originan y con su modelización inicial. De esta manera, un doble objetivo se llevaría a cabo:

- Comprender la diferencia entre representación gráfica de un set de datos experimentales (con sus incertezas) y una gráfica de una función matemática (con su extensión a todo el dominio de la variable independiente).
- Comenzar a apreciar los beneficios, utilidad y belleza del modelo matemático sencillo que ajusta los datos medidos.

El conocimiento de las diferencias entre tendencia "ideal" y "real" y la capacidad de distinguir tendencias global y media de información específica sobre comportamientos locales constituyen habilidades de elevado nivel cognitivo que muestran ser valiosas en varios contextos. El uso didáctico de gráficas en tiempo real puede ser una importante contribución en la adquisición de tales habilidades (Testa, Monroy & Sassi, 2002).

Si bien Atar (2002) acuerda en que una incorporación eficaz de MBL que permita un análisis científico de los datos está ligada a la adquisición de habilidades vinculadas con la representación gráfica más que con el nivel escolar de los sujetos, señala que los estudiantes de nivel secundario tienen

diferentes percepciones y opiniones respecto del uso de MBL en las actividades de laboratorio.

Algunos de ellos manifestaron que la incorporación de esta herramienta contribuyó a reforzar sus conocimientos y promovió su interés por el experimento, mientras que otros revelaron que se sintieron confundidos, lo cual les impidió comprender qué estaba ocurriendo realmente en el experimento. Además, expresaron tener dudas con respecto a algunos aspectos vinculados a las representaciones gráficas tales como, la sensibilidad de las escalas utilizadas y el modo en que se visualizan los datos al usar MBL.

El estado de situación de la investigación en educación en Física, en el nivel universitario básico, asociado a las prácticas de laboratorio asistidas por ordenador permitió detectar algunos aspectos que aún no han sido suficientemente explorados. Uno de ellos está relacionado con las ideas que poseen los estudiantes sobre las características, la función y los principios tecnológicos que regulan el funcionamiento de un sistema informático de manera de evitar su uso mecánico. Otro aspecto, sobre el cual se demanda desarrollar mayor investigación dado la diversidad de los resultados obtenidos, está vinculado con el nivel de comprensión que alcanzan los estudiantes cuando abordan experimentos en tiempo real. Asimismo, interesa detectar cuáles son las estrategias que hacen posible la organización del conocimiento y que el uso de un sistema informático puede potenciar (Moreira, 2004).

La tesis contribuye a aportar conocimientos en un área, aún de relativa vacancia, sobre estos aspectos dentro de un marco teórico y metodológico consistente con un análisis crítico y reflexivo sobre el conocimiento producido.

1.7 Referentes teóricos

En la construcción del marco de referencia teórico para la presente tesis se tuvieron en cuenta las aportaciones provenientes del paradigma cognitivo actual y los resultados de las investigaciones en Enseñanza de las Ciencias vinculados a la especificidad del tema propuesto, según se expuso anteriormente.

Los referentes teóricos se organizaron con aportes de:

- la Psicología Cognitiva: se consideraron como ejes principales las teorías de Aprendizaje Significativo de Ausubel, de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y de la Mediación de Vygotsky.

La promoción de un ambiente de aprendizaje que incorpora el ordenador en las prácticas de laboratorio como instrumento para propiciar la construcción colectiva del conocimiento, el ejercicio del pensamiento crítico, la toma de decisiones y el desarrollo de habilidades cognitivas, comunicacionales y sociales no debe perder de vista los lineamientos esenciales que favorecen un aprendizaje significativo como un proceso cognitivo dinámico a través del cual una nueva información se relaciona con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del sujeto (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983).

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 que permite describir, predecir y explicar su ocurrencia. 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.

El enfoque vygotskyano permitió analizar la actividad del estudiante desde una concepción que acepta tal actividad como una práctica social mediada por instrumentos de naturaleza sociocultural, por condiciones histórico-culturales y en participación con el docente y los compañeros (Vygotsky, 1995).

Desde esta perspectiva sociocultural, los ordenadores pueden considerarse como un instrumento de mediación entre las actividades de enseñanza y la asimilación cognitiva (Kozulin, 2000; Díaz Barriga, 2006). Esta característica mediacional de las herramientas, puentes entre lo interaccional como forma concreta de lo social y lo intrapsíquico, alcanza una de sus mayores expresiones con los ordenadores. Pea & Kurland (1984) consideran el ordenador como medio simbólico de ejemplificación de procedimientos del pensamiento. Asimismo, apelando a su carácter instrumental, el ordenador puede pensarse como una herramienta cognitiva por cuanto puede asistir a los estudiantes al realizar ciertas funciones cognitivas tales como generar y testear hipótesis en el contexto de la resolución de problemas (Lajoie, 1993) o condicionar las formas en que se pueden organizar y representar las ideas y, por ello, necesariamente comprometen diferentes clases de pensamiento (Jonassen, Reeves, Hong, Harvey & Peters, 1997). Pea (1993) sostiene que no sólo sirven como 'amplificadores' de la cognición sino como 'reorganizadores del funcionamiento mental'.

- la Física: en el campo disciplinar, el diseño del experimento permite profundizar en el estudio de la Dinámica de los Cuerpos Rígidos que ofrece un campo amplio para posicionar los contenidos de Mecánica en el primer curso de Física. En el marco del formalismo de la Mecánica

Clásica, las ecuaciones cardinales permiten analizar el movimiento de un cuerpo rígido determinando la posición del cuerpo en función del tiempo relacionándolas con las fuerzas exteriores que actúan sobre el mismo.

1.8 Metodología

La presente investigación se desarrolla en torno a una situación específica, compleja y real. Es específica porque pretende analizar las actuaciones de los estudiantes cuando resuelven situaciones problemáticas experimentales asistidas por ordenador. Es compleja dado el número considerable de condiciones que intervienen. Es real por cuanto se estudia en el contexto natural de prácticas de laboratorio de Física de nivel universitario básico.

En el diseño de la metodología de investigación se recurrió a una pluralidad de enfoques, combinando las perspectivas cualitativa y cuantitativa. Al efectuar el análisis de los resultados, cada una de ellas suministró de manera única un punto de vista particular. Según Eisner (1981), citado por Moreira (2000), cada enfoque ilumina a su modo las situaciones que los seres humanos procuran comprender.

Si bien el enfoque cualitativo tiende a destacar los valores sociales de los resultados, mientras el cuantitativo probablemente está más interesado por los valores instrumentales, con la composición de ambos se buscó alcanzar mayor profundidad en el análisis de los resultados.

Desde esta perspectiva y para dar respuesta a las cuestiones planteadas, la investigación se desarrolló en tres fases. A continuación se explicitan los lineamientos correspondientes a cada fase.

Primera fase orientada a caracterizar la población de estudiantes de primer año que acceden al curso de Física I en relación con los conocimientos sobre el funcionamiento y manejo del ordenador.

Se elaboró una encuesta estructurada con respuestas cerradas y abiertas. La misma se aplicó a los estudiantes mientras asistían al taller Introducción a la Física que se cursa previamente al dictado de Física I.

Los contenidos de la encuesta atendieron los siguientes aspectos:

-*Acerca de los datos personales de los encuestados.* Se recogieron algunas características personales y datos de estudios previos y actuales.

-*Acerca de los medios en general.* Interesó indagar qué medios utilizan, el tiempo que les insume y los programas o temáticas de su interés.

-*Acerca de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en general.* Interesó investigar sobre la disponibilidad, el acceso y el uso de estos artefactos.

-*Acerca de los ordenadores.* Interesó indagar sobre la disponibilidad, el funcionamiento, el manejo y las tareas relacionadas con el ordenador como también, conocer los usos del ordenador en la escuela y las opiniones de los estudiantes sobre su incorporación en el nivel universitario.

Con el objeto de detectar las posibles correlaciones entre las modalidades se recurrió al análisis multidimensional de datos (AMD) que permite estudiar la estructura de la información contenida en la correspondiente matriz de datos mediante dos métodos: los *factoriales*, que generan representaciones gráficas dan cuenta de las asociaciones entre individuos y variables y los de *clasificación* que producen agrupamientos de individuos con características semejantes (Moscoloni, 2005). Específicamente, el procesamiento se efectuó utilizando el paquete estadístico SPAD (CISIA, 1998).

Segunda fase asociada al análisis de las prácticas de laboratorio con el fin de evitar el uso del sistema informático como una "caja negra".

Se diseñó una actividad de laboratorio para promover en los estudiantes la construcción de sus propias ideas sobre el uso y función de los distintos

elementos que conforman un sistema informático de experimentación en tiempo real, la forma de trabajo de un sensor y la relación entre sensores, interfaz y ordenador, con el fin de que posteriormente puedan usar las diferentes potencialidades y opciones del sistema informático en el desarrollo de experimentos de laboratorio de Física.

Se trabajó en torno a los siguientes ejes:

- 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.

El análisis de los informes escritos elaborados como resultado de la actividad experimental realizada, 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 del ordenador.
- 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.

El prototipo de análisis de contenido desarrollado está basado en el reconocimiento de características relevantes como indicadores asociables con las representaciones que ponen en juego los estudiantes frente a la

solución de una situación problemática experimental (Valles, 1997; Quivy y Van Campenhoudt, 1998).

Tercera fase orientada al reconocimiento de procesos de razonamiento y de habilidades cognitivas específicas que desarrollan los estudiantes cuando resuelven situaciones experimentales asistidas por ordenador.

Se trabajó sobre una práctica experimental previamente diseñada (Yanitelli y Rosolio, 2001) que permite profundizar en el estudio de los movimientos de rotación y traslación de cuerpos reales por asociación con el modelo conceptual de cuerpo rígido y, en particular, reconocer el momento de inercia como una propiedad de los cuerpos en rotación.

Se adoptaron los siguientes ejes de trabajo:

- I- Análisis global del experimento y enunciado de las hipótesis simplificadoras convenientes.
- II- Representación del dispositivo experimental.
- III- Descripción y análisis de movimientos en planos no paralelos.
- IV- Consideración del modelo conceptual asociado.
- V- Análisis e interpretación de las representaciones gráficas.
- VI- Análisis de resultados y enunciado de conclusiones.

En el análisis de los informes elaborados a partir del trabajo práctico realizado, se utilizó un enfoque interpretativo basado en la identificación de proposiciones en el documento escrito por los estudiantes que pueden ser interpretadas en términos de representaciones activadas. Interesó indagar sobre las características de las memorias elaboradas por estudiantes que realizan actividades experimentales que incorporan un sistema informático.

Los procesos de codificación y de categorización se constituyeron en las operaciones centrales en la tarea de transformación y reducción de los datos textuales y en el desarrollo de relaciones que permiten generar teoría.

Las categorías teóricas se fijaron a priori previéndose la incorporación de otras en el curso de la investigación. Las mismas incluyeron información diversa pero con cierta afinidad y denominador común. Las modalidades conceptuales, consideradas como aspectos significativos de las categorías, resultaron como emergentes del procesamiento de los datos.

Se realizó una descripción detallada de todo lo hecho como así también de los resultados obtenidos (Moreira, 1990) y se elaboraron conclusiones convergentes e interdependientes. Se buscó, de este modo, dotar de credibilidad a las interpretaciones y mayor posibilidad de transferencia de los resultados a otras investigaciones.

1.9 Organización de la tesis

Si bien en el presente capítulo introductorio se consignan los lineamientos generales de la forma en que se ha estructurado la investigación, a continuación se describen brevemente los contenidos de cada uno de los capítulos siguientes con la intención de ofrecer una visión de la investigación completa.

En el capítulo 2 se exponen los referentes teóricos que orientaron la investigación y permitieron valorar los alcances de los resultados obtenidos. Además de los contenidos específicos del campo disciplinar de la Física, se desarrollan aspectos teóricos derivados de las aportaciones provenientes del paradigma cognitivo actual y de los resultados de las investigaciones en Enseñanza de las Ciencias vinculados a la especificidad del tema propuesto.

En el capítulo 3 se consigna el diseño metodológico que sustentó la investigación. En este sentido, se detallan los criterios de diseño y elaboración de los instrumentos de recolección de datos y las técnicas empleadas en tal proceso. Asimismo se explicitan los lineamientos correspondientes a cada una de las tres fases que se propusieron para dar respuesta a las cuestiones consideradas en el marco de la investigación.

Los resultados obtenidos en relación con la primera fase de la investigación se comunican, analizan y discuten en el capítulo 4. Esta fase está asociada a la caracterización de las prácticas de apropiación y estrategias de uso con las cuales los estudiantes, que ingresan a la universidad, otorgan significado a las actuales tecnologías y, en particular, al ordenador.

Asimismo, en el capítulo 5 se exponen, interpretan y discuten los resultados derivados de la segunda fase de la investigación centrada en el reconocimiento de los posibles modelos mentales que construyen los estudiantes sobre el uso y función de un sistema informático para adquisición de datos en tiempo real. Los resultados correspondientes a la tercera fase de la investigación orientada a reconocer tanto los procesos de razonamiento que desarrollan los estudiantes cuando resuelven situaciones experimentales utilizando un sistema de adquisición de datos en tiempo real, como las habilidades cognitivas específicas que devienen de su uso se detallan en el capítulo 6.

Finalmente, en el capítulo 7 se presentan las conclusiones que conforman las respuestas a las cuestiones que dieron origen a la investigación, en relación con el marco teórico desarrollado en el capítulo 2. Se valoran las implicancias y utilidad de los resultados y los nuevos interrogantes que quedan abiertos susceptibles de ser respondidos con futuros trabajos de investigación, tomando como base los resultados aquí alcanzados.

Esta tesis constituye una primera meta de un largo proceso de investigación, pero a la vez un punto de partida de nuevos interrogantes. Invito al lector a reflexionar sobre su contenido, pero fundamentalmente sobre aquello que se omitió por ser aún ideas sin sistematizar o apenas intuiciones. Seguramente encontrará imperfecciones propias del primer paso dado en este complejo campo en el que hay mucho por transitar. Sin embargo, son éstas las que me motivan a continuar avanzando y profundizando en la temática.

2 REFERENTES TEÓRICOS

"Educar es depositar en cada hombre toda la obra humana que le ha antecedido: es hacer a cada hombre resumen del mundo viviente, hasta el día en que vive. Es ponerlo a nivel de su tiempo, para que flote sobre él."

Martí Pérez, J., 1975

En este capítulo se desarrollan los contenidos básicos disciplinares y los aportes provenientes del paradigma cognitivo actual y de las investigaciones en Enseñanza de las Ciencias vinculados a la especificidad del tema propuesto.

La estructura conceptual sobre la que se posiciona el análisis teórico de la situación experimental se organizó en base a un enfoque diferencial que implica un análisis de las interacciones y las interpretaciones de sus efectos en relación con las variaciones temporales de las diversas magnitudes físicas durante el movimiento de un cuerpo rígido (Creus, Massa y Cortés, 1998).

En relación a los aportes provenientes desde la Psicología Cognitiva se consideraron como ejes principales las teorías de Aprendizaje Significativo de Ausubel, de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y de la Mediación de Vygotsky. Desde la especificidad de cada una de ellas se derivaron los componentes esenciales para el análisis de la problemática delimitada en el capítulo anterior.

Finalmente, se presentan los lineamientos que propician el trabajo experimental como una actividad de investigación; el uso del experimento

como fuente de información, de detección de regularidades y para la confrontación con los esquemas explicativos; y el ordenador como recurso fundamental para el análisis y solución de problemas.

2.1 Dinámica de los cuerpos rígidos

2.1.1 Cuerpo rígido

Un sistema de partículas constituye un *cuerpo rígido* cuando las distancias mutuas entre todas sus partículas permanecen invariables bajo la aplicación de una fuerza o de un momento. Algunos sólidos son, en primera aproximación, cuerpos rígidos, aunque en rigor son siempre deformables por acción de las fuerzas que actúan sobre ellos. Un sólido rígido, por tanto, conserva su forma durante su movimiento.

Un cuerpo rígido es pues un sólido ideal.

2.1.2 Grados de libertad de un cuerpo rígido

Un sistema de N partículas libres tiene $3N$ grados de libertad. Un cuerpo rígido tiene muchas partículas pero también existen muchas condiciones de vínculo que le confieren rigidez al sistema, restringiendo sus grados de libertad.

Un aspecto importante es determinar cuántas coordenadas se necesitan para fijar la posición de un cuerpo rígido con respecto a un sistema de referencia. Esto es equivalente a establecer los grados de libertad que tiene un cuerpo rígido libre.

Cuando sólo hay una partícula, su número máximo de grados de libertad es tres. Al añadir una segunda partícula, se podrían introducir otros tres grados de libertad, pero si se encuentra rígidamente unida a la primera (distancia constante) existe un vínculo que reduce estos tres grados de libertad a dos.

Así pues, un cuerpo rígido de “dos partículas” puede tener como máximo cinco grados de libertad.

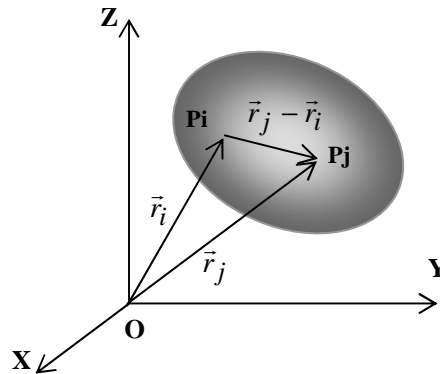


Figura 2.1 Si el cuerpo es rígido, $|\vec{r}_j - \vec{r}_i| = \text{constante}$, independientemente del movimiento que puede tener el mismo.

Una tercera partícula podría introducir tres más, pero si está fija respecto a las otras dos, los dos vínculos reducen estos tres a uno, dando un total de seis grados de libertad para el rígido de “tres partículas”. Una cuarta partícula fija respecto a las tres primeras tendría tres vínculos por lo que no introducirá nuevos grados de libertad y lo mismo sucederá al agregar más partículas. En consecuencia,

un cuerpo rígido libre tiene seis grados de libertad.

Un sólido libre en el espacio puede trasladarse en tres direcciones independientes y perpendiculares entre sí y a su vez puede rotar en torno a las mismas direcciones y se necesitan seis coordenadas para fijar su posición. No tienen por qué ser necesariamente seis coordenadas cartesianas. Pueden ser, por ejemplo, tres coordenadas cartesianas de un punto cualquiera del cuerpo y tres coordenadas angulares.

En este sentido, la posición de un cuerpo rígido queda determinada, con respecto a un sistema de coordenadas, si se conoce la posición de tres puntos cualesquiera del mismo y que no estén alineados.

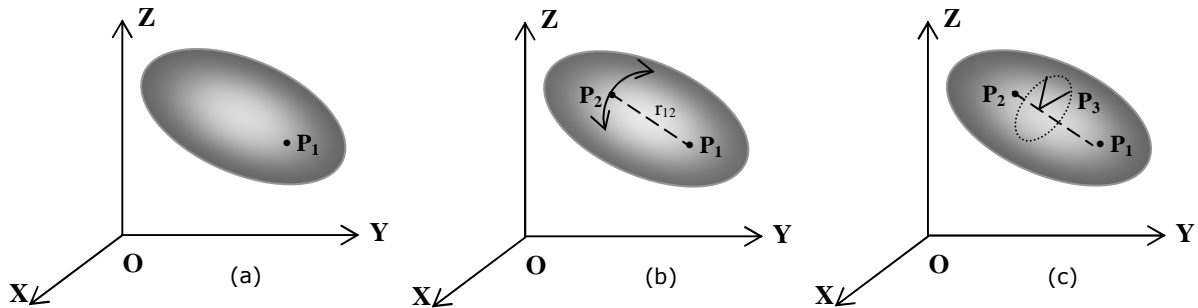


Figura 2.2 (a) Cuerpo rígido en el que se ha seleccionado una partícula cualquiera P_1 . (b) Si fijamos P_1 , otra partícula P_2 unida rígidamente a P_1 puede moverse sobre la superficie de una esfera de radio r_{12} . (c) Fijados P_1 y P_2 , cualquier otra partícula P_3 rígidamente vinculada a éstas, puede moverse a lo largo de una circunferencia.

En la Figura 2.2 se han seleccionado las coordenadas cartesianas del punto P_1 , dos ángulos que determinan la dirección de un segmento como el P_1P_2 y un tercer ángulo que define la orientación del cuerpo con respecto a ese segmento.

Las condiciones de vínculo reducen los grados de libertad de un cuerpo rígido. Por ejemplo, un cuerpo que puede solamente rotar alrededor de un eje fijo tiene un solo grado de libertad.

2.1.3 Ecuaciones de movimiento

A continuación se deducirán las Ecuaciones Cardinales que permiten describir en forma completa el movimiento de un cuerpo rígido. Estas ecuaciones se deducen de los Principios de Newton y vinculan las fuerzas externas que actúan sobre el sólido rígido con el movimiento del mismo.

- **Primera Ecuación Cardinal**

Consideremos un sistema de N partículas sobre el cual actúan fuerzas internas \vec{f}_{ij} y externas \vec{F}_k^e . Aplicando el Segundo Principio de Newton a cada

una de las partículas del sistema, se obtiene el siguiente sistema de N ecuaciones vectoriales

$$\begin{aligned} \Sigma \vec{F}_1^e + \vec{f}_{12} + \vec{f}_{13} + \dots + \vec{f}_{1N} &= m_1 \cdot \vec{a}_1 \\ \Sigma \vec{F}_2^e + \vec{f}_{21} + \vec{f}_{23} + \dots + \vec{f}_{2N} &= m_2 \cdot \vec{a}_2 \\ &\dots\dots\dots \\ \Sigma \vec{F}_N^e + \vec{f}_{N2} + \vec{f}_{N3} + \dots + \vec{f}_{N(N-1)} &= m_N \cdot \vec{a}_N \end{aligned} \quad (2.1)$$

donde

$\Sigma \vec{F}_i^e$ es la fuerza resultante de las fuerzas exteriores que actúan sobre la partícula "i"

\vec{f}_{ij} es la fuerza que la partícula "j" ejerce sobre la partícula "i"

\vec{f}_{ji} es la fuerza que la partícula "i" ejerce sobre la partícula "j"

Estas ecuaciones se llaman Ecuaciones diferenciales del movimiento del sistema de partículas y están expresadas en forma vectorial. Son diferenciales porque

$$\vec{a}_i = \frac{d\vec{v}_i}{dt} = \frac{d^2\vec{r}_i}{dt^2}$$

Sumando miembro a miembro las ecuaciones (2.1), y recordando que por el Tercer Principio de Newton

$$\vec{f}_{ij} + \vec{f}_{ji} = 0$$

y que

$$\Sigma \vec{F}_1^e + \Sigma \vec{F}_2^e + \dots + \Sigma \vec{F}_N^e = \Sigma \vec{F}^e$$

es la resultante de las fuerzas exteriores, queda finalmente

$$\Sigma \vec{F}^e = \Sigma m_i \cdot \vec{a}_i \quad (2.2)$$

Operando con el segundo miembro de la expresión anterior, tendremos

$$\Sigma m_i \cdot \bar{a}_i = \Sigma m_i \cdot \frac{d^2 \bar{r}_i}{dt^2} = \Sigma \frac{d^2 (m_i \cdot \bar{r}_i)}{dt^2} = \frac{d^2 (\Sigma m_i \cdot \bar{r}_i)}{dt^2}$$

Multiplicando y dividiendo la expresión anterior por la masa total constante del sistema de partículas: $M = \Sigma m_i$, queda

$$\Sigma m_i \cdot \bar{a}_i = M \frac{d^2 \left(\frac{\Sigma m_i \cdot \bar{r}_i}{\Sigma m_i} \right)}{dt^2} = M \frac{d^2 \bar{r}_{cm}}{dt^2} \quad (2.3)$$

El vector que figura en el paréntesis de la expresión anterior

$$\bar{r}_{cm} = \frac{\Sigma m_i \cdot \bar{r}_i}{\Sigma m_i}$$

tiene evidentemente las dimensiones de un vector posición y señala un punto del espacio, que se llama *centro de masa* del sistema de partículas y está determinado por la distribución de la masa del sistema. La expresión

$$\frac{d^2 \bar{r}_{cm}}{dt^2} = \bar{a}_{cm} \quad (2.4)$$

es la *aceleración del centro de masa*.

De las expresiones (2.2), (2.3) y (2.4), obtenemos finalmente

$$\Sigma \vec{F}^e = M \cdot \bar{a}_{cm} \quad (2.5)$$

que es la *Primera Ecuación Cardinal*.

Esta ecuación expresa la ley del movimiento del centro de masa del sistema de partículas y coincide por su forma matemática con la ecuación que determina la ley del movimiento de una partícula -Segundo Principio de Newton-. Luego, la Primera Ecuación Cardinal expresa que:

El centro de masa de un sistema de partículas se mueve como un punto material, cuya masa es igual a la masa de todo el sistema y al que están aplicadas todas las fuerzas externas que actúan sobre el sistema.

Esta ecuación permite describir el movimiento de un punto, el centro de masa, de cualquier sistema de partículas, sin importar lo amplio que el sistema pueda ser y lo complicado de su movimiento en conjunto.

Dado que un cuerpo rígido es un sistema de partículas le es aplicable la Primera Ecuación Cardinal.

Consideremos, por ejemplo, a la clavadista de la Figura 2.3. Suponiendo el rozamiento con el aire despreciable, la única fuerza externa que actúa sobre ella es su peso. Entonces, el centro de masa de la clavadista debe seguir una trayectoria parabólica. La expresión (2.5) no nos da una descripción completa del movimiento de la clavadista, sino de un punto particular de la misma: su centro de masa.



Figura 2.3 Trayectoria parabólica del centro de masa de una clavadista, común a todo movimiento en dos dimensiones bajo la influencia de la gravedad.

Observe también que para el movimiento del centro de masa, no intervienen las fuerzas internas del sistema. En esto consiste el valor práctico de la Primera Ecuación Cardinal.

Utilizando la expresión (2.5) se puede, conociendo las fuerzas externas del sistema, hallar la posición y la velocidad del centro de masa en función del

tiempo. Viceversa, conociendo el movimiento del centro de masa, se puede determinar el vector resultante de las fuerzas exteriores que actúan sobre el sistema.

Veamos otro ejemplo, en la Figura 2.4 se muestra un bloque en reposo, apoyado sobre una superficie horizontal lisa, visto desde arriba. Al bloque se le aplica una fuerza horizontal \vec{F} .

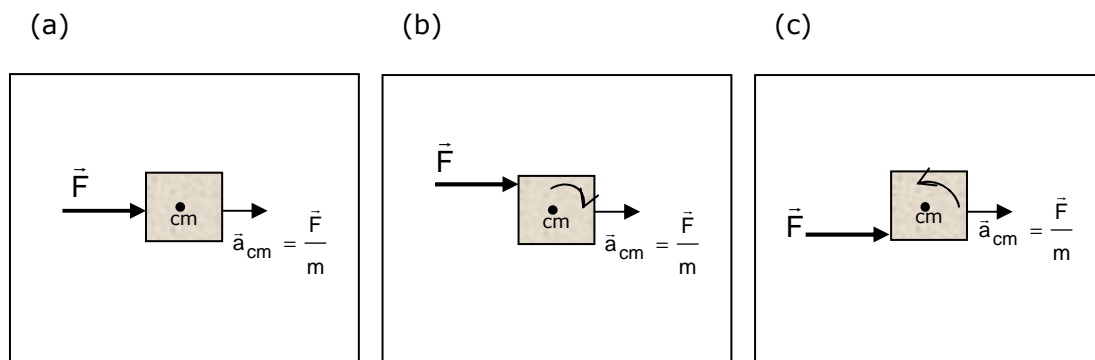


Figura 2.4 (a) La línea de acción de la fuerza resultante \vec{F} pasa por el centro de masa del bloque. (b) y (c) la línea de acción no pasa por el centro de masa del bloque.

Cuando la fuerza resultante pasa por el centro de masa, el cuerpo adquiere un movimiento de traslación pura. Cuando \vec{F} no pasa por el centro de masa, la fuerza origina también una rotación alrededor de un eje que pasa por el centro de masa. Sin embargo, el centro de masa adquiere, en los tres casos anteriores, la misma aceleración.

• **Segunda Ecuación Cardinal**

Consideremos un sistema de N partículas sobre el cual actúan fuerzas internas \vec{f}_{ij} y externas \vec{F}_k . Aplicando el Segundo Principio de Newton a cada una de las partículas del sistema, se obtiene el siguiente sistema de N ecuaciones vectoriales

$$\vec{r}_1 \wedge \Sigma \vec{F}_1^e + \vec{r}_2 \wedge \Sigma \vec{F}_2^e + \dots + \vec{r}_N \wedge \Sigma \vec{F}_N^e = \Sigma \vec{M}_O^e$$

La suma de los segundos miembros de las ecuaciones (2.6) se puede expresar como

$$\frac{d\vec{I}_{O1}}{dt} + \frac{d\vec{I}_{O2}}{dt} + \dots + \frac{d\vec{I}_{ON}}{dt} = \frac{d\vec{L}_O}{dt}$$

donde

$$\vec{L}_O = \vec{I}_{O1} + \vec{I}_{O2} + \dots + \vec{I}_{ON} = \Sigma \vec{I}_{Oi}$$

siendo \vec{L}_O el *momento angular total* del sistema de partículas respecto a O. Como consecuencia del procedimiento descrito, el sistema de N ecuaciones vectoriales se reduce a una única ecuación vectorial que se conoce como *Segunda Ecuación Cardinal*.

$$\Sigma \vec{M}_O^e = \frac{d\vec{L}_O}{dt} \quad (2.7)$$

La ecuación anterior expresa que:

La variación temporal del momento angular total de un sistema de partículas con respecto a un punto fijo de un sistema de referencia inercial, es igual a la suma de los momentos de todas las fuerzas externas respecto al mismo punto.

Cuando referimos la Segunda Ecuación Cardinal al centro de masa del sistema, en lugar de hacerlo con respecto a un punto fijo O de un sistema de referencia inercial, ésta toma la siguiente forma

$$\Sigma \vec{M}_{cm}^e = \frac{d\vec{L}_{cm}}{dt} \quad (2.8)$$

Dado que un cuerpo rígido es un sistema de partículas, la Segunda Ecuación Cardinal le es aplicable en cualquiera de sus dos formas.

Para el caso particular de un cuerpo rígido homogéneo que presenta un eje de simetría y que gira alrededor de dicho eje, el vector momento angular \vec{L}_{cm} tiene la misma dirección y sentido que la velocidad angular $\vec{\omega}$, luego

$$\vec{L}_{cm} = I_{cm} \cdot \vec{\omega}$$

donde I_{cm} es el *momento de inercia* del cuerpo rígido *con respecto al eje alrededor del cual gira*. En este caso el eje de rotación pasa por el centro de masa del cuerpo y además es un *eje de simetría*. Reemplazando la ecuación anterior en la Segunda Ecuación Cardinal, tendremos

$$\sum \vec{M}_{cm}^e = \frac{d(I_{cm} \vec{\omega})}{dt} = I_{cm} \frac{d\vec{\omega}}{dt} \quad \text{y finalmente,} \quad \sum \vec{M}_{cm}^e = I_{cm} \cdot \vec{\alpha}$$

Esta igualdad indica que para un dado valor de $\sum \vec{M}_{cm}^e$, la aceleración angular $\vec{\alpha}$ será tanto menor cuanto mayor sea el momento de inercia y viceversa. Por consiguiente:

El momento de inercia es la resistencia que ofrece un cuerpo a ser acelerado rotacionalmente.

El momento de inercia de un cuerpo depende de *la masa del mismo, de la distribución de dicha masa con respecto al eje de rotación y del eje particular sobre el cual está girando*. Puede demostrarse que para cualquier cuerpo, hay por lo menos tres direcciones mutuamente perpendiculares y que pasan por el centro de masa del cuerpo que son sus *ejes principales de inercia*. Cuando un cuerpo tiene alguna clase de simetría, *los ejes principales coinciden con los ejes de simetría*.

El momento de inercia I de un cuerpo se define por medio de la expresión

$$I = \sum m_i \cdot R_i^2$$

Por ejemplo, el momento de inercia de un anillo homogéneo de paredes delgadas con respecto a un eje normal al plano del anillo y que además pasa por su centro de masa será

$$I = I_{cm} = \sum m_i \cdot R_i^2 = R^2 \cdot \sum m_i = M \cdot R^2$$

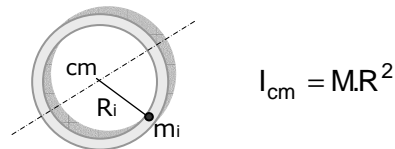


Figura 2.5 Momento de inercia de un anillo de masa M y radio R.

En la Figura 2.6 se indican los momentos de inercia de algunos cuerpos homogéneos, con geometría sencilla, en torno a ejes principales de inercia. En cada ecuación, la masa total del cuerpo se denota con M.

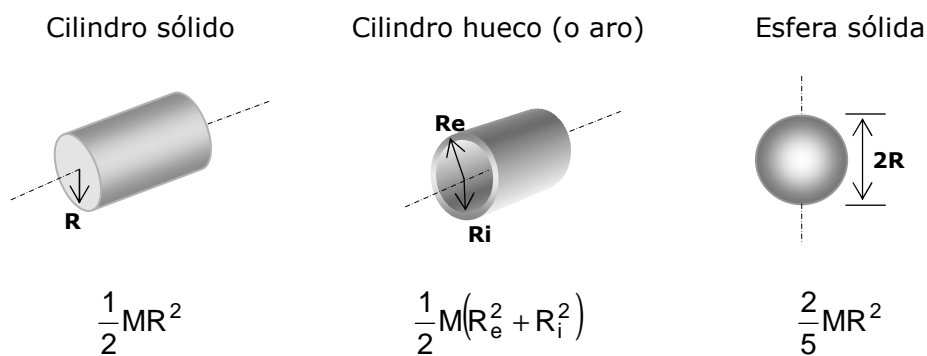


Figura 2.6 Momentos de inercia de cuerpos homogéneos con respecto al eje indicado.

Las ecuaciones (2.5) y (2.7) o las ecuaciones (2.5) y (2.8) proporcionan las 6 ecuaciones escalares requeridas para determinar el movimiento de un cuerpo rígido. Las primeras, (2.5) y (2.7), son especialmente adecuadas cuando el cuerpo tiene un punto fijo en el espacio.

El movimiento de rototranslación de un cuerpo rígido puede considerarse como la superposición de una traslación y una rotación. La traslación queda descrita por el movimiento del centro de masa del cuerpo. Con la Primera

Ecuación Cardinal podemos obtener la aceleración del centro de masa, si conocemos la resultante de las fuerzas exteriores (independientemente de sus puntos de aplicación) y la masa del cuerpo. Dicha ecuación indica que siempre que sobre un rígido se apliquen fuerzas cuya resultante sea la misma (no importa el número de fuerzas o sus puntos de aplicación), el movimiento de traslación del cuerpo, determinado por el movimiento del centro de masa, será el mismo.

La Segunda Ecuación Cardinal está referida a la rotación. Dado que en esta ecuación aparecen los momentos de las fuerzas exteriores (y no las fuerzas directamente), podemos darnos cuenta que los puntos de aplicación de las mismas tendrán un rol fundamental en la rotación.

En la Figura 2.7 se ilustra esquemáticamente estas afirmaciones. En ella se muestra una barra que desliza sobre un plano horizontal liso bajo la acción de una fuerza \vec{F} . En (a), la fuerza está aplicada en el centro de masa; su momento respecto al mismo es, por lo tanto, nulo. En (b), la fuerza está aplicada ahora en el extremo de la barra. El movimiento del centro de masa, que determina la traslación de la barra, es el mismo que antes. En cambio ahora la barra está animada de rotación y traslación.

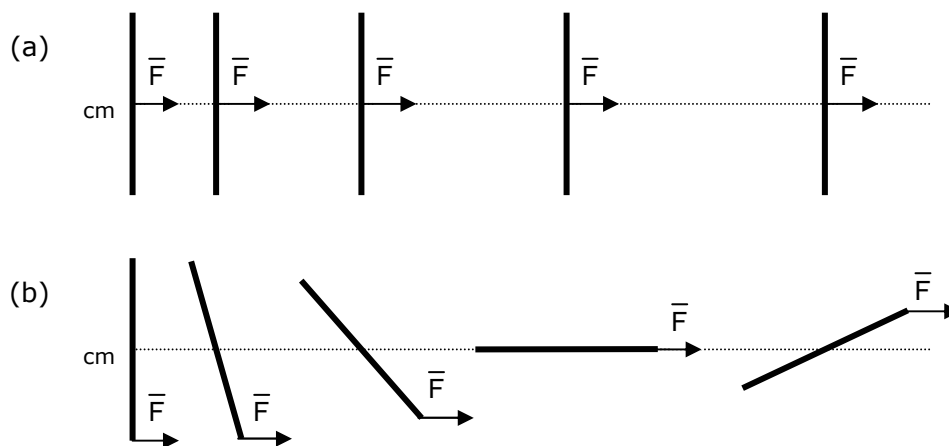


Figura 2.7 Una barra uniforme apoyada sobre una superficie horizontal lisa, se mueve bajo la acción de una fuerza constante \vec{F} . El centro de masa se mueve en línea recta y su movimiento es independiente del punto de aplicación de la fuerza.

2.1.4 Analogía entre variables cinemáticas y dinámicas en la traslación y la rotación

Se puede apreciar que existe una gran similitud matemática entre ambas Ecuaciones Cardinales. Dicha analogía no es solamente formal, sino también física. Así, las *Fuerzas Externas* y los *Momentos de las Fuerzas Externas* constituyen las variables dinámicas causantes de las variaciones en el movimiento, de traslación las primeras y de rotación las últimas.

La *aceleración del centro de masa*, es asimilable a la *aceleración angular*, como variables cinemáticas que expresan la rapidez del cambio de la velocidad (lineal y angular, respectivamente) en cada uno de los dos tipos de movimiento.

La comparación de *masa* con *momento de inercia* muestra que ambas son propiedades dinámicas que expresan la resistencia inercial del rígido a ser acelerado (lineal o angularmente en cada caso). Por último, recordando además que $\vec{P} = M \cdot \vec{V}_{cm}$ y $\vec{L}_{cm} = I_{cm} \cdot \vec{\omega}$ (rotación sólo alrededor de un eje principal fijo) se puede concluir que así como la primer magnitud es la cantidad de movimiento en la traslación, se puede interpretar la segunda como una cierta "cantidad de movimiento de rotación". La Tabla 2.1 muestra las variables lineales asociadas al movimiento de traslación junto a las variables angulares correspondientes al movimiento de rotación.

Tabla 2.1 Analogía entre variables cinemáticas y dinámicas en la traslación y la rotación.

Movimiento de traslación	Movimiento de Rotación
Variables lineales	Variables angulares
Coordenada x	Coordenada θ
Velocidad \vec{v}	Velocidad angular $\vec{\omega}$
Aceleración \vec{a}	Aceleración angular $\vec{\alpha}$
Fuerza \vec{F}	Momento \vec{M}
Masa m	Momento de inercia I
Cantidad de movimiento \vec{p}	Momento angular \vec{L}

2.1.5 Desarrollo teórico de la situación experimental

En la Figura 2.8 se presentan los aspectos esenciales sobre los que se posiciona el análisis teórico de la situación experimental a partir de la cual se analizó la actuación de los estudiantes en la tercera fase de la investigación.

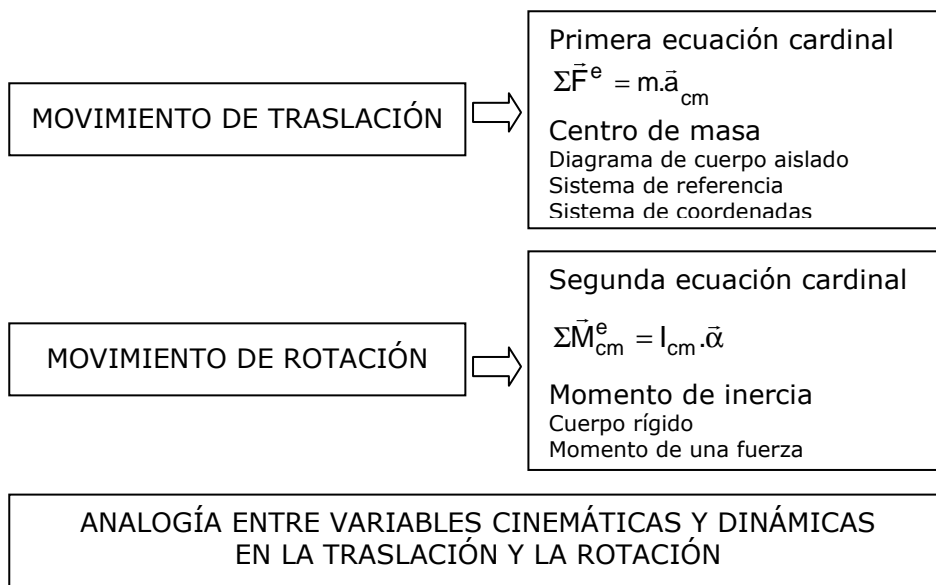


Figura 2.8 Síntesis de contenidos teóricos que sustentan la resolución de la situación experimental. (Con mayor tamaño de letras se han diferenciado las nociones centrales para el análisis teórico, de los conceptos complementarios con los que se vinculan).

La actividad está orientada a la determinación experimental del momento de inercia de diferentes cuerpos. La Figura 2.9 muestra el dispositivo experimental que consta de un disco (1) giratorio montado sobre un eje, de radio r . Alrededor del mismo se enrolla un hilo, el cual se hace pasar por una polea (2) y en su otro extremo se suspende un cuerpo (3) de masa m .

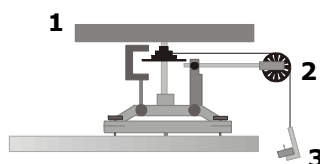


Figura 2.9 Dispositivo experimental para la determinación de momentos de inercia.

La transformación de la situación experimental en una situación simplificada donde los datos devienen de las mediciones efectuadas, implica la necesidad de modelizar el equipamiento experimental, según se muestra en la Figura 2.10.

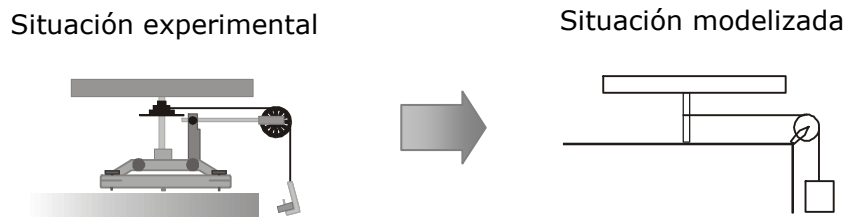
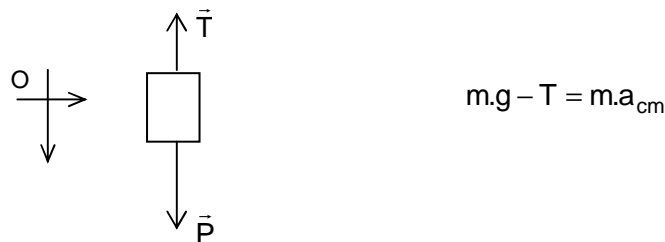


Figura 2.10 Situación experimental modelizada.

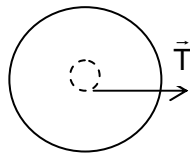
El análisis dinámico del movimiento de la masa suspendida por una parte, y del movimiento del sistema en rotación por otra, permite llegar a la expresión matemática para determinar dinámicamente el momento de inercia.

Análisis del movimiento de traslación de la masa suspendida. Considerando como condición de trabajo que la cuerda es inextensible y de masa despreciable, las fuerzas que actúan sobre la masa suspendida son la fuerza \vec{T} que pone tensa la cuerda y el peso \vec{P} del cuerpo suspendido. Si el cuerpo desciende aceleradamente, por la Primera Ecuación Cardinal se tiene



La aceleración a_{cm} del cuerpo suspendido es la misma que la aceleración tangencial de un punto en el borde del eje.

Análisis del movimiento del sistema en rotación, en este caso, un disco. Considerando como condición de trabajo que la polea (2) es de masa despreciable, su función es cambiar la dirección de la fuerza \vec{T} mientras que su módulo permanece constante. Como consecuencia de la fuerza \vec{T} transmitida por la cuerda, el eje adquiere una aceleración angular $\vec{\alpha}$, tal como lo expresa la Segunda Ecuación Cardinal



$$T \cdot r = I_{cm} \cdot \alpha$$

donde I_{cm} es el momento de inercia del disco respecto a un eje que pasa por su centro de masa.

Un aspecto relevante es que en la determinación de los momentos de las fuerzas externas se consideró como premisa que el eje está soportado por rodamientos sin fricción, simplificación que implica una situación ideal de rozamiento en el eje nulo. Por lo tanto, \vec{T} es la única fuerza que produce momento con respecto a un punto que pasa por el centro de masa.

Si suponemos que la cuerda no desliza por la polea, $a_{cm} = r \cdot \alpha$. Luego, operando con las ecuaciones anteriores se obtiene

$$I_{cm} = m \cdot \left(\frac{g \cdot r}{\alpha} - r^2 \right)$$

La aceleración angular $\vec{\alpha}$ deriva de la interpretación de la representación gráfica de la variación temporal de la velocidad angular $\vec{\omega}$ adquirida por el eje cuando se suspende de la cuerda la masa m . La gráfica obtenida con el ordenador permite observar el comportamiento del sistema y tener una primera idea de la relación entre las variables expresadas en este nivel como ley empírica. La comparación entre las propiedades del sistema representadas en la gráfica $\omega = \omega(t)$ con las propiedades del modelo conceptual de esa situación posibilita establecer el grado de correspondencia entre la ley empírica y la teórica.

Las representaciones gráficas registradas con el ordenador permiten, además, evidenciar el cambio de la velocidad y aceleración angulares en el eje cuando se colocan, solidario al mismo, diferentes cuerpos o un cuerpo en distintas posiciones (ver Anexo 1) ofreciendo una evidencia clara y rápida del efecto de la distribución de masa alrededor del eje de rotación. Esto es particularmente importante para que los estudiantes “visualicen” la diferencia conceptual entre masa y momento de inercia. En particular, el tratamiento experimental propuesto para el disco, favorece la conceptualización del momento de inercia cuando se lo trata respecto a los ejes principales de inercia permitiendo hacer explícito respecto a qué eje se lo evalúa.

Análisis de la incidencia de la fricción en eje del sistema en rotación. Debido a que el modelo conceptual aplicado hace referencia a un eje soportado por rodamientos sin fricción, en las condiciones reales del experimento esa situación no se presenta estrictamente. Esto se reconoce cuando se registra una reducción de la velocidad angular del sistema una vez puesto en movimiento. En consecuencia, es necesario llevar el experimento a una situación cuasi ideal de rozamiento nulo. Para ello es suficiente colocar una precarga como cuerpo suspendido de modo que la fuerza de tensión producida por la misma genere un momento que equilibre el producido por el rozamiento en el eje. Esta premisa introduce en el estudiante un elemento conflictivo ya que es habitual interpretar la situación a la luz de un modelo conceptual de movimiento sin fricción en el eje. Es decir, espera que frente a una pequeña carga el sistema se acelere. La situación de reposo registrada posibilita la revisión de “su modelo” introduciendo la fricción y el estudio de las condiciones necesarias para “independizarse” del efecto del rozamiento, con una estrategia de compensación de su efecto.

El análisis e interpretación de la representación gráfica de velocidad y aceleración angular adquirida por el eje al colocar la precarga posibilita la toma de decisión sobre la masa necesaria para equilibrar la fricción en el

eje. Definir y ajustar la precarga que imprima una velocidad angular constante al eje, implica adoptar criterios de ajuste en las gráficas obtenidas con asistencia del ordenador. La sensibilidad en el registro posibilita observar el efecto de nutación que acompaña al movimiento de rotación. Saber seleccionar qué rango de la gráfica es significativo para el fenómeno en estudio y cuál no, permite trabajar con los estudiantes los criterios de validez de las mediciones.

Verificación de la condición de no deslizamiento. El uso del sistema informático adquiere importancia decisiva ya que genera oportunidades inmediatas de comparación. Así, posibilita comprobar que la aceleración del cuerpo suspendido (3), ver Figura 2.9, es la misma que la aceleración tangencial de un punto en el borde del eje. Además, permite verificar el supuesto de rodadura perfecta utilizado en la resolución a partir de los resultados obtenidos de las representaciones gráficas de $\omega = \omega(t)$ y $v = v(t)$ del sistema en rotación y $v = v(t)$ de la masa suspendida.

Al disponer de un ordenador se pueden hacer los arreglos necesarios para que las gráficas experimentales se desplieguen en la pantalla de video, facilitando la comparación entre los resultados experimentales y el modelo conceptual utilizado. Esta comparación posibilita contrastar el rango de validez de las abstracciones científicas ya establecidas con los hechos que ésta pretende describir, generalmente muchos más ricos y complejos. Se enfatiza de este modo el proceso de construcción de conocimiento así como el desarrollo en los estudiantes de una postura crítica durante el análisis de situaciones experimentales como la considerada.

2.2 La Psicología Cognitiva y el aprendizaje

La Psicología Cognitiva ofrece elementos de análisis para la comprensión de los procesos involucrados en el aprendizaje de las estructuras conceptuales de las ciencias. Desde este enfoque las teorías de Aprendizaje Significativo

de Ausubel, de los Modelos Mentales de Johnson-Laird y de la Mediación de Vygotsky se constituyeron en los ejes principales de referencia.

2.2.1 Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel

Para Ausubel el *aprendizaje significativo* es un proceso cognitivo dinámico a través del cual una nueva información se relaciona con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del sujeto. Las nuevas ideas pueden ser aprendidas y retenidas en la medida que conceptos o proposiciones relevantes e inclusivos estén adecuadamente claros y disponibles en la estructura cognitiva del individuo y funcionen, de esta forma, como punto de anclaje de las nuevas ideas y conceptos (Moreira, 1995a).

En nuestro caso, mediante el planteo de una situación experimental se trata de provocar la reorganización de la estructura cognitiva a partir del establecimiento de conexiones lógicas y no arbitrarias con los conceptos y principios pertinentes que dispone el sujeto.

A fin de interpretar la adquisición, retención y organización de significados en la estructura cognitiva, Ausubel propone una "teoría de la asimilación". En el proceso de asimilación, las ideas previas existentes en la estructura cognitiva se modifican adquiriendo nuevos significados. La presencia sucesiva de este hecho produce una elaboración adicional jerárquica de los conceptos y proposiciones, dando lugar a una *diferenciación progresiva* (Ausubel, Novak y Hanesian, 1983). Este es un hecho que se presenta durante la asimilación, pues los conceptos están siendo reelaborados y modificados constantemente, es decir, progresivamente diferenciados.

Por otro lado, si durante la asimilación las ideas ya establecidas en la estructura cognitiva son reconocidas y relacionadas en el curso de un nuevo aprendizaje posibilitando una nueva organización y la atribución de un significado nuevo, a este proceso se le denomina *reconciliación integradora* (Ausubel et al., 1983). En síntesis, la diferenciación progresiva y la

reconciliación integradora son procesos estrechamente relacionados que ocurren durante el aprendizaje significativo.

A continuación, se amplían aspectos asociados a la teoría de la asimilación y a los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integradora.

• Teoría de la asimilación

El aprendizaje significativo ocurre a través de una interacción de la nueva información que se va a aprender con las ideas pertinentes que existen en la estructura cognitiva. Cada una de estas ideas constituye un "ancla" o subsunor¹ para la nueva información cuando el sujeto detecta que se relaciona con ella. El resultado de la interacción que se lleva a cabo es una asimilación de antiguos y nuevos significados que contribuyen a la diferenciación de esa estructura. En el proceso de asimilación, aún después de la aparición de nuevos significados, la relación entre ideas ancla y las asimiladas permanece en la estructura cognitiva.

La esencia de la teoría de la asimilación reside en que los nuevos significados son adquiridos a través de la interacción de éstos con los conceptos o proposiciones previas, existentes en la estructura cognitiva del que aprende. De esa interacción resulta un producto ($A'a'$), en el que no sólo la nueva información (a) adquiere significado (a') sino, también el subsunor (A) alcanza significados adicionales (A'). Durante la fase de retención el producto es disociable en A' y a' ; para luego entrar en la fase obliteradora donde ($A'a'$) se reduce a A' . El olvido es, por lo tanto, una continuación temporal del mismo proceso que facilita el aprendizaje y retención de nuevas informaciones. Sin embargo, este olvido no es total ya que los significados están obliterados en A' siendo posible, en consecuencia, el re-aprendizaje de relativa facilidad y rapidez. A pesar de que la retención es favorecida por el proceso de asimilación, el conocimiento está sujeto a

¹ El subsunor es un concepto, una idea o una proposición ya existente en la estructura cognitiva capaz de servir de anclaje para la nueva información de modo que ésta adquiera significado para el sujeto.

una tendencia reduccionista de la organización cognitiva, es decir, es más simple y económico retener sólo las nuevas ideas asimiladas.

Es importante destacar que describir el proceso de asimilación como única interacción A'a', sería una simplificación, pues en grado menor, una nueva información interactúa también con otros subsensores y la calidad de asimilación depende en cada caso de la relevancia del subsensor.

Generalmente, los conocimientos que se van a aprender asumen la forma de proposiciones, las cuales están conformadas por conceptos que, al ser combinados adquieren un significado compuesto nuevo. El aprendizaje de una proposición va más allá de la simple asimilación de lo que representan los conceptos, combinados o aislados, puesto que exige captar el significado de las ideas expresadas en forma de proposición. Implica la combinación y relación de varios conceptos, cada uno de los cuales constituye un referente unitario, de tal forma que se da significado a la idea resultante en un sentido más abarcativo que la simple suma de los significados de los conceptos componentes individuales. El nuevo significado producido es asimilado a la estructura cognoscitiva. La proposición potencialmente significativa, interactúa con las ideas relevantes ya establecidas en la estructura cognoscitiva y, de esa interacción, surgen los significados de la nueva proposición. Así pues, se crea un nuevo producto ideativo con un significado novedoso. Este proceso de asimilación de significados nuevos produce la diferenciación progresiva de proposiciones con el potencial ampliado para proporcionar afianzamiento para un aprendizaje significativo adicional.

• **Diferenciación progresiva y reconciliación integradora**

La diferenciación progresiva y la reconciliación integradora son procesos dinámicos, estrechamente relacionados, que se presentan durante el aprendizaje significativo. La estructura cognitiva se caracteriza, por lo tanto, por una dinámica que lleva a una organización de los contenidos

aprendidos. La organización de éstos en la mente del individuo, en una determinada área del saber, según Ausubel et al. (1983) "consiste en una estructura jerárquica en la que las ideas más inclusivas, con mayor poder explicativo, ocupan el ápice de esa estructura e incluyen proposiciones, conceptos y datos fácticos, progresivamente menos inclusivos y más finamente diferenciados" (p. 173).

A medida que las nuevas informaciones son adquiridas, los elementos ya existentes en la estructura cognitiva pueden ser precisados, relacionados y, como consecuencia, reorganizados alcanzando un significado nuevo. Esta recombinación de los elementos previamente existentes en la estructura cognitiva constituye la reconciliación integradora tal como se mencionara anteriormente. Todo aprendizaje producido por reconciliación integradora también dará lugar a una mayor diferenciación de los conceptos o proposiciones existentes.

La diferenciación progresiva y la reconciliación integradora pueden implementarse en la labor educativa. La primera puede provocarse presentando al inicio del proceso educativo, las ideas más generales e inclusivas que serán enseñadas, para diferenciarlas paulatinamente en términos de detalle y especificidad. Al proponer esto, Ausubel se basa en la hipótesis de que es más fácil captar aspectos diferenciados de un todo inclusivo previamente aprendido, que llegar al todo a partir de sus componentes diferenciados ya que la organización de los contenidos de una cierta disciplina en la mente de un individuo es una estructura jerárquica.

Por ello, la programación de los contenidos no sólo debe proporcionar una diferenciación progresiva sino también debe explorar explícitamente las relaciones entre conceptos y proposiciones, para resaltar las diferencias y similitudes importantes, para luego dar lugar a la segunda, reconciliando las incongruencias reales o aparentes.

• Resolución significativa de problemas

Para Ausubel et al. (1983), la resolución significativa de problemas constituye un aprendizaje por descubrimiento o discernimiento de una relación significativa de medios-fines que guía la resolución. Está orientado por hipótesis que exige la transformación y la reintegración del conocimiento existente para adaptarse a las demandas de una meta específica o de una relación medios-fines. La resolución está acompañada de una comprensión implícita de los principios o leyes que fundamentan la solución, aún cuando no puedan expresarse verbalmente. La comprensión se evidencia posteriormente cuando el sujeto puede reproducir la solución al mismo problema o transferirla a problemas similares. "La transferencia es, quizá el criterio más importante del discernimiento. La comprensión, verbalizada con exactitud, de un principio general facilita enormemente (por transferencia) la resolución de problemas particulares que ejemplifica" (p.487).

El aprendizaje por ensayo y error es inevitable cuando el sujeto no puede discernir ningún patrón de relaciones significativas. En este caso se opera variando, aproximando y corrigiendo en forma aleatoria o sistemática respuestas hasta encontrar la relación adecuada.

En relación con la formulación de hipótesis durante el proceso de resolución de problemas, Ausubel establece que ésta es condición necesaria, pero no asegura una resolución por discernimiento. "Formular hipótesis es condición necesaria pero no suficiente para resolver problemas comprensivamente, y de ninguna manera asegura que se esté adoptando un enfoque perspicaz al resolver un problema particular. A menos que las hipótesis incorporen relaciones de medios-fines, representarán simplemente la eliminación sistemática por ensayo y error de las opciones existentes" (p. 487). Es decir, la comprensión deviene de la disposición para enunciar hipótesis con el objeto de entender las relaciones que existen entre los medios y los fines de un problema.

La comprensión del enunciado del problema y la asimilación de su solución son consideradas formas de aprendizaje significativo por recepción. Para una efectiva resolución se requiere que el sujeto disponga de conceptos y principios pertinentes en la estructura cognitiva y de algunas características cognitivas y de personalidad, tales como: estilo cognitivo, agudeza, capacidad de integración, audacia, flexibilidad, tolerancia a la frustración, etc. Es valorable la creatividad ya que produce transformaciones nuevas y originales de las ideas y genera nuevos principios integradores y explicativos. En consecuencia, esto produce un mayor éxito en la resolución de problemas.

Hay en la resolución de problemas por discernimiento un "trascender la información dada", es decir, transformar la información por análisis, síntesis, formulación y comprobación de hipótesis, recombinación, traducción e integración; pero no implica necesariamente descubrimiento autónomo absoluto. Ausubel hace expresa referencia a la implementación de resolución de problemas en el aula como una forma de descubrimiento guiado.

Se refiere también a que en ciertos casos lo que aparenta ser resolución significativa de problemas consiste sencillamente en una especie de aprendizaje repetitivo por descubrimiento. Su crítica al enfoque de los "problemas tipo" da cuenta de ello. Ubica a estos problemas tipo, en el mismo nivel de aprendizaje mecánico que a los experimentos de laboratorio a la manera de "receta de cocina". Consistente con su posición frente a la práctica o ejercitación, entiende que tal actividad no es negativa, en tanto los estudiantes puedan identificarlos como problemas que pertenecen a una clase mayor. De este modo, quien resuelve, comprende los principios, por qué se aplican en ese caso particular, cuál es la relación entre ellos y cuáles las operaciones que se han realizado. Reconoce, sin embargo, que no es ésta su función habitual en las aulas, en las que son utilizados como ejercicios repetitivos.

Expone que para que estas experiencias sean genuinamente significativas sería necesario que se den dos condiciones:

- Deben fundarse en conceptos y principios claramente comprendidos.
- Las operaciones constitutivas deben ser significativas por sí mismas.

2.2.2 Teoría de los Modelos Mentales de Johnson-Laird

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.

• Representaciones mentales. Modelos mentales

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 un objeto 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 medio exterior, 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 asociación impresiones sensoriales para ir conformando sus ideas sobre el mundo. Por el contrario, 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.

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 como límites a la idea de modelo mental las siguientes hipótesis:

- los modelos mentales y la maquinaria para su construcción e interpretación son computables,
- son finitos,
- se construyen con símbolos ubicados en una estructura particular para representar un estado de cosas.

Además, reconoce que:

- son contruidos a partir de algunos elementos básicos "tokens" organizados en una cierta estructura para representar un estado de cosas,

- cuando es posible, se genera un modelo simple, aún si la descripción es indeterminada,
- los modelos pueden representar directamente indeterminaciones si su uso no lleva a un crecimiento exponencial de complejidad,
- existen diferentes tipos de modelos mentales: relacional, espacial, temporal, cinemático, dinámico e imaginario, los que pueden usarse para representar una situación verdadera, una posible o una imaginaria.

Modelo relacional es un cuadro "frame" estático que consta de un número finito de elementos "tokens", que representan un conjunto finito de entidades físicas; de un conjunto finito de propiedades de los elementos, que representan propiedades físicas de las entidades y de un conjunto finito de relaciones entre los elementos que representan relaciones físicas entre las entidades (p. 422).

Modelo espacial es un modelo relacional en el cual las relaciones entre las identidades son solamente espaciales y están representadas en el mismo por la ubicación de los elementos "tokens" en un espacio (típicamente de dos o tres dimensiones). Este tipo de modelo puede satisfacer las propiedades del espacio métrico ordinario (p. 422).

Modelo temporal es el que está formado por una secuencia de cuadros "frames" 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 (p. 422).

Modelo cinemático es un modelo temporal que es psicológicamente continuo, es un modelo que representa cambios y movimientos de las entidades representadas sin discontinuidades temporales. Naturalmente, este modelo puede funcionar en tiempo real y ciertamente lo hará si fuese derivado de la percepción (p. 423).

Modelo dinámico es un modelo cinemático en el que existen también relaciones entre ciertos cuadros "frames" que representan relaciones causales entre los eventos representados (p. 423).

Imagen es una representación, centrada en el observador, de las características visibles de un modelo espacial tridimensional o cinemático subyacente. Corresponde, por lo tanto, a una vista del objeto o evento representado en el modelo subyacente (p. 423).

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.

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 (Norman, 1987).

• **Proceso general de razonamiento**

El proceso de razonamiento implica la elaboración de una determinada información de partida, que constituyen las premisas, para la obtención de una nueva información o conclusión. Según Riviere (1986) razonar consiste, básicamente, en la producción de inferencias, es decir, en la elaboración de cierta información de partida para obtener otra nueva. En este sentido, es una actividad neta de procesamiento de información a través de la cual se requiere la representación de los datos iniciales, su integración con el conocimiento previo recuperado, la transformación y codificación, la

captación de significados (comprensión) y el establecimiento de relaciones con el fin de producir una conclusión (inferencia).

El razonamiento formal se caracteriza por formular una conclusión a partir de premisas dadas, siguiendo escalones deductivos, basados en las reglas de la lógica formal. El razonamiento informal demanda argumentos de estructura holística diferente de los de la lógica formal, por cuanto incorpora creencias, argumentos de sentido común, principios causales e intencionales para construir o evaluar la plausibilidad de premisas.

Según Johnson-Laird (op. cit.), las inferencias implícitas del razonamiento informal dependen de la habilidad del sujeto de interpretar premisas o argumentos por construcción de modelos mentales de la situación descrita. Las deducciones deliberadas dependen de la habilidad de buscar, exhaustiva y sistemáticamente, modelos alternativos que violen las conclusiones hipotéticas. De allí que los fracasos en el razonamiento los atribuya a: fallas en la construcción de modelos relevantes, en la búsqueda de modelos relevantes suficientes, en la búsqueda sistemática y exhaustiva de contraejemplos a la conclusión, o en la evaluación de las implicaciones de todos los modelos hallados durante la búsqueda.

La teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird describe el proceso general del razonamiento deductivo mediante tres estadios:

1º. La *interpretación de las premisas* en las que el sujeto utiliza su conocimiento previo y del lenguaje para la construcción de un modelo mental inicial que representa el "estado de cosas" a las que hace referencia un enunciado. Dicho modelo está formado por un conjunto finito y arbitrario de símbolos que representan tanto las entidades presentadas en los enunciados o premisas como las relaciones entre ellas. Admite la posibilidad de otras relaciones no especificadas en la premisa, pero tampoco excluidas en la información dada.

La interpretación de las premisas de un enunciado (verbal o escrito) supone un proceso de *comprensión*: construir un modelo integrado de ellas, ya sea por unión de modelos construidos separadamente o bien, añadiendo directamente al modelo de una de las premisas, la información expresada por la otra. De Vega, Carreiras, Gutierrez Calvo y Quecuty (1990) asumen que es más probable una preferencia por la construcción de un modelo de la primera al que se añade la siguiente. Sin embargo, cuando esto no es posible, consideran que la construcción del modelo implicaría la "renovación" de la interpretación de la primera premisa para integrarla al modelo de la segunda y un "reordenamiento". Ello actuaría para modificar el orden en la accesibilidad de la información. Esta construcción de modelos se realiza en un espacio de memoria limitado. De allí que cuanto más operaciones se requieran en la construcción del modelo, se favorecerán los errores y más difícil resultará la producción de una conclusión inicial.

2º. La *formación de conclusiones informativas* que realiza quien razona a partir de un proceso de combinación de los modelos mentales de las premisas. Esto permite derivar una *descripción* de los estados de cosas conjuntamente definido por aquéllas. De ello surge una conclusión informativa y provisoria que mantiene el contenido semántico de las premisas, pero enuncia una/s relación/es que no estaba/n explícitamente establecida/s en las mismas. La teoría asume que se exploran los modelos tratando de maximizar el número de posibles relaciones sobre el número mínimo de individuos. Los errores en este proceso se producen como consecuencia de explorar el modelo en una única dirección.

3º. Una *búsqueda de modelos alternativos consistentes con las premisas* pero que falseen una conclusión anterior. Estos modelos alternativos actúan como contraejemplos. Esta búsqueda ha de ser exhaustiva, no interesando su grado de organización (azarosa o sistemática), sino la generación de todos los modelos posibles que invaliden la conclusión inicial. Cuando ello no ocurre se puede responder con una conclusión proposicional inválida.

Desde este marco teórico, se considera que los sujetos durante el proceso de razonamiento interpretan la información provista, generando un número de posibles modelos que evolucionan en forma sucesiva. Presumiblemente, en un determinado punto de este proceso, evalúan la plausibilidad o credibilidad del modelo en función de la evidencia que lo soporta y las conclusiones que se derivan. Esto puede llevar a la generación de nuevos modelos o a la reestructuración de alguno de ellos ante el hallazgo de uno que invalide las conclusiones. El proceso se detiene ante la ausencia de refutación, configurándose el modelo con el cual se trabajará.

Según el tipo de representación predominante, los modelos mentales pueden ser clasificados en básicamente proposicionales y básicamente analógicos. En el caso de la comprensión y utilización de teorías científicas, los primeros se caracterizarían por el uso prioritario del formalismo matemático, en tanto que en los segundos existiría la necesidad del uso de visualizaciones y/o analogías antes del pasaje a la codificación proposicional. La habilidad para entender una teoría científica estará dada por la destreza en la construcción de los modelos mentales que incluyan tanto las relaciones fundamentales de dichas teorías, como las predicciones que se siguen de las concepciones científicamente compartidas.

• **Modelos mentales y modelos conceptuales**

Los modelos conceptuales son representaciones externas compartidas por una determinada comunidad y consistentes con el conocimiento científico que esa comunidad posee (Moreira, 1998). Estas representaciones externas, delineadas por personas, pueden tomar la forma de formulaciones matemáticas, verbales o pictóricas, de analogías o de dispositivos materiales y se proyectan para favorecer la comprensión o la enseñanza de sistemas físicos o estados de cosas físicos.

Los modelos conceptuales son creados por personas que operan mentalmente con modelos mentales y, por lo tanto, presentan diferencias

importantes entre ellos. El modelo conceptual de un sistema físico es preciso, consistente y completo y se desarrolla para facilitar la construcción de un modelo mental que, como se mencionó anteriormente, no necesita ser preciso, ni consistente y tampoco completo pero debe ser funcional para el sujeto, es decir, debe permitirle explicar y predecir acerca de un estado de cosas físico.

Según Moreira (1998), el modelo conceptual constituye un instrumento de enseñanza mientras que el modelo mental es un instrumento de aprendizaje. Es decir, cuanto más abarcadores y consistentes sean los modelos mentales que un sujeto fuese capaz de construir de un dado modelo conceptual, tanto más significativo podría ser el aprendizaje.

2.2.3 La Teoría de la Mediación de Vygotsky

Según Vygotsky (1995), el desarrollo de toda actividad psicológica superior, inherente al ser humano, se da primeramente en la dimensión social y luego en la individual; a partir del proceso que denominó *internalización*. Considera que todas las funciones psicológicas superiores son interacciones sociales internalizadas, a partir de la función mediadora que aportan los instrumentos culturales -físicos y simbólicos- de mediación, que constituyen la condición de posibilidad de todos los hechos que conciernen al sujeto en interacción consigo mismo, con los otros sujetos y con el mundo.

Conceptualmente, para la teoría sociocultural, los mediadores son adaptaciones activas, son instrumentos que no reproducen la realidad sino que la transforman activamente. Vygotsky distinguió dos clases de instrumentos, que posibilitan distintas actividades y orientan sentidos diferentes: las herramientas y los signos. Simplificadamente, podemos afirmar que la herramienta transforma materialmente el entorno, mientras que el signo es un mediador cultural que transforma al sujeto de dicha mediación y sus acciones en el marco de la interacción con el entorno.

De esta perspectiva, se deriva el reconocimiento de las inmensas facultades educativas que los productos culturales de una época y una dinámica social ponen al alcance de la sociedad. Un entorno de aprendizaje asistido por ordenador comporta ambas caras de la mediación. Dado que la actividad para Vygotsky no es ajena al material con el que actúa, sino que la conforma, desde su carácter instrumental configura la dimensión externa inherente al aprendizaje, proponiendo un modo específico de aprendizaje, que requiere la redefinición del encuadre pedagógico, las acciones, los métodos, los soportes pedagógicos y las currículas. En tanto signo, influye activamente en los procesos de construcción de la subjetividad, transforma los marcos de inteligibilidad y el sentido de la experiencia de los usuarios del entorno interactivo.

Las experiencias con aprendizaje mediado, son asimismo, generadoras de disposiciones actitudinales, aspectos psico-sociales y habilidades específicas que derivan de los estímulos de la mediación. La mediación vygotkyana propone mediar para enseñar a aprender, considerando como condiciones de la mediación la apropiación del entorno cultural y del entorno de aprendizaje; suponiendo que éste tenga lugar en el marco de un contexto oportuno y a partir de acciones educativas significativas para un momento histórico determinado.

• **Pensamiento y lenguaje**

Según Vygotsky (1995), la conceptualización y estructuración de contenidos están determinadas por el lenguaje, es decir, por los instrumentos lingüísticos del pensamiento y por la experiencia sociocultural del sujeto. Para él, el lenguaje es la herramienta psicológica más importante de mediación porque "las palabras y otros signos son los medios que dirigen nuestras operaciones mentales, controlan su curso y nos capacitan hacia la solución del problema que afrontamos" (p.124) y ocupa un lugar fundamental en el desarrollo de las funciones psicológicas superiores.

Desde que los individuos participan de la cultura a la que pertenecen, entran en contacto y poco a poco usan y se apropian del sistema lingüístico. El lenguaje, en el contexto del desarrollo ontogenético, se usa primero con fines comunicativos sociales para influir en los demás y para comprender la realidad circundante, luego se utiliza para influir en uno mismo a través de su internalización. Desde este planteamiento, las ideas van cambiando y evolucionando progresivamente, a medida que se van transformando en lenguaje y terminan siendo propiedad del sujeto, al grado de que éstos llegan a ser capaces de hacer uso activo de ellas de manera consciente y voluntaria (autónoma o autorregulada).

Sin lenguaje, entonces, no puede haber "significatividad" en el aprendizaje, pues es el único vehículo que se dispone para acceder al pensamiento y para expresarlo. La connotación que Vygotsky le otorga al término "significativo" hace referencia a la conexión palabra/pensamiento. Así, el lenguaje se convierte en un instrumento que potencia el desarrollo de éste último. De allí que el lenguaje que surge como consecuencia de este proceso permite la comunicación, la conceptualización y la socialización (Rodríguez Palmero, 2005).

Vygotsky considera la palabra como unidad básica de análisis y entiende que es en ella en donde está la atribución de significados. Para él, el pensamiento no se expresa simplemente a través de la palabra, sino que va más allá, tiene su razón de ser y existe a través de ellas.

En la medida en que el lenguaje se convierte en herramienta fundamental del pensamiento éste sufre transformaciones. Decir que el lenguaje se convierte en instrumento de pensamiento es suponer que, en principio, no lo es. Pensamiento y lenguaje tienen raíces genéticas distintas, y que luego se sintetizan dialécticamente en el desarrollo. Éste da origen a las formas puramente humanas de inteligencia práctica y abstracta. La inteligencia práctica se refiere al uso de instrumentos y la inteligencia abstracta a la

utilización de signos y sistemas de signos, de los cuales el lenguaje es el más importante para el desarrollo cognitivo.

Pensamiento y lenguaje se realimentan de tal manera que el lenguaje ejerce una función crucial en los procesos de construcción del pensamiento y del carácter de la persona (Schütz, 2004).

Por otra parte, en la interacción social, que supone fundamentalmente un intercambio de significados, el lenguaje es para Vygotsky el sistema de signos más importante. Así, el lenguaje es el instrumento que une el mundo interno del sujeto con su entorno. A través del uso del lenguaje los sujetos se comunican entre sí, reconstruyen representaciones cada vez más diferenciadas de la tarea o, en nuestro caso, de la situación experimental abordada conjuntamente lo cual promueve la transformación y evolución de las representaciones o modelos mentales que manejan.

El lenguaje, tal como se expresara anteriormente, permite regular la ejecución de los otros e influir en ella, y además en la ejecución interna de uno mismo. Por lo tanto, cuando se crean las condiciones apropiadas es posible el uso del lenguaje en todo su valor instrumental, ya sea si se usa el lenguaje propio para influir en los demás, si se emplea el lenguaje de los otros para influir en uno mismo, si se recupera el lenguaje creado colectivamente para influir en el proceso de solución de la actividad experimental abordada, o si es utilizado el lenguaje propio, organizado sobre el desarrollo de la tarea para influir en uno mismo.

2.3 Conocimiento científico y lenguaje

El discurso científico posee una gran capacidad organizadora respecto a los procesos cognitivos ya que proporciona un instrumento para comprender e interpretar la realidad que percibimos. Un término científico puede representar un objeto, un hecho o una idea, pero no es simplemente reflejo

de éstos. Al traducir el objeto, el hecho o la idea al lenguaje, los concretamos y delimitamos.

Es preciso añadir que el uso del discurso científico va unido al desarrollo de una serie de capacidades cognitivo-lingüísticas como son la descripción, la definición, la justificación, la argumentación y la demostración, que favorecen diferentes capacidades de razonamiento.

Las habilidades cognitivas implican un conjunto de operaciones mentales, cuyo objetivo es que el estudiante integre la información adquirida, a través de los sentidos o en la comunicación con los otros, en una estructura de conocimiento que tenga sentido para él. Este concepto hace énfasis en que el sujeto no sólo adquiere contenidos sino que también aprende el proceso que utilizó para concebirlo, es decir, aprende no solamente lo que aprendió sino cómo lo aprendió (Chadwick y Rivera, 1991).

Para que los estudiantes logren llevar a cabo lo antes expuesto se debe propiciar que expresen la representación mental construida, ya sea de forma verbal o escrita, usando la terminología científica que corresponda al tema tratado. Esta tarea presenta un gran número de dificultades para ellos, pues tienen que otorgar significado a cada término que se introduce en el aula al explicar un fenómeno o una idea, es decir, operar otorgando significado a los símbolos utilizados. Esto indica la importancia del lenguaje en el proceso de enseñanza y de aprendizaje de las Ciencias, ya que funciona como una herramienta para construir las ideas científicas (Izquierdo y Sanmartí, 2000).

El ambiente del trabajo experimental es favorable para promover que los estudiantes relacionen la terminología científica con lo que hacen y con el fenómeno en sí. Por ejemplo, al solicitarles que expliquen el fenómeno observado haciendo uso de términos científicos se les está pidiendo que lleven a cabo ciertas acciones como describir, explicar, justificar, comparar y argumentar científicamente. Estas acciones exigen a los estudiantes un

alto nivel de comprensión de lo que hacen y del fenómeno que estudian, lo cual les obliga a pensar y reflexionar sobre lo que han de escribir, y por tanto, les ayuda en la construcción de representaciones explicativas.

Formar y desarrollar habilidades intelectuales propias de la metodología científica en los estudiantes es uno de los objetivos del trabajo experimental cuando se lo plantea como una investigación.

2.4 El trabajo experimental como actividad de investigación

Numerosas investigaciones realizadas para estudiar la efectividad del trabajo práctico en la Enseñanza de las Ciencias proponen la realización de investigaciones, en las que los estudiantes tienen la posibilidad de enfrentarse a tareas abiertas y ejercitar algunas de las muchas actividades que realiza un científico cuando resuelve problemas (Hodson, 1994; Valdés Castro y Valdés Castro, 1999).

Llevar a cabo un tipo de trabajo práctico que refleje el espíritu del quehacer científico implica el planteo de situaciones problemáticas abiertas, con la ambigüedad inherente a la naturaleza de las mismas, a través de las cuales el estudiante pueda adquirir y construir conocimientos y habilidades científicas, como también capacitarse para una actividad profesional futura cuestionadora, reflexiva y en permanente cambio.

Esto implica la necesidad de trabajar sobre aspectos básicos tales como: definición del problema a resolver; explicitación de las hipótesis de trabajo; discriminación entre información relevante o irrelevante; identificación de posibles estrategias de resolución; evaluación de los resultados obtenidos y análisis de los mismos con el fin de detectar nuevos problemas a investigar lo cual permitirá al estudiante organizar su propia representación del problema y definir el grado de complejidad que le otorgará al mismo (Yanitelli, Rosolio y Massa, 1995).

Dado que la mayoría de los estudiantes que cursan Física en el primer año del ciclo básico universitario cuentan con una reducida experiencia en el trabajo de laboratorio que deviene de la realización de experiencias demostrativas o dirigidas durante los estudios previos, se considera pertinente el desarrollo de un trabajo progresivo iniciado con actividades de anticipación.

La *anticipación* se constituye en una fase inicial en el complejo proceso de desarrollo de la capacidad de hipotetización. Desde el punto de vista educativo se asume la existencia de tres etapas con una cadena de abstracción creciente en este proceso: *anticipación* → *conjetura* → *hipótesis*.

Desde la perspectiva de la teoría de los modelos mentales, puede considerarse que durante la anticipación los estudiantes infieren en forma intuitiva lo que implica la información representada en sus mentes generando explicaciones a partir del significado de la representación. Estas inferencias dependen de la habilidad del estudiante de construir y manipular modelos mentales. Su producción es sustancial para orientar la comprensión de la situación experimental porque no sólo integra el conocimiento implícito o tácito sino también permite efectuar predicciones factibles de verificación.

En estas actividades, el estudiante se posiciona frente a la situación experimental a través de ejemplos sencillos que le permiten explicitar tanto sus organizaciones conceptuales construidas desde las clases teórico-prácticas como sus concepciones personales generadas a partir de sus experiencias cotidianas.

La anticipación actúa como nexo entre el campo conceptual y el contexto experimental, definiendo una toma de posición frente a la situación planteada, el montaje experimental y el registro de datos. Es importante la reflexión posterior sobre las anticipaciones efectuadas, incorporando progresivamente los procesos de confirmación, rechazo y/o refinamiento de

criterios y concepciones, de significativa relevancia en una metodología experimental.

En una segunda etapa, a través de la propuesta de un conjunto de preguntas, se orienta la delimitación de la situación problemática experimental, la adopción del marco teórico referencial y la elaboración de *conjeturas* sobre cuáles son las variables significativas cuyas relaciones podrían ayudar a resolver el problema específico en estudio.

Se pretende, en esta fase, introducir a los estudiantes en acciones y reflexiones que les permitan atribuir a sus ideas el carácter de conjetura que requieren ser puestas a prueba y no el de evidencias obvias; precisar el significado de los conceptos que emplearán como así también comprender que el conocimiento científico es conjetural, parcial y provisorio, en constante revisión y crecimiento.

Una vez que se han identificado las variables significativas, se promueve la formulación de *hipótesis* expresadas como posibles relaciones entre tales variables apoyándose en el marco teórico adoptado pero que deben ser puestas a prueba en forma rigurosa. En esta etapa es esencial la participación activa del docente incentivando la búsqueda de dichas relaciones en su rol de experto.

A través de la experimentación se alcanzan nuevos niveles de abstracción y comprensión, lo cual contribuye no sólo al enriquecimiento del cuerpo de conocimientos sino también a su construcción, otorgando significados generados desde la acción.

Promover formas de trabajo en correspondencia con el quehacer científico implica considerar el impacto que han tenido los ordenadores en la ciencia y los cambios metodológicos que esta nueva tecnología ha producido en la actividad científica (Gil Pérez y Valdés Castro, 1997; Valdés Castro y Valdés Castro, 1999) a través de la incorporación en las prácticas de laboratorio de dispositivos electrónicos, ordenadores y, en general, la automatización

como importantes instrumentos en la resolución de situaciones problemáticas experimentales.

El impacto del ordenador y de los recursos informáticos, en general, debe analizarse, también, en relación con las representaciones que promueven en el sujeto que aprende, en particular, Física. Las relaciones tradicionales entre el lenguaje científico literal y el simbólico o matemático adquieren nuevos sentidos cuando se transforman a códigos y lenguaje de máquina. Las formas de registros de información por pulsos, los modos de cálculo analítico y/o gráfico, resueltos por algoritmos discretos, constituyen un nuevo aprendizaje que enriquece la discusión experimental para comprender los modos de adquisición de datos, su lectura, procesamiento e interpretación.

Como consecuencia, el sujeto va modificando, fundamentalmente, las operaciones psicológicas que es capaz de hacer. De la misma forma, cuantos más instrumentos va aprendiendo a usar tanto más se amplía, de modo casi ilimitado, la gama de actividades en las cuales puede aplicar sus nuevas funciones psicológicas (Vygotsky, 1995).

En este proceso el estudiante aprende a no ceñirse a reglas rígidas sino que las transforma para enriquecer su manera de analizar e interpretar. Esto constituye un elemento altamente significativo para una formación a futuro de un estudiante de ingeniería que debe prepararse para dar nuevo sentido a los recursos innovadores en su especialidad. Sin embargo, es en esta etapa de la formación donde se generan dudas y aciertos al interactuar las nuevas formas de representación con las estructuras conceptuales ya organizadas. El sistema de símbolos con los cuales los mensajes de los medios se vinculan con el intelecto humano representa una potencialidad formativa para el individuo en tanto que puede enriquecer su capacidad de simbolización y representación de la realidad.

Al mismo tiempo, los estudiantes reconocen que no todas las preguntas y problemas tienen una respuesta correcta o una solución única, y que algunas soluciones son provisionales y deben ser mejoradas y/o ampliadas con estudios posteriores. Esto tiende a generar una posición frente al trabajo experimental: la práctica de la ciencia a menudo genera tantas preguntas como respuestas puede ofrecer. Se introduce así un estilo de pensamiento abierto, no dogmático que lleva a un nuevo estado de conciencia de la realidad y, por ende, de responsabilidad y compromiso.

La actividad experimental realizada debe promover el enunciado de preguntas, de perspectivas que quedan abiertas y que, por lo tanto, demandan la realización de nuevas investigaciones. Estas *primeras ideas* se constituyen en puentes cognitivos que facilitan la asimilación de nueva información. Desde el punto de vista educativo asumen la función de proporcionar *andamiaje ideacional* (Baquero, 1996) para la retención e incorporación estable del material más detallado y diferenciado que se va a aprender. Esta estrategia permite manipular la estructura cognitiva del estudiante a fin de facilitar un aprendizaje significativo (Ausubel et al., 1983).

En este contexto, se modifica la relación social docente – alumno ya que ésta se plantea a nivel de intercambio de experiencias donde el aprendizaje se vuelve recíproco y carece de sentido toda postura autoritaria. Organizar el trabajo experimental en equipos, incorporar situaciones problemáticas proyectadas hacia aplicaciones de la Física en lo tecnológico y en la sociedad, estimular la actividad intelectual de los estudiantes y debatir diversas ideas desde múltiples perspectivas refleja formas de trabajo hoy ampliamente desarrolladas en la actividad científica.

La evaluación adquiere sentido como acto dinámico y permanente en cuanto sigue la evolución del acto cognitivo en sí, como proceso formativo y como producto. Así, el proceso de evaluación privilegiará los logros y los aportes que, emergiendo del grupo, se reciclen hacia el mismo. Una evaluación

adecuada debe contemplar, además, los cambios de dirección que realizan los estudiantes en cualquier momento del proceso, así como la justificación para decidir dichos cambios de dirección ya que, si se impone un orden a este proceso que es de naturaleza interactiva y desordenada, se favorece un grado de rigidez que destruye la esencia creativa (Kimbell, 1991).

2.5 El sistema informático en las prácticas de laboratorio en ambientes universitarios

Aprender con los ordenadores supone una nueva armonía de la mente humana a partir de la cual el sujeto puede agilizar el procesamiento de información, extender su capacidad de simbolización y representación de la realidad lo cual favorece un mayor desarrollo de los procesos cognitivos.

En particular, la incorporación del ordenador en la realización de experimentos en el laboratorio permite desarrollar entornos de aprendizaje en los que se enfatiza la exploración y selección de caminos de búsqueda de información. Así, se obtiene como resultado un producto enriquecido, superador de la suma de información de las fuentes a las cuales se ha accedido y que ofrece la posibilidad de comprender las múltiples perspectivas sobre un proceso complejo, reflejadas como aproximaciones diferenciadas. Estos aspectos son propios de un enfoque constructivista del aprendizaje.

Asimismo, estos entornos implican una elevada exigencia cognitiva en cuanto a que ponen en juego:

I. *Conocimientos acerca del ordenador como dispositivo simbólico.* Los modos de registro de información, de cálculo analítico y/o gráfico resueltos por algoritmos discretos generan nuevos aprendizajes al tratar de comprender no sólo las formas de adquisición de datos, su lectura, procesamiento e interpretación sino también los cambios en la adquisición

de datos -limitaciones y extensiones- que devienen de sustituir los registros directos de un sujeto por las señales registradas por un interfaz.

Se amplía el sistema simbólico de representación de las variables físicas identificadas como relevantes para seguir la evolución de un evento en estudio. Por ejemplo: a partir del tiempo de paso de un cuerpo a través de un sensor y de su longitud, sólo es posible medir una rapidez media -con representación escalar- siendo necesario extender su significado hacia el de velocidad media -con representación vectorial- de mayor demanda cognitiva.

II. *Habilidades para el manejo operativo.* Se abre un amplio abanico de habilidades tales como: selección de elementos informáticos de diferente complejidad y del programa de gestión para el tratamiento de los experimentos; toma de decisiones durante los procesos de recolección, análisis y transformación de datos; construcción y reconstrucción de procedimientos en busca del más satisfactorio en función de una meta.

III. *Conceptos, información y procedimientos disciplinares.* La comprensión teórica apropiada asociada a la tarea experimental en cuestión orienta las observaciones; es la teoría la que determina qué y cómo hay que observar y cómo interpretar los resultados obtenidos (Hodson, 1994; Barberá y Valdés Castro, 1996).

IV. *Regulación de la tarea misma.* Ser conscientes de qué significa, qué problemas y dificultades se pueden presentar y qué aporta el ordenador permite a los estudiantes pasar más tiempo manipulando ideas como medio de acceso al conocimiento científico. De acuerdo con Bruner (1988) "una vez que el pensamiento ha sido disociado de sus objetos, el terreno está preparado para que los procesos simbólicos empiecen a dejar atrás a los hechos concretos, para que el pensamiento se oriente hacia lo posible, no sólo hacia lo real".

En este proceso se generan dudas y aciertos al interactuar las nuevas representaciones con las estructuras conceptuales ya organizadas y se transforma la relación entre capacidades cognitivas y acción de una forma, por lo general, irreversible. Es decir, se integran los usos específicos del ordenador en un agregado entre las capacidades de acción personales y las capacidades de acción posibilitadas por la herramienta, de manera que se convierten en indisolubles.

Desde una perspectiva sociocultural, los ordenadores pueden considerarse como un instrumento privilegiado de mediación entre las actividades de enseñanza y la asimilación cognitiva, al igual que otras herramientas, pero de forma más específica por ser herramientas cognitivas. Esta característica mediacional de las herramientas, puentes entre lo interaccional como forma concreta de lo social y lo intrapsíquico, alcanza uno de sus mayores grados de perfección con los ordenadores.

Sin embargo, siguiendo las consideraciones de Vygotsky (1995) sobre la enseñanza, la apropiación del modo de uso y del significado sociocultural de dichas herramientas no es posible sin el apoyo de otros más capaces, cuya ayuda y participación es imprescindible, puesto que, en su ausencia, se haría muy difícil la apropiación de los instrumentos que el medio sociocultural ofrece.

A pesar de que la herramienta por excelencia es el lenguaje, los ordenadores permiten un tipo de relación históricamente nueva. Una relación, como señalan Salomon, Perkins, y Globerson, (1992), de asociación, de compartir cognición. Nunca hasta el presente se había dispuesto de herramientas capaces no sólo de estimular y/o modelar las formas de pensamiento, sino de distribuir la inteligencia entre varios miembros o usuarios de una red de ordenadores, de distribuir partes de un razonamiento global, o de una cognición en sentido amplio, entre la persona y la máquina.

Llevada al límite, la idea de aprender con los ordenadores diluye a los objetos tecnológicos en un entorno social, las propias máquinas se transforman asumiendo una parte de la carga intelectual del tratamiento de la información. De esta manera, el sujeto trasciende las limitaciones de su sistema cognitivo, extiende su capacidad de memoria y amplía su capacidad de simbolización y representación del mundo.

Desde esta perspectiva, puede pensarse que la incorporación del ordenador en la resolución de situaciones reales en el laboratorio contribuye a modificar y reestructurar el funcionamiento mental de un sujeto y su manera de pensar y reflexionar; los cambios no son sólo cuantitativos, son ante todo cualitativos. Sin embargo no se puede circunscribir al ordenador, como instrumento externo, el estudio de los procesos que se producen en el estudiante al analizar las situaciones experimentales. Debe ampliarse el análisis incluyendo el *sistema informático* que actúa detectando, codificando y transfiriendo información entre el experimento en sí y quien lo recibe e interpreta.

La idea de que la utilización del sistema informático produce cambios cualitativos en nuestra manera de aprender y de pensar está de acuerdo con los estudios realizados por Vygotsky (1995) y sus colegas acerca de que el desarrollo psicológico debe ser entendido como una serie de transformaciones cualitativas, asociadas con cambios en el uso de los instrumentos psicológicos. En este sentido, se producen cambios en las formas de mediación, los cuales hacen que los sujetos realicen operaciones más complejas –de orden cualitativamente superior– sobre los objetos.

2.5.1 Arquitectura del sistema informático

Los elementos básicos de un sistema informático de experimentación en tiempo real se presentan en el esquema de bloques de la Figura 2.11.



Figura 2.11 Esquema de bloques de un sistema informático.

Los *sensores* o *transductores* son elementos que registran una señal asociada a la magnitud que se desea medir y la transforman en una tensión eléctrica. En general, cada sensor requiere un pequeño circuito auxiliar para ajustar o amplificar la tensión eléctrica. La colección de sensores que existe en la actualidad es muy amplia, se dispone de sensores para medir magnitudes físicas, químicas y biológicas. Es frecuente encontrar en los laboratorios docentes sensores de posición/distancia, de fuerza, de presión, de temperatura, de conductividad, de medida de pH, de intensidad luminosa, etc.

El *interfaz* actúa de convertidor analógico-digital transformando la tensión eléctrica suministrada por el sensor en una secuencia de valores digitales de tensión que el *ordenador* puede leer, almacenar y procesar.

El *programa de gestión* permite visualizar simultáneamente en la pantalla tablas de datos y las representaciones gráficas que dan cuenta de las relaciones que se van generando. Con los distintos menús y funciones del programa se procede a la configuración de la forma de representación en la pantalla de las variables medidas. El mismo debe ser sencillo de manejar; flexible de manera que permita exportar los datos registrados a otros programas; no automático para indagar sobre diferentes relaciones matemáticas y representaciones gráficas en el momento de procesar los datos registrados e interactivo para que el usuario pueda decidir sobre la secuencia de pasos en el procesamiento de datos y sobre el nivel con que analizará los resultados obtenidos.

En el desarrollo de un experimento, la función de un sistema informático es la misma que la de los equipamientos tradicionales, es decir, actúa como instrumento de medida pero es más preciso y sensible al momento de

tomar datos (Yanitelli, Rosolio y Massa, 2007). Luego, permite a los estudiantes incrementar la calidad en el trabajo experimental.

La rápida toma de datos con su correspondiente representación en forma de tablas o mediante gráficos permite una mejor distribución del tiempo durante la ejecución de la actividad experimental ya que, dentro de un enfoque didáctico apropiado, se puede centrar la mayor parte de la sesión práctica en promover que los estudiantes comprendan lo que hacen, por qué lo hacen y la relación que esto tiene con el fenómeno que estudian.

Asimismo, la posibilidad de efectuar un número importante de repeticiones de un experimento para confirmar o modificar las predicciones o las hipótesis formuladas, de reconciliar las distintas problemáticas que surjan de los datos, de reconocer anomalías, etc., acerca el trabajo de los estudiantes al trabajo científico real sin salir del contexto de la clase de Física y el trabajo experimental se constituye en una pequeña investigación.

Otro aspecto relevante asociado al uso de estos sistemas es la posibilidad de acceder a la ejecución de experimentos cuyo tratamiento es prácticamente inaccesible en los laboratorios docentes clásicos. Por ejemplo, el análisis de procesos que se desarrollan durante intervalos de tiempo muy breves, tal es el caso de las colisiones (Yanitelli, Rosolio y Massa, 2002 y 2005), de los impulsos aplicados para iniciar o modificar un movimiento, etc., o de los que demandan días como ocurre en el estudio de sistemas biológicos o en montajes experimentales en los que se produzcan cambios de presión como en la determinación de la ley de Boyle para sistemas gaseosos diluidos.

2.5.2 Regulación de la propia tarea

Ser consciente del significado que un sistema informático tiene en la realización de experimentos, de las dificultades que se pueden presentar y de los aportes que devienen de sustituir las mediciones efectuadas por un

sujeto por las obtenidas mediante un sistema informático adquirente de datos, refiere a la metacognición como uno de los componentes de cualquier aprendizaje.

Flavell (1976) proporciona una definición del concepto de metacognición ampliamente citado:

“La metacognición se refiere al conocimiento que uno tiene sobre los propios procesos y productos cognitivos o sobre cualquier cosa relacionada con ellos, es decir, las propiedades de la información o los datos relevantes para el aprendizaje. Por ejemplo, estoy implicado en metacognición si me doy cuenta de que tengo más problemas al aprender A que al aprender B, si me ocurre que debo comprobar C antes de aceptarlo como un hecho... La metacognición se refiere, entre otras cosas, al control y la orquestación y regulación subsiguiente de estos procesos” (p. 232).

Según Campanario (2000), se puede considerar que determinados recursos y actividades tienen carácter metacognitivo en la medida en que, en su desarrollo, son compatibles o inciden en algunos de los aspectos siguientes:

- Control del propio conocimiento (ideas previas) o procesos cognitivos (estrategias de pensamiento y de aprendizaje).
- Autorregulación cognitiva, incluyendo el control del estado actual de la propia comprensión.
- Ideas adecuadas, en el caso del conocimiento científico, sobre el carácter a menudo contraintuitivo del mismo y sobre el papel de las ideas previas, de la observación o de la experimentación en la creación de nuevo conocimiento.

De acuerdo a estos aspectos, el autor presenta un conjunto de recursos y actividades para que los estudiantes enfoquen sus tareas con una orientación metacognitiva. Si bien reconoce que algunos de los recursos que

se presentan no son nuevos y sólo es diferente la forma en que se utilizan en la enseñanza de las ciencias y los objetivos que se persiguen con ellos, afirma que, los aspectos metacognitivos se deben abordar de manera decidida a fin de promover el uso autónomo y autorregulado de los contenidos por parte de los estudiantes.

3 METODOLOGÍA

"Esa coincidencia de la parte con el todo (el mundo en que vive), de lo puramente subjetivo y arbitrario con lo objetivo y sumido a reglas, constituye uno de los argumentos más fuertes a favor de la metodología pluralista."

Feyerabend, P., 1977

Las cuestiones a las cuales se pretendió dar respuesta en la presente investigación, giran en torno a una situación específica, compleja y real. Es compleja porque intervienen en ella un número considerable de condiciones que no pueden ser todas definidas, controladas o que posiblemente no están previstas (estudiantes con distintas características -lugar de procedencia, contexto familiar, formación previa, conocimientos asociados al uso de los recursos informáticos-, expectativas e intereses; modo de enseñar de los profesores; infraestructura del laboratorio; etc.). Es específica porque pretende analizar las actuaciones de los estudiantes cuando resuelven situaciones problemáticas experimentales asistidas por ordenador.

Por consiguiente, retomando lo expresado en el capítulo 1, apartado 1.8, en el diseño de la metodología de investigación se apeló a una pluralidad de enfoques, pues se combinaron las perspectivas cualitativa y cuantitativa por considerar que ambas pueden complementarse en el análisis de una realidad (Cook y Reichardt, 1997).

Según Stake (1995) el enfoque cualitativo se caracteriza por promover una comprensión profunda del fenómeno que se estudia. Se espera una

“descripción densa”, una “comprensión experiencial” y “múltiples realidades” donde el investigador construye el conocimiento como síntesis de su perspectiva. Stake considera como aspectos diferenciales de un estudio cualitativo su carácter holístico, empírico, interpretativo y empático.

Según Denzin y Lincoln (1994) un diseño cualitativo implica un enfoque interpretativo y naturalista hacia el objeto de estudio. Esto significa estudiar el fenómeno de interés en su contexto natural, tal y como sucede, intentando otorgar sentido o interpretar el fenómeno de acuerdo con los significados que tienen para los sujetos implicados.

El enfoque cuantitativo, por su parte, permite efectuar estudios de tendencia central sobre una masa importante de datos, utilizar gráficos y tablas de frecuencia con el objeto de describir y comparar el conjunto de datos de los que se dispone. Al describir los datos se transforman los registros de eventos. A partir de esas transformaciones se llega a aserciones de conocimiento y, por ende, de valor que contribuyen a la interpretación de las situaciones que se procuran entender.

En el presente capítulo se describe la metodología utilizada para dar respuesta a las cuestiones planteadas. La investigación se desarrolló en tres fases: la primera, de tipo diagnóstica, para caracterizar a los estudiantes que acceden a la universidad en cuanto a las prácticas de apropiación y uso de las actuales tecnologías, en particular, el ordenador; la segunda, de reconocimiento de representaciones sobre el uso y función de los distintos elementos que conforman un sistema informático de experimentación en tiempo real y, finalmente la tercera se constituyó en la etapa central de la investigación donde se indagaron los procesos de razonamiento y modos de actuación que desarrollan los estudiantes cuando resuelven situaciones experimentales asistidas por ordenador.

3.1 Consideraciones metodológicas

El enfoque interpretativo supone que el comportamiento de los seres humanos está principalmente constituido por sus acciones, las que dan un sentido a quienes las realizan. Por ello, deben ser interpretadas en relación a los motivos, a las intenciones o propósitos del actor, en el momento de llevarlas a cabo. Identificar correctamente esos motivos e intenciones es entender el significado subjetivo que la acción tiene. La afirmación de que las acciones humanas tienen significado implica bastante más que una referencia a las intenciones conscientes de los individuos. Requiere también que se entienda el contexto social dentro del cual adquieren sentido tales intenciones (Pérez Serrano, 2003).

Del carácter de las acciones surgen las redes de significados conferidas por los individuos en función de su historia pasada y su orden social presente, las cuales estructuran de cierta manera su interpretación de la realidad. Por ese motivo, otra misión de una investigación interpretativa es la de descubrir el conjunto de reglas sociales que dan sentido a determinado tipo de actividad, y así revelar la estructura de inteligibilidad que explica por qué tienen sentido cualesquiera acciones observadas. Las explicaciones no apuntan a ofrecer causas sino profundizar y generalizar el conocimiento de por qué se percibe y experimenta tal como ocurre. La adopción de este enfoque para el desarrollo de la presente investigación educativa se basa en la consideración que las situaciones de enseñanza y de aprendizaje que se dan en el aula deben ser consideradas 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 concebir la realidad como multirreferencial, cambiante, cuyas explicaciones son un producto social y humano (Goetz y Lecompte, 1988; Colás Bravo y Buendía Eximan, 1994). Esto implica un posicionamiento ontológico, epistemológico y metodológico concreto a partir del cual se conforma el paradigma interpretativo.

No se conoce la "cosa en sí" sino lo que se logra con la comprensión es una unidad de sentido que se da en base a acuerdos, es decir, no hay fenómenos sino interpretación de los fenómenos. Las interpretaciones que se elaboran se encuentran determinadas por la historia del propio investigador y por la carga de subjetividad que lo conforma. En el trabajo de campo, lo que se ve, lo que se escucha, se encuentra permeado por dicha historia y por las nociones teóricas tanto que preceden, como que acompañan en ese momento. Como señala Romo Beltrán (2000) la transformación de los datos descriptivos requiere de la construcción de una lógica progresivamente más abstracta. Si bien el investigador intenta comprender la realidad mediante los datos que proporcionan los protagonistas, dicha realidad precisa ser reconstruida bajo una lógica que posibilite detectar los significados ocultos, no manifiestos, ante una cantidad de datos que en los primeros momentos se muestran inconexos, amplios, arbitrarios.

La posibilidad de conformar una estructura lógica que organice los datos, precisa realizar búsquedas cada vez más finas de referentes teóricos que permitan sostener las interpretaciones, así como clarificar los ejes de análisis, las ideas centrales que van a integrar todas las categorías analíticas y que servirán de anclaje para ir entretejiendo los datos que proporciona la realidad y las nociones o conceptos teóricos que permiten niveles de interpretación más complejos.

La atención de la investigación de problemas educativos está puesta en la comprensión de los procesos desde las propias creencias, valoraciones y reflexiones. El interés se centra en comprender la realidad dentro de un contexto dado, sin buscar explicaciones causales. Por tal razón, en la presente investigación se optó por una metodología cualitativa, basada en descripciones detalladas de las formas en que los estudiantes comprenden, narran, actúan y manejan situaciones experimentales asistidas por ordenador. La investigación se desarrolló básicamente por medio de la

interacción con ellos a través de su lenguaje, en situaciones de aula. Esta interacción se realizó apelando al lenguaje escrito -verbal o simbólico- que el estudiante debe emplear en las memorias elaboradas como resultado de los trabajos prácticos realizados aplicando su conocimiento, como al lenguaje oral en las instancias de diálogo durante las entrevistas. En estas últimas deberá justificar y argumentar sobre sus actuaciones e interpretaciones.

No obstante, para enriquecer las descripciones se incorporaron aspectos que devienen de una perspectiva cuantitativa empleando abundante información organizada de diferentes formas -tablas de frecuencias, distribución de frecuencias presentadas en histogramas- a fin de tener una visión del desempeño del conjunto de estudiantes como un todo. También desde esta perspectiva se efectuó un estudio diagnóstico preliminar sobre una muestra de estudiantes a fin de caracterizar sus prácticas de apropiación y uso de las actuales tecnologías, en particular, del ordenador. Asimismo, sin interés por establecer predicciones direccionadas, el enfoque cuantitativo se utilizó para generar clasificaciones y comparaciones con el objeto de alcanzar mayor profundidad en el análisis de los resultados.

En este sentido el análisis cuantitativo contribuyó en la interpretación de las actuaciones de los estudiantes desde su propia perspectiva. Acordando con la posición de Eisner (1981), citado por Moreira (2000): "La cuestión no es contrastar cualitativo y no cualitativo, sino cómo abordar el mundo educativo. Para lo artístico es para lo que debemos volver, no como una renuncia a lo científico, sino porque con ambos podemos alcanzar una visión binocular" (p. 9).

En relación con el registro de información durante el trabajo de campo, se utilizaron diferentes formas técnicas: el empleo de una encuesta, el uso de protocolos escritos y las entrevistas. En el procesamiento se recurrió a la inducción analítica y el análisis de contenido de las producciones escritas de los estudiantes.

3.2 Fases de la investigación

Desde la perspectiva presentada en el apartado anterior, la investigación se organizó en tres fases. A continuación se explicitan los lineamientos correspondientes a cada fase.

3.2.1 Primera fase: caracterización de las prácticas de apropiación y uso de las actuales tecnologías, en particular, del ordenador

Consistió en una investigación exploratoria, de carácter diagnóstico, con un perfil cuantitativo, orientada por los siguientes objetivos generales:

- Conocer las condiciones personales, objetivas y subjetivas, de los estudiantes que acceden al primer año del ciclo básico universitario de las carreras de Ingeniería en relación con las actuales tecnologías de la información y la comunicación.
- Conocer acerca de sus prácticas de apropiación y uso del ordenador tanto en la vida cotidiana como en el ámbito escolar.

De los mismos, se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- Indagar acerca del uso y significado que tienen las actuales tecnologías comunicacionales en general -Internet, teléfono móvil, cajero automático, ordenador- para los estudiantes.
- Identificar las habilidades adquiridas durante la etapa escolar previa a la universitaria en relación con el acceso, manejo y uso del ordenador.
- Reconocer la importancia que los estudiantes conceden a la incorporación del recurso informático en el nivel universitario.

• Características de la muestra

En la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina se desarrollan las carreras de

Ingeniero Mecánico, Industrial, Civil, Electrónico y Electricista. Anualmente ingresan a las mismas aproximadamente 800 estudiantes, que proceden tanto de la ciudad de Rosario como de otras localidades, presentando diferentes características de formación previa.

Las carreras poseen un ciclo básico común en el que se desarrollan contenidos de Matemática, Física, Química y Sistemas de Representación. En el primer año del ciclo básico los estudiantes, distribuidos en comisiones, asisten a un taller² de nivelación -Introducción a la Física- que se dicta previo a la asignatura Física I. En esta última los estudiantes inician sus prácticas de laboratorio basadas en la resolución de situaciones problemáticas abiertas utilizando recursos informáticos (ordenador asociado a un sistema de adquisición de datos mediante sensores).

En función de los objetivos propuestos, se decidió trabajar con una muestra intencional, pero representativa de la población, integrada por estudiantes cuando cursaban Introducción a la Física. 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,

² El término taller hace referencia a la modalidad de desarrollo de los contenidos teórico-prácticos.

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 compuesta por 140 estudiantes que cursaban Introducción a la Física en el año 2006.

- **Estrategia de recolección de información**

En esta fase se aplicó una encuesta, que se presenta en el Anexo 2, en una clase de Introducción a la Física y en una comisión de cada turno tal como se mencionó anteriormente. Se eligió esta técnica a fin de abarcar un número importante de sujetos en iguales condiciones y tratando de interferir lo menos posible en las actividades de clase que se estaban desarrollando.

El contenido de la encuesta se organizó en función de los siguientes ejes de análisis:

-Acerca de los datos personales de los encuestados. Se recogen algunas características personales (sexo, edad, lugar de procedencia) y datos sobre los estudios previos y actuales (área de formación, carrera en la que está inscripto).

-Acerca de los medios en general. Interesa indagar sobre los medios de comunicación que utilizan, el tiempo que les insume y los programas o temáticas que les interesan (preguntas 1 y 2).

-Acerca de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en general. Interesa investigar sobre la disponibilidad, el acceso y el uso de estos artefactos (preguntas 3, 4 y 5).

-Acerca de los ordenadores. Interesa indagar sobre la disponibilidad, el funcionamiento, el manejo y las tareas relacionadas con el ordenador (preguntas 6 a 11). Además, interesa conocer los usos del mismo en la

escuela (preguntas 12 y 13) y las opiniones de los estudiantes sobre la incorporación del recurso informático en el nivel universitario (pregunta 14).

Una descripción más detallada de la encuesta y su modo de aplicación, se consigna en el apartado 3.3.

- **Procesamiento de la información**

El análisis de los datos relevados se efectuó en dos niveles. En el primer nivel se identificó un conjunto de variables asociadas al contenido de las preguntas de la encuesta y se definieron para cada variable, las modalidades emergentes del procesamiento directo de las respuestas a cada una de las preguntas. El conjunto de modalidades obtenido se constituyó en la base sobre la que se organizó el segundo nivel de análisis que permitió generar descripciones para caracterizar a los estudiantes y detectar condiciones personales, objetivas y subjetivas, respecto del ordenador.

Primer nivel de análisis

En el capítulo 4 se detallan las variables asociadas al contenido de las preguntas y las modalidades resultantes. Se indican los ejes de análisis a los cuales corresponden. Se procedió a la organización de la matriz de datos, transfiriendo a este formato la información de las encuestas a los estudiantes.

Segundo nivel de análisis

En base a las modalidades asociadas a los ejes de análisis: *acerca de los datos personales de los encuestados* (sexo, edad, lugar de procedencia, estudios previos y carrera en la que se inscribieron); *acerca de los medios en general* (preguntas 1 y 2) y *acerca de las actuales tecnologías de la*

información y la comunicación en general (preguntas 3, 4 y 5) se efectuó la descripción de los rasgos generales de los estudiantes.

Las condiciones personales objetivas y subjetivas de los estudiantes, que permitieron desarrollar un análisis exhaustivo sobre su posicionamiento respecto al uso del ordenador, resultaron de las modalidades asociadas al eje de análisis *acerca de los ordenadores*. A continuación se detallan los aspectos específicos considerados en la delimitación de las mencionadas condiciones:

-*Condiciones personales objetivas*. Atienden aspectos tales como: habilidad en el manejo operativo, disponibilidad de un ordenador en su casa y la antigüedad del mismo, conocimiento respecto a las características técnicas y frecuencia de uso del ordenador (preguntas 6, 7, 8 y 10).

-*Condiciones subjetivas*. Atiende a las prácticas de apropiación y uso. Para la construcción del concepto de apropiación se tuvieron en cuenta criterios específicos emergentes de aportes teóricos.

a- Apropiación

Silverstone (1996) se refiere a la apropiación como uno de los momentos del consumo cultural. Considera que un objeto (en nuestro caso, el ordenador) está predicado, para un sujeto, por ciertos significados a través de los discursos que sobre ese objeto circulan socialmente (principalmente de la publicidad), pero al mismo tiempo por aquellos significados que les ha asignado por la influencia de las ideas y creencias de sus padres y por la cultura en la que está inserto, quienes le indicaron o le indican cuáles son los deseos que debe satisfacer, susceptibles de ser complacidos con ciertos objetos.

En esta bisagra entre significados propios y atribuidos por los otros, entre deseos satisfechos y frustración frente a la realidad del objeto, se da la posibilidad de que el individuo devenga de consumidor de

mercancías en sujeto creador de los objetos que posee. Ésta es justamente la esencia del momento de la apropiación, en el que un objeto abandona el circuito formal de intercambio (el mercado) para ser propiedad de alguien, para entrar a formar parte de la economía moral, la economía del valor simbólico que tiene el objeto para el sujeto, del significado atribuido al objeto por el sujeto. Este significado se expresa en el mayor o menor grado de libertad, creatividad e intensidad en el uso del objeto.

Desde este punto de vista, se convirtieron en indicadores de la apropiación del ordenador por parte de los estudiantes: la propiedad del ordenador, el conocimiento respecto a las unidades básicas del mismo y el uso doméstico del ordenador (preguntas 7 a 11).

b- Uso

A los efectos de la presente investigación, hemos distinguido dos tipos de uso del ordenador, de acuerdo al contexto y la finalidad del mismo.

Uso doméstico: se refiere al uso del ordenador en los momentos, espacios y actividades no relacionadas con el contexto escolar (preguntas 8, 9 y 11).

Uso escolar o académico: atiende a la frecuencia de uso, a las asignaturas que les demandaron alguna actividad con el ordenador y al tipo de actividad realizada (preguntas 12 y 13).

Finalmente, las modalidades emergentes de la pregunta 14 de la encuesta permitieron detectar la relevancia que los estudiantes que ingresan a las carreras de Ingeniería de la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina, le asignan a la incorporación del ordenador en el aula universitaria.

Se efectuó un estudio de frecuencias porcentuales por variable y con el objeto de detectar las posibles relaciones entre las modalidades se recurrió

al análisis multidimensional de datos (AMD). Específicamente, el procesamiento se efectuó utilizando el paquete estadístico SPAD (CISIA, 1998).

El AMD permite estudiar la estructura de la información contenida en la correspondiente matriz de datos mediante dos familias de métodos: los *factoriales*, que dan cuenta de las asociaciones entre individuos y variables y los *de clasificación* que producen agrupamientos (clusters) de individuos con características semejantes (Moscoloni, 2005). El AMD permite condensar la información contenida en la matriz de datos original operando una reducción de la dimensionalidad del problema a un conjunto de factores representativos para la interpretación de la distribución de los datos. Con un enfoque más inductivo que deductivo, busca estudiar la estructura de los datos y la interpretación de resultados se hace en el terreno de lo real, generando una clasificación de individuos con las características de los propios sujetos, más que de un comportamiento medio o sujeto abstracto. Permite obtener así una clasificación de los sujetos en función de sus afinidades. Cada clase está compuesta por un conjunto de individuos, caracterizados por las modalidades de las variables más representativas. Entre los individuos componentes de las clases quedan identificados aquéllos cuyas características se corresponden fuertemente con las del valor medio de la clase. Tales individuos se denominan los parangones de la clase y son los sujetos reales representativos de ella.

3.2.2 Segunda fase: reconocimiento de representaciones sobre el uso y función de un sistema informático

Con la intención de aproximar respuestas a una de las preguntas ejes de la tesis: *¿qué características deben tener las prácticas de laboratorio correspondientes a los programas de Física del primer curso universitario en carreras de Ingeniería para evitar el uso del ordenador como una "caja*

negra” que entrega productos acabados?, la investigación estuvo orientada por los siguientes objetivos generales:

-Indagar sobre las condiciones necesarias para un uso eficiente del ordenador en las prácticas de laboratorio estructuradas en torno a situaciones problemáticas abiertas.

-Identificar cuál es el alcance y las perspectivas que tiene la incorporación del ordenador en el aprendizaje de la Física.

De los mismos, se desprenden los siguientes objetivos específicos:

-Reconocer los posibles modelos mentales que construyen los estudiantes sobre los distintos componentes de un sistema informático para adquisición de datos en tiempo real y sobre las relaciones entre ellos.

-Identificar las diferencias y semejanzas que establecen los estudiantes entre los instrumentos de medición tradicionales y un sistema informático para adquisición de datos en tiempo real.

-Reconocer aportes, dificultades y limitaciones que devienen de la incorporación de un sistema informático en las prácticas de laboratorio.

En esta fase, la investigación, básicamente cualitativa, se desarrolló con un perfil interpretativo, si bien se recurrió a señalar algunas frecuencias porcentuales a fin de conocer tendencias en el desempeño de los estudiantes pero sin tener ninguna pretensión predictiva.

• **Características de la muestra**

Se trabajó con 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, Argentina. Si bien en la conformación de la muestra se apeló a los mismos criterios que los adoptados en la primera fase de la investigación, los sujetos

correspondían a otra cohorte (correspondiente al año 2007). Esto fue debido a que por tratarse de una práctica experimental que se implementaba por primera vez, se consideró conveniente someter la propuesta a un análisis crítico por parte de los docentes de la asignatura que tendrían a su cargo el desarrollo de la misma. Se realizó un seminario interno del que participaron 9 docentes. La actividad experimental fue valorada como positiva y las opiniones brindadas se constituyeron en un aporte fundamental en la tarea de ajuste de la propuesta.

Una vez ajustada, la actividad experimental se aplicó en el marco de las prácticas que se realizan en el laboratorio. En función de los resultados del estudio diagnóstico efectuado en la fase I se consideró como factible que la mayoría de los estudiantes no contasen con experiencia previa sobre el uso y funcionamiento de un sistema informático. Por ello, se sugirió a los docentes iniciar la sesión con una breve presentación tanto de los elementos que conforman un sistema informático como la relación que existe entre ellos, su uso y función.

La muestra consistió en 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, interfaz y ordenador 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.

- **Estrategia de recolección de información**

En esta fase se tomaron como registro, los informes escritos elaborados por los estudiantes como resultado de un trabajo práctico realizado con el fin de familiarizarlos con los elementos que conforman un sistema informático de experimentación en tiempo real y con los principios tecnológicos que regulan su funcionamiento. Las memorias escritas actuaron como protocolos para analizar el desarrollo de la estructura conceptual y de los procedimientos ejecutados durante la actividad experimental. La actividad de laboratorio, cuya guía se presenta en el Anexo 3, se diseñó específicamente para el desarrollo de esta fase. Es importante destacar que la misma continúa implementándose en el marco de las prácticas de laboratorio de la asignatura Física I.

Estructura de la guía de laboratorio

Se trata de una guía semi-estructurada en la cual se tiene en cuenta la necesidad de que el trabajo experimental que realizan los estudiantes se oriente hacia la producción de conocimientos y/o la reflexión sobre los mismos y no simplemente el de seguir mecánicamente unas pautas preestablecidas.

En consecuencia, se plantean actividades en forma de cuestiones o interrogantes para orientar sus acciones hacia la construcción de un modelo mental de un sistema informático, de los diferentes elementos que lo conforman y de las relaciones entre ellos, de su uso y función sin que esto implique, necesariamente, conocer los fundamentos teóricos de su funcionamiento físico o técnico.

En la guía se prevén espacios en blanco en los cuales los alumnos pueden expresar por escrito sus concepciones acerca de lo que están observando. Estas primeras ideas se constituyen en puentes cognitivos (Ausubel et al., 1983) que favorecen la aplicación de las distintas potencialidades u

opciones del sistema informático en la resolución de situaciones experimentales. Se aspira a que los estudiantes, trabajando en grupos, interactúen dialógicamente entre ellos y con el docente en el curso de las actividades de modo de potenciar la internalización de conocimientos y de habilidades cognitivas asociadas con el uso de los instrumentos (Vygotsky, 1995) y mejorar significativamente el nivel de comprensión del fenómeno en estudio en un ir y venir entre las percepciones, las actividades concretas controladas, la modelización y la generalización para explicar lo que se observa.

Desde esta perspectiva, se trabajó en torno a los siguientes ejes:

- 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.

Intenciones didácticas

Con el objeto de convertir las características esenciales de la situación experimental considerada en objeto directo de las acciones cognitivas de los estudiantes, se plantean las siguientes intenciones didácticas de acuerdo a los ejes de trabajo propuestos (Yanitelli et al., 2007). En las Figuras 3.1, 3.2 y 3.3 se han incorporado segmentos de la guía de laboratorio que muestran las consignas que se han utilizado para reflejar las intenciones didácticas.

En el Figura 3.1 se transcribe el segmento de la guía que está relacionado con el eje de trabajo I: *Identificar los distintos componentes que integran*

un sistema informático y las relaciones entre ellos. 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.

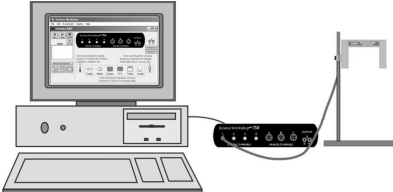


Figura 1. Sistema informático

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.
.....

Figura 3.1 Segmento de la guía de laboratorio asociado al eje de trabajo I. (Las líneas punteadas en los cuadros sustituyen los espacios en blanco previstos en la guía).

La consigna indicada con el número 1 está asociada a la acción de "identificar". Durante la misma se espera que el estudiante desarrolle la siguiente sucesión de procesos parciales:

- Disociar el sistema informático en sus elementos constitutivos.
- Reconocer la función específica de cada uno de ellos.
- Integrar los elementos a partir de establecer relaciones entre ellos a fin de conformar un sistema.

La consigna identificada con el número 2 demanda explicitar no sólo la gama de situaciones experimentales en las que es conveniente utilizar sensores para recoger datos sino también, las condiciones bajo las cuales se hace uso de los mismos. Se espera que los estudiantes expliciten las correspondencias siguientes:

Situación → hecho observable

Condiciones → características de las variables relevantes intervinientes.

En la Figura 3.2 se presenta el segmento de la guía que está vinculado con el eje de trabajo II: *Profundizar sobre sensores, en particular sobre las características relevantes, uso y función de las puertas fotoeléctricas.*

Como se puede observar, se incluye una información básica mínima sobre las puertas fotoeléctricas a partir de la cual se construirán las primeras ideas acerca de sus características relevantes. Se recupera el concepto de “testigo” como elemento que traduce una variable física no observable en un registro perceptual, dando cuenta de las variaciones registradas en el primero.

La acción “describir” el procedimiento para visualizar en la pantalla del ordenador el registro de intervalos de tiempo, supone poner en juego habilidades cognitivo-lingüísticas que demandan:

- Identificar los elementos relevantes que intervienen.
- Seleccionar las propiedades más significativas de los mismos y en un cierto orden o sistemática.
- Especificar la forma en que funcionan.
- Establecer una secuencia temporal.

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.

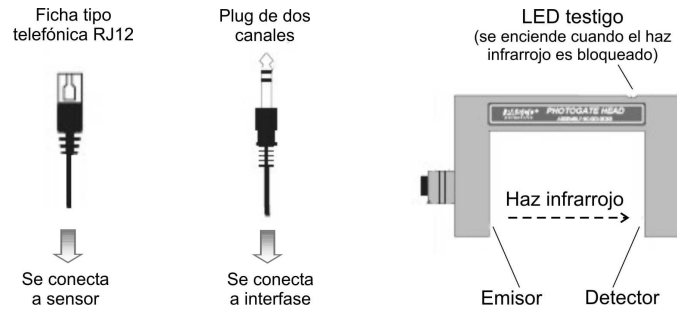


Figura 2. Sensor óptico

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 del ordenador 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.

.....

Figura 3.2 Segmento de la guía de laboratorio asociado al eje de trabajo II.

La lectura de las cantidades de las magnitudes medidas -tiempo y diámetro- activa contenidos teóricos, introducidos en trabajos de laboratorio previos, asociados a los conceptos de valor representativo, incerteza experimental, cifras significativas, valor estimado, etc. El uso del lenguaje matemático en la comunicación del resultado de la medición introduce una simbología específica y un mayor nivel de abstracción conceptual.

La acción "explicar" por qué en algunos casos no es posible medir el tiempo cuando se hace pasar lentamente un delgado alambre de cobre a través del haz infrarrojo del sensor, requiere elaborar un razonamiento deductivo que incluye regularidades (el sensor no detecta longitudes < 1 mm) e involucra entidades o propiedades que son escrutables (resolución espacial del sensor).

La acción "sintetizar" las ideas relevantes sobre cómo trabaja un sensor y sobre su relación con los demás componentes del sistema informático, demanda combinar creativamente la información necesaria y suficiente para formar un todo original.

En la Figura 3.3 se consigna el segmento de la guía asociado al eje de trabajo III: *Comparar la función, precisión y sensibilidad de un instrumento tradicional y las de un sistema informático.*

El uso de un sistema informático como instrumento de medición puede llevar a los estudiantes a asignarles funciones especiales que no tienen, por lo que es necesario programar actividades que permitan "comparar" la función, la precisión y la sensibilidad de un instrumento tradicional, en nuestro caso un cronómetro, con la de un sistema informático adaptado para la medición del tiempo.

A continuación, te proponemos profundizar sobre las características de los sensores a partir de la comparación entre la medición del período de oscilación de un péndulo simple efectuada con un cronómetro y la efectuada utilizando un sistema informático.

- Medición del período del péndulo con un cronómetro

Describe, detalladamente, el procedimiento para efectuar dicha medición. Te sugerimos tener en cuenta las siguientes consignas:

- Indica la apreciación del cronómetro.
- Explicita qué posición del péndulo tomarás como referencia para la medición del período.
- Evalúa la posibilidad de medir el tiempo de "n" oscilaciones completas en lugar de medir el tiempo de una oscilación completa. Fundamenta tu elección.
- Indica cómo incide el tiempo de reacción del observador en la determinación de la incerteza de la medición.

Procedimiento
.....

Resultado de la medición.

- Medición del período del péndulo utilizando un sistema informático

Selecciona de la lista con los tipos de sensores existentes el que te permitirá medir el período de oscilación del péndulo.

Explica cómo funciona el sensor para medir el período. Para ello, te sugerimos:

- Incluye un esquema del dispositivo indicando cómo está posicionado el sensor para efectuar la medición.
- Establece en qué posición del péndulo comienza el conteo del tiempo.
- Indica si es posible registrar el tiempo de más de una oscilación completa.
- Estima la incerteza de la medición. Fundamenta el criterio adoptado.

Funcionamiento del sensor.
.....

Valores registrados del período.
.....

Dado que la medición con sensor permite obtener más de un registro del tiempo de una oscilación completa del péndulo, ¿qué puede inferir de la información obtenida? ¿te parece necesario tener en cuenta el tiempo de más de una oscilación completa para obtener el período del péndulo como en el caso de la medición con el cronómetro? ¿por qué? ¿difieren entre sí los valores de tiempo registrados para cada oscilación completa? ¿a qué atribuye esta diferencia?

Síntesis de las respuestas.
.....

Resultado de la medición.
.....

Reflexiona sobre las mediciones efectuadas con cronómetro y con el sistema informático y establece semejanzas y diferencias entre ellas.
.....

Figura 3.3 Segmento de la guía de laboratorio asociado al eje de trabajo III.

Para ello, se seleccionó la actividad "Medición del período de oscilación de un péndulo", la cual presenta un montaje experimental sencillo. Además la medición con cronómetro del período de un péndulo es familiar para los estudiantes, dado que la mayoría de ellos la ha efectuado en el taller de nivelación Introducción a la Física.

La acción de "comparar" implica centrar la atención en dos o más objetos (cronómetro – sistema informático) para descubrir sus diferencias y semejanzas. Esto supone:

- Distinguir instrumentos en función de sus especificaciones.
- Analizar funcionalmente tales instrumentos.
- Construir criterios de comparación.
- Evaluar la calidad de las mediciones (precisión, exactitud, etc.).
- Reflexionar sobre las semejanzas y diferencias detectadas.

• **Procesamiento de la información**

El análisis de los informes escritos elaborados como resultado de la actividad experimental realizada, 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 del ordenador.
- 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.

El modelo de análisis de contenido desarrollado está basado en el reconocimiento de características relevantes como indicadores asociables a las representaciones que ponen en juego los estudiantes frente a la solución de una situación problemática experimental (Vallés, 1997; Quivy y Van Campenhoudt, 1998).

Los procesos de codificación y de categorización se constituyeron en las operaciones centrales durante las etapas de transformación y de reducción de los datos textuales y en el establecimiento de relaciones que permitieron generar teoría.

Las categorías teóricas concebidas como analíticas y conceptuales se fijaron a priori previéndose la incorporación de otras en el curso de la investigación. Las mismas englobaron información diversa pero con cierta afinidad y denominador común. Las modalidades conceptuales, concebidas éstas como aspectos significativos de las categorías, resultaron como emergentes del procesamiento de datos.

Desde esta perspectiva, las representaciones activadas, entendidas como modelos mentales, constituyen modelos de trabajo que los estudiantes construyen para efectuar acciones tales como describir, explicar y comparar.

Las categorías teóricas utilizadas para el análisis de las producciones escritas de los estudiantes son las siguientes:

- Dispositivo simbólico. Atiende a los modos de representación del sistema informático al disociar el mismo en sus elementos constitutivos; a las propiedades asociadas explícitamente al reconocer la función específica de cada uno de ellos; al nivel de abstracción de la representación al integrar los elementos a partir de establecer relaciones entre ellos a fin de

conformar un sistema y a los recursos a los que se apela para otorgarle significado.

En esta categoría se buscaron indicadores de diferenciaciones progresivas y de reconciliaciones integradoras efectuadas por los estudiantes y asociadas a los elementos constituyentes del dispositivo informático, sus funciones y relaciones, siguiendo los lineamientos teóricos del Aprendizaje Significativo presentados en el apartado 2.2.1. Específicamente se adoptaron como indicadores las referencias explícitas, en las producciones escritas de los estudiantes, de expresiones que den cuenta de los modelos mentales subyacentes de acuerdo con la teoría de Johnson-Laird consignada en el apartado 2.2.2. En función de las semejanzas y diferencias entre ellos, se identificaron los niveles de representación alcanzados.

El estudio se realizó sobre la actividad consignada con el número 1 en el segmento de la guía de laboratorio mostrado en la Figura 3.1, en forma individual sobre cada protocolo.

- Instrumento de medición. Considera el nivel de análisis efectuado por los estudiantes al explicitar la gama de situaciones experimentales en las que es conveniente utilizar sensores para recoger datos; el tratamiento de las condiciones bajo las cuales se hace uso de los sensores lo cual significa hacer explícitas las correspondencias: situación física → hecho observable y condiciones → características de las variables físicas relevantes intervinientes; y el nivel de abstracción de la representación del sensor como instrumento de medición.

El estudio se efectuó sobre la actividad indicada con el número 2 en el segmento de la guía de laboratorio mostrado en la Figura 3.1 y el conjunto de actividades incluidas en la Figura 3.2. Dicho 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 como instrumento de medición. Se

adoptaron como indicadores las proposiciones consignadas en sus producciones escritas que sugieren los modelos mentales construidos en relación con el sensor como instrumento de medición, de acuerdo con la teoría de Johnson-Laird consignada en el apartado 2.2.2. Además, se tuvieron en cuenta aquellos indicadores que señalan su carácter de instrumento mediador del aprendizaje atendiendo a la teoría de la Mediación de Vygotsky presentada en el apartado 2.2.3.

- Comparación entre instrumentos de medición. Atiende al nivel de construcción de los criterios de comparación y al nivel de comprensión alcanzado a partir de distinguir las especificaciones y analizar funcionalmente tales instrumentos y de evaluar la calidad de las mediciones efectuadas para detectar sus diferencias y semejanzas.

El estudio se desarrolló analizando, en forma individual, las producciones de los grupos relativas al segmento de la guía asociado a la comparación entre instrumentos de medición que se presentó en la Figura 3.3. En esta categoría se buscaron indicadores vinculados tanto a las semejanzas como a las diferencias a partir de las cuales los grupos organizaron el proceso de comparación entre un instrumento tradicional, en nuestro caso un cronómetro, y el sistema informático. Atendiendo a los aspectos comunes puestos en juego al efectuar dicha comparación se identificaron distintas clases con características diferenciadas. En función de los resultados obtenidos se indagó, en profundidad mediante entrevistas, sobre la posible evolución de la estructura interna del modelo mental del sistema informático consensuado por los integrantes de uno de los grupos desde el inicio de la actividad experimental, en base a la teoría de Johnson-Laird presentada en el apartado 2.2.2.

- Regulación de la tarea. De acuerdo a las consideraciones teóricas consignadas en el apartado 2.5.2, esta categoría atiende las argumentaciones que hacen explícitas los estudiantes en cuanto al significado que le asignan al sistema informático en la realización de

experimentos, a las dificultades que se pueden presentar y a los aportes y limitaciones que devienen de sustituir los registros directos de un sujeto por las señales registradas por un sensor, transformadas mediante un interfaz y que el ordenador puede leer, almacenar y procesar.

El estudio se realizó sobre las producciones escritas de los grupos correspondientes a los segmentos de la guía donde se les solicita que:

- expliciten en qué situaciones y condiciones se utilizan sensores para recoger datos experimentales (indicado con el número 2 en la Figura 3.1),
- sinteticen las ideas relevantes sobre cómo trabaja un sensor y sobre su relación con los demás componentes del sistema informático (última consigna en la Figura 3.2) y
- reflexionen sobre los alcances de las mediciones efectuadas con sensores (preguntas propuestas en la Figura 3.3).

En el capítulo 5 (apartado 5.3) se indican en forma detallada los lineamientos sobre los cuales se organizó el análisis de esta categoría.

3.2.3 Tercera fase: reconocimiento de procesos de razonamiento y de habilidades cognitivas específicas

Con la intención de dar respuestas a las preguntas de la tesis: *¿en qué medida y de qué modo el uso de los recursos informáticos en las prácticas de laboratorio, planteadas como investigaciones orientadas, pueden iniciar y consolidar la construcción de los conocimientos? ¿Cuáles son los elementos de esa construcción que sostienen?*, la investigación estuvo orientada por los siguientes objetivos generales:

- Explorar las formas en que los estudiantes re-estructuran los conocimientos de nivel concreto en el plano hipotético-deductivo; las ideas que desarrollan y los niveles de simbolización y abstracción que

alcanzan cuando resuelven situaciones experimentales asistidas por ordenador.

-Reconocer las habilidades cognitivas específicas que devienen del uso de un sistema informático en las prácticas de laboratorio.

De los mismos, se desprenden los objetivos específicos siguientes:

-Identificar el nivel de conceptualización alcanzado en el estudio de los movimientos de rotación y traslación de cuerpos reales y, en particular, en el tratamiento del momento de inercia de los cuerpos en rotación.

-Conocer los procedimientos disciplinares a los que se apelan durante el desarrollo de la actividad experimental.

-Detectar los procedimientos que derivan específicamente del uso de un sistema informático de adquisición de datos en tiempo real.

La indagación se desarrolló con la perspectiva interpretativa de los estudios de caso (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2008). El caso en sí mismo se considera importante por lo que puede revelar acerca de dicho fenómeno, ya sea, dando lugar al descubrimiento de nuevos significados, ampliando la experiencia del investigador o confirmando lo que ya conoce. Un estudio de caso presenta en líneas generales las siguientes características:

-es particularista, es decir que el caso en sí mismo es importante por lo que puede revelar acerca del fenómeno,

-es descriptivo, por cuanto el producto final de un estudio de caso es una descripción completa literal del incidente o entidad a investigar,

-es heurístico, por cuanto iluminan la comprensión del fenómeno objeto de estudio y puede dar lugar al descubrimiento de nuevos significados,

-es inductivo, por cuanto las generalizaciones surgen de un examen de los datos mismos, quedando a su vez limitadas a los casos estudiados.

- **Características de la muestra**

Se trabajó, en el mismo cuatrimestre del año 2007, con una de las comisiones de Física I que participaron en la segunda fase de la investigación dado que, en esta etapa, interesaba desarrollar un estudio en profundidad de las actuaciones de los estudiantes. En la selección se tuvo en cuenta que los mismos dispusieran de tiempo extra a los horarios de clase además de una notoria predisposición para participar en la investigación. La relevancia otorgada a estos aspectos se debió a que una de las instancias previstas en el desarrollo de esta fase, eran las entrevistas a los grupos de trabajo en las que se esperaba que los estudiantes justificaran y argumentaran sobre sus actuaciones e interpretaciones. Por tal motivo, las mismas debían acordarse fuera del horario habitual de clase. Además, se preveía la posibilidad que los grupos participaran de más de una sesión. Si bien, se estimaba no más de dos sesiones, la evolución del trabajo con los grupos indicaría cuándo “es suficiente” (Hernández Sampieri et al., 2008).

Los alumnos distribuidos en 11 grupos de 4 integrantes realizaron la práctica de laboratorio “Estudio de momentos de inercia” después del desarrollo de los contenidos teóricos asociados a la Dinámica de los Cuerpos Rígidos y, paralelamente a la resolución de problemas de lápiz y papel sobre la temática. Como se desprende del párrafo anterior, los estudiantes estaban familiarizados con el uso del ordenador, los dispositivos electrónicos y el programa de gestión en la resolución de una situación problemática experimental. De acuerdo a lo señalado en el apartado anterior cada grupo fue considerado como un caso en el desarrollo del estudio.

- **Estrategia de recolección de información**

En esta fase se tomaron como registro, las memorias escritas elaboradas por los estudiantes como resultado de un trabajo práctico realizado con el fin de profundizar en el estudio de los movimientos de rotación y traslación

de cuerpos reales por asociación con el modelo conceptual de cuerpo rígido y, en particular, reconocer el momento de inercia como una propiedad de los cuerpos en rotación. Para otorgar significado a la actividad experimental y, en particular, a la determinación del momento de inercia de un cuerpo, los estudiantes deben modelar mentalmente de modo adecuado el experimento así como los dispositivos experimentales involucrados. Los informes escritos actuaron como protocolo para analizar dichos modelos mentales a partir de la información recogida, los conceptos y relaciones activadas y los procedimientos ejecutados. En particular se buscaron indicadores de las habilidades cognitivas específicas desarrolladas a partir de la incorporación del sistema informático durante la actividad experimental. El instrumento para el desarrollo de esta fase fue un trabajo práctico (Yanitelli y Rosolio, 2001) que forma parte de las situaciones experimentales propuestas en el programa de la asignatura Física I.

Estructura de la actividad experimental

La Dinámica de los Cuerpos Rígidos ofrece un campo amplio para posicionar los contenidos de Mecánica en el primer curso de Física. Esta unidad temática habitualmente es de difícil aprendizaje para los estudiantes ya que sus contenidos implican: el uso de relaciones vectoriales; el análisis conjunto de distintos movimientos (traslación, rotación, roto-traslación) y la necesidad de operar con magnitudes no familiares en el contexto cotidiano (momento de una fuerza, momento angular, momento de inercia, ejes principales de inercia, etc.).

Una etapa básica consiste, por un lado, en reconocer que la resistencia que un cuerpo presenta a cambiar su movimiento de rotación depende del eje particular sobre el cual está girando, de la forma del cuerpo y de la manera en que está distribuida su masa y, por otro lado, en poder explicar estos aspectos integrando los conceptos y la formalización específica. En este contexto, se consideró adecuado desarrollar la actividad experimental

orientada a la determinación experimental de momentos de inercia a través de un trabajo progresivo iniciado con actividades de anticipación, de acuerdo a los lineamientos teóricos presentados en el apartado 2.4. En las mismas, el estudiante se va familiarizando con la situación experimental a partir de ejemplos sencillos que le permiten explicitar tanto sus esquemas conceptuales construidos en las clases teórico-prácticas como sus concepciones derivadas de experiencias cotidianas.

Para el desarrollo del experimento se dispone de un equipo compuesto por los elementos que se muestran en la Figura 3.4, donde:

- 1 - Disco - Aro
- 2 - Eje vertical con soporte
- 3 - Cuerpo suspendido de masa m
- 4 - Polea y sensor para el estudio del movimiento de rotación
- 5 - Polea y sensor para el estudio del movimiento de traslación
- 6 - Interfaz
- 7 - Ordenador

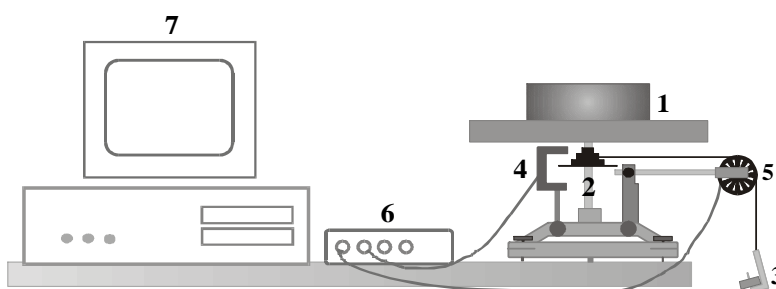


Figura 3.4 Montaje experimental.

Montado el dispositivo experimental, se enrolla una cuerda ligera alrededor del eje vertical (2) de radio r y en su otro extremo se suspende un cuerpo (3) de masa m . Cuando el cuerpo (3) desciende aceleradamente, el eje adquiere una aceleración angular como consecuencia del momento de la fuerza transmitida por la cuerda. Colocando diferentes cuerpos solidarios

con el eje, se observa que la aceleración angular del sistema en rotación cambia. La guía con el programa de actividades propuesto, se presenta en el Anexo 1.

Ejes de trabajo

Desde el punto de vista educativo, el diseño presentado permite organizar el proceso de enseñanza y de aprendizaje en torno a los siguientes ejes de trabajo:

I- Análisis global del experimento y enunciado de las condiciones simplificadoras convenientes. Este eje está orientado a la organización del modelo mental del experimento a partir de la selección de sus elementos básicos (tokens) y de las relaciones entre ellos.

II- Reflexión sobre la incidencia de la fricción en el eje ya que el modelo conceptual aplicado hace referencia a un eje soportado por rodamientos sin fricción (ver Anexo 1). El eje atiende a la revisión del modelo mental que realizan los estudiantes para dar significado al modelo conceptual.

III- Análisis de movimientos en planos no paralelos: descenso del cuerpo (3) y rotación de las poleas (2) y (5) alrededor de ejes perpendiculares entre sí. Este eje considera la ejecución del modelo mental para generar una previsión respecto al comportamiento del sistema físico.

IV- Estudio de la variación temporal de la velocidad y aceleración angular. Procesamiento de gráficas experimentales para la derivación de información relevante para el estudio del momento de inercia:

-Determinación de la precarga necesaria para equilibrar el rozamiento en el eje, es decir, llevar el experimento a una situación cuasi ideal de rozamiento nulo.

- Determinación de la aceleración angular adquirida por el eje cuando se suspende de la cuerda un cuerpo (3) de masa m (Figura 3.5).

El eje tiene en cuenta la posible evolución hacia un modelo mental más potente que articule el cambio temporal de las variables relevantes con el modelo conceptual subyacente.

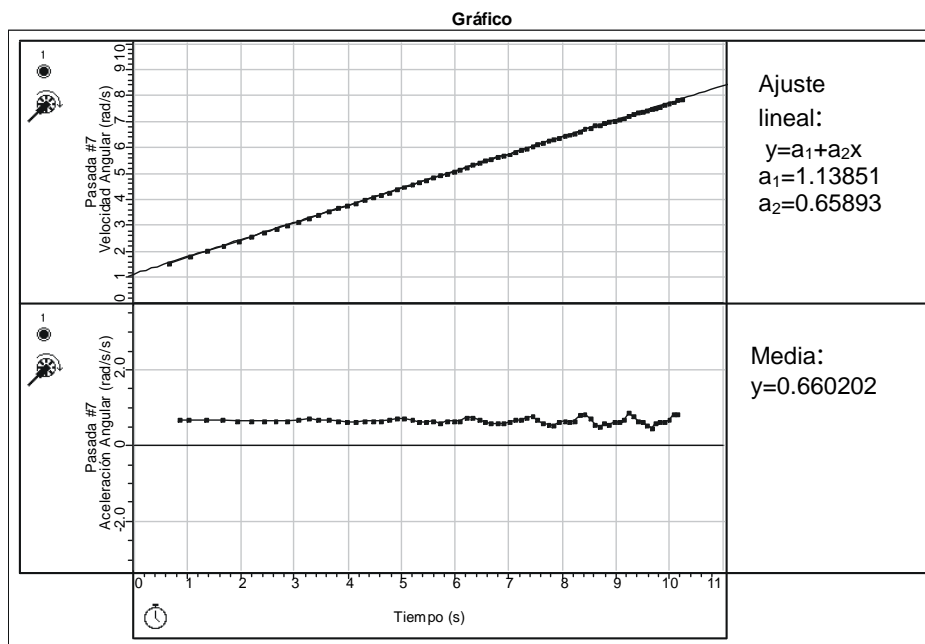


Figura 3.5 Velocidad y aceleración angulares vs tiempo.

- V- Cálculo de los momentos de inercia de un disco en posición horizontal y vertical y de un aro a partir de los datos experimentales adquiridos;
- VI- Cálculo de los momentos de inercia teóricos de dichos cuerpos obtenidos a partir del estudio de su geometría (dimensiones y simetrías);
- VII- Comparación de resultados experimentales y teóricos. Cálculo de porcentajes de discrepancia. Enunciado de conclusiones.

Estos últimos tres ejes atienden a la formación de conclusiones informativas elaboradas a partir de un proceso de combinación de los modelos mentales asociados a las proposiciones iniciales o premisas.

De acuerdo con lo señalado los ejes de trabajo planteados permiten al alumno reflexionar acerca de la información recibida y poner en juego sus modelos mentales, para lograr una asimilación integradora del nuevo conocimiento.

Articulación del análisis teórico y el experimento

En la Figura 3.6 se presentan los nexos que, durante el desarrollo de los ejes de trabajo, se establecen entre el análisis teórico y el experimento (Yanitelli, Rosolio y Massa, 2003).

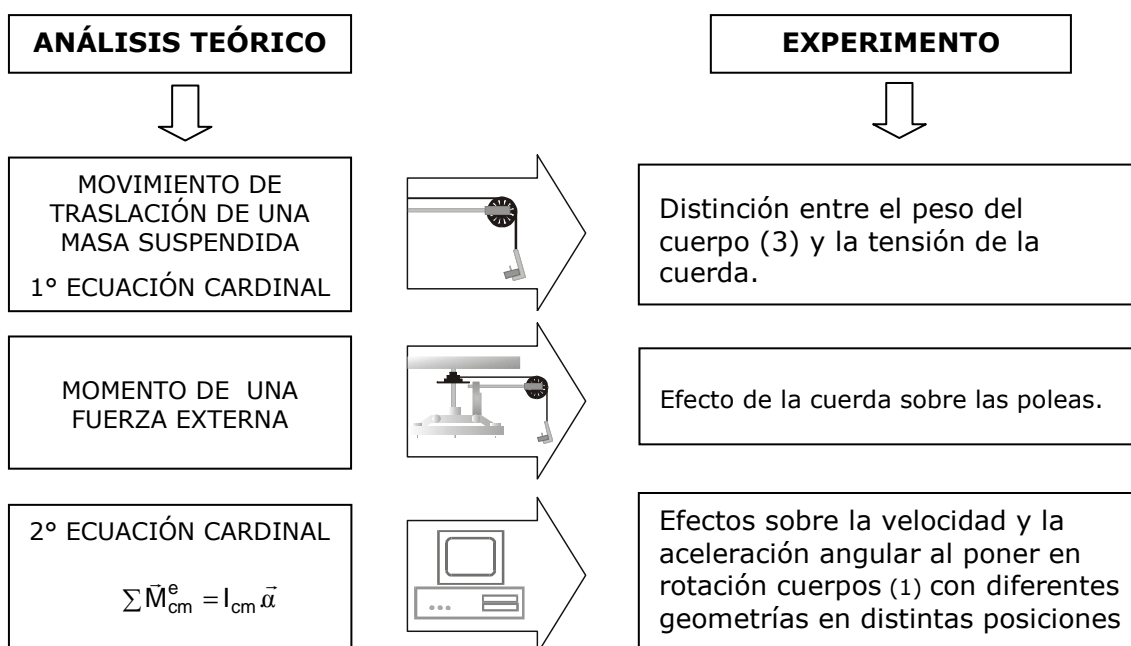


Figura 3.6 Nexos entre el análisis teórico y el experimento.

La mayor precisión en los registros y la posibilidad de contar con gráficas inmediatas a medida que evoluciona el fenómeno es una de las

características más relevantes de los sistemas informáticos para adquisición de datos en tiempo real pues permite relacionar lo concreto -el fenómeno- con lo abstracto -su representación gráfica con diferentes formatos en una pantalla-. Este aspecto está representado en la Figura 3.6 por la relación mostrada que corresponde a la 2ª ecuación cardinal. Como dicha relación está unida a la comprensión del concepto que se estudia, en nuestro caso momento de inercia de un cuerpo, es esencial indagar si los estudiantes la reconocen y la aplican.

En particular, el análisis progresivo de las gráficas obtenidas con el ordenador permite a los estudiantes observar el comportamiento del sistema y construir un primer modelo mental que dé cuenta de la relación entre las variables expresadas en este nivel como ley empírica. Asimismo, al evidenciar el cambio de la velocidad y aceleración angulares en el eje cuando se colocan, solidarios al mismo, diferentes cuerpos o un cuerpo en distintas posiciones, los estudiantes tienen la posibilidad de reconocer el efecto de la distribución de masa alrededor del eje de rotación y diferenciar los conceptos de masa y momento de inercia. De esta forma se pueden evidenciar indicadores del desarrollo de modelos mentales más completos que integren y articulen nuevas relaciones.

Por otra parte, los sistemas informáticos posibilitan el desarrollo de habilidades cognitivas específicas tales como: reconocer elementos informáticos de diferente complejidad, interpretar gráficas diferenciando las zonas de la misma donde se observan comportamientos significativos de las variables para la comprensión del fenómeno en estudio; tomar decisiones durante el ajuste del experimento que se realiza; optimizar el registro de datos entre otras, transformando sus modelos mentales sobre el evento físico en estudio.

Desde esta perspectiva, el sistema informático puede ser entendido como un instrumento mediacional del funcionamiento cognitivo, como sistema de

construcción de significados o de transformación de contenidos culturales (Vygotsky, 1995).

- **Procesamiento de la información**

El análisis de las memorias escritas elaboradas como resultado del trabajo práctico realizado, se organizó atendiendo a las consignas de trabajo que se plantean en la guía de laboratorio y que demandan:

- I- Análisis global del experimento y enunciado de las hipótesis simplificadoras convenientes.
- II- Descripción y análisis de movimientos en planos no paralelos.
- III- Consideración del modelo conceptual asociado.
- IV- Análisis e interpretación de las representaciones gráficas.
- V- Análisis de resultados y enunciado de conclusiones.

En el procesamiento de los datos se siguieron los mismos lineamientos que se adoptaron en la segunda fase de la investigación. Por lo tanto, el análisis de contenido, los procesos de codificación y de categorización se constituyeron en las operaciones centrales en la transformación y reducción de los datos textuales. Las categorías teóricas se fijaron a priori, no obstante se dejó abierta la posibilidad de incorporar otras en el curso de la investigación. Las modalidades conceptuales resultaron del procesamiento de los datos.

La actuación de los estudiantes se analizó utilizando como posibles categorías teóricas de análisis las siguientes:

- Modelización. Atiende a las argumentaciones que se explicitan para establecer una correspondencia entre las propiedades del modelo conceptual aplicado y las propiedades del sistema real, ya que en la modelización sólo se tienen en cuenta las características esenciales de la situación prescindiendo de los aspectos secundarios que intervienen en

ésta. El objeto real se sustituye por uno ideal con propiedades rigurosamente fijadas y sujeto a relaciones descritas en términos lógico-matemáticos. Se buscan evidencias de los modelos mentales construidos por los estudiantes que les permiten otorgar significado científico, es decir desde el marco teórico que se va construyendo en la asignatura Física I, al modelo conceptual aplicado.

- Espacio Conceptual. Atiende al análisis conceptual desarrollado a partir de la identificación de los conceptos físicos involucrados, las relaciones que se establecen entre los mismos y la aplicación de leyes y principios físicos. La comprensión teórica apropiada asociada a la tarea experimental en cuestión orienta las observaciones; es la teoría la que determina qué y cómo hay que observar y cómo interpretar los resultados obtenidos (Hodson, 1994; Barberá y Valdés Castro, 1996).

- Espacio Procedimental. Se refiere a los procedimientos disciplinares tales como interpretar, planificar y descomponer una situación problemática; plantear hipótesis; seleccionar, clasificar y tratar los datos experimentales; analizar e interpretar las representaciones gráficas; elaborar explicaciones provisionarias; reflexionar críticamente con los pares sobre los contenidos, métodos utilizados y resultados obtenidos; formular nuevas preguntas; etc. Durante esta actividad se amplían y re-estructuran los conocimientos elevándolos a niveles superiores de abstracción y generalización.

- Habilidades cognitivas específicas asociadas al sistema informático. Atiende a las habilidades que devienen de la selección de elementos informáticos de diferente complejidad y del programa de gestión para el tratamiento de los experimentos; la toma de decisiones durante los procesos de recolección, análisis y transformación de datos; la construcción y reconstrucción de procedimientos en busca del más satisfactorio en función de una meta; etc. Siguiendo los lineamientos teóricos expuestos en el apartado 2.3, se buscan indicadores de modelos mentales que resultan de establecer relaciones fundamentadas con estatus científico.

En el capítulo 6 se indican en forma detallada las modalidades que emergieron del análisis de las producciones escritas de los estudiantes y de las entrevistas realizadas. También se señalan los lineamientos sobre los cuales se organizó el análisis de las categorías teóricas correspondientes a esta fase de la investigación. En función de las semejanzas y diferencias reconocidas se elaboraron redes que dan cuenta de las relaciones y articulaciones entre: la organización de referencias (involucrando elementos básicos -tokens- y relaciones entre ellos), los conceptos activados que otorgan significado a la actividad experimental, las habilidades cognitivas específicas asociadas al sistema informático y la evolución de posibles modelos mentales que permiten la derivación de conclusiones y fundamentaciones.

3.3 Técnicas e instrumentos aplicados

Atendiendo a las distintas fases de la investigación descritas en el apartado anterior, se recurrió a diferentes instrumentos, que se presentan y detallan a continuación:

- **Encuesta**

Este instrumento (ver Anexo 2) permitió recoger información relacionada con la familiarización de los estudiantes con las actuales tecnologías de la información y la comunicación y, en particular, con el ordenador; explorar las posibles diferencias de uso y sondear sus opiniones sobre la introducción del recurso informático en el aula universitaria.

La encuesta se estructuró con preguntas tanto cerradas como abiertas y se adecuó la extensión del cuestionario de modo de recoger información variada y recibir aportes de opiniones personales de los estudiantes, en un tiempo previsto de treinta minutos aproximadamente. La misma se aplicó en forma directa por medio de un cuestionario impreso al promediar la

mitad del tiempo destinado a la clase. No hubo aviso previo y se procedió con la correspondiente autorización de los docentes a cargo del taller. En la presentación se comunicó:

- el propósito de obtener este registro como parte de una investigación en enseñanza de la Física,
- el carácter voluntario y anónimo de participación,
- la independencia de la encuesta de cualquier otra instancia de evaluación del curso de Introducción a la Física.

Merece destacarse que los docentes a cargo de cada comisión de estudiantes colaboraron activamente en la distribución y recolección de la encuesta a la vez que controlaron que las respuestas se realizaran en forma individual.

Descripción de la encuesta

La encuesta se organizó con una estructura basada, fundamentalmente, en preguntas cerradas (preguntas 1 a 9, 11 y 13) ya que permiten un procesamiento estadístico directo facilitando la interpretación, tratamiento y análisis de las respuestas obtenidas. Sin embargo, no se ha querido renunciar a la versatilidad y riqueza de las cuestiones abiertas. Es por esta razón que se han incluido tres de ellas (preguntas 10, 12, 14).

En las cuestiones donde el encuestado debe seleccionar entre distintas alternativas ofrecidas (preguntas 1 a 4, 9 y 13), se incluyó la posibilidad de consignar elementos no previstos a través de la opción Otros, requiriendo la especificación de los mismos.

La encuesta se diseñó de forma que el estudiante la perciba más como un estudio sobre su familiarización con las actuales tecnologías de la comunicación y la información que como un análisis exclusivo sobre el uso del ordenador, si bien interesaba conocer y caracterizar sus prácticas de apropiación y uso con éste último.

En relación con el contenido, se recogen algunas características personales (sexo, edad, lugar de procedencia) y datos sobre los estudios previos, en particular, área de formación. Las preguntas 1 y 2 están relacionadas con el uso de los medios en general, el tiempo que les destinan y los programas o temáticas que les interesan. Las preguntas 3, 4 y 5 están asociadas a la disponibilidad, el acceso y el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en general. Las preguntas 6 a 11 se refieren a la disponibilidad, el funcionamiento, el manejo y las tareas relacionadas con el ordenador. Para conocer los usos específicos del ordenador durante el ciclo escolar se incluyeron las preguntas 12 y 13. Finalmente, la pregunta 14 permitió indagar sobre las opiniones de los estudiantes con respecto a la incorporación del recurso informático en el nivel universitario.

- **Observaciones**

Interesó registrar la tarea desarrollada por los estudiantes en el ámbito del laboratorio durante el desarrollo de los trabajos prácticos implicados en las fases 2 y 3. Se observaron las actividades que los grupos de trabajo llevaron a cabo durante la resolución de las situaciones experimentales asistidas por un sistema informático registrando la participación de los estudiantes en las distintas tareas, las acciones, los comentarios emergentes, los acuerdos, las posibles discusiones y reflexiones que se originaron. En particular se proporcionó especial atención a las tareas que involucraban al dispositivo informático.

Se adoptó un carácter participativo activo durante la observación, asumiendo que este papel permite mayor entendimiento del punto de vista interno. Si bien se acompañó a los estudiantes durante el desarrollo de las actividades experimentales, no se perdió el enfoque como observador. Se contó con la colaboración de otro investigador para tener distintas perspectivas. Los estudiantes estaban informados sobre la presencia de los observadores y que éstos no intervendrían ni en las participaciones del

docente a cargo de la clase ni en las de ellos. Por otra parte, dieron su autorización para la reproducción de las notas de campo.

- **Entrevistas**

Las entrevistas semiestructuradas, con cada uno de los grupos, se plantearon como un diálogo a través del cual se priorizó que fluya el punto de vista único y profundo de los entrevistados. Todos los integrantes del grupo de trabajo participaron en la entrevista. Las mismas se implementaron durante la fase 3 de la investigación y consistieron en la formulación de preguntas sobre los contenidos de la memoria escrita elaborada como resultado de la actividad experimental desarrollada, en relación con:

- el análisis conceptual desarrollado,
- las secuencias establecidas en la realización del experimento,
- los procedimientos ejecutados,
- las reflexiones sobre los resultados obtenidos.

Interesó indagar en profundidad los razonamientos de los estudiantes y seguir el desarrollo de sus argumentaciones. Se solicitó mayor explicación cuando los razonamientos y/o argumentaciones no quedaban suficientemente claros. Las producciones verbales se registraron en grabaciones de audio y se recogieron todos los borradores escritos. Se observaron y anotaron las reacciones, gestos, tonos de voz, énfasis, etc., de los estudiantes.

3.4 Credibilidad y transferibilidad

Para dotar de *credibilidad* al análisis interpretativo de los datos correspondientes a las fases II y III de esta tesis, en los capítulos 5 y 6, se proporcionan detalles específicos relacionados con la perspectiva teórica que

sustenta la investigación realizada, consignando los criterios de selección de los participantes y de los instrumentos de recolección de datos. También se describen los métodos de análisis empleados enriqueciendo la comunicación de los resultados con la incorporación de fragmentos de transcripciones textuales de las producciones escritas elaboradas por los estudiantes junto con comentarios interpretativos.

También se procedió a la triangulación, procedimiento muy difundido para contrastar datos e interpretaciones. En este caso se ha recurrido, primero, a la triangulación de teorías para analizar el conjunto de los datos. La meta no es corroborar los resultados contra estudios previos, sino analizar los mismos datos bajo diferentes enfoques teóricos. Segundo, a la triangulación de investigadores con el fin de obtener mayor riqueza interpretativa y analítica. Tercero, a la triangulación de datos a partir del uso de diferentes instrumentos de recolección de los mismos.

Las descripciones del ambiente, de los participantes, de los momentos de estudio, etc. se efectuaron con amplitud y detalle de modo de favorecer la posible transferibilidad de la investigación a otros contextos. Si bien es muy difícil que los resultados de un estudio cualitativo en particular puedan transferirse a otro contexto, en ciertos casos, pueden proporcionar pautas para tener una idea general del problema estudiado así como la posibilidad de encontrar posibles acuerdos o diferencias en los resultados que permitan enriquecer la comprensión de la problemática en estudio.

3.5 A modo de cierre

La decisión de articular las perspectivas cualitativa y cuantitativa en la investigación desarrollada en esta tesis es producto de asumir una posición que atiende a la riqueza que ofrece la integración de ambas perspectivas en el estudio de un evento.

Si bien el enfoque cualitativo tiene mayor interés en los sistemas teóricos de carácter interpretativo y descriptivo mientras que el enfoque cuantitativo en aquéllos de carácter explicativo y predictivo, ambos enfoques comparten los mismos fenómenos de interés que involucran los mismos núcleos conceptuales -enseñanza, aprendizaje, currículum, medio social y evaluación-. Asimismo, al presentar diferentes dominios epistemológico, conceptual y metodológico, el empleo de ambos enfoques en diferentes tramos de la investigación puede enriquecer el estudio del objeto de interés. Según Firestone (1987), citado por Moreira (2000), los dos enfoques no son diametralmente opuestos, usados separadamente proveen diferentes clases de información que contribuyen a la interpretación de las situaciones que se procuran comprender.

Desde esta posición y con el convencimiento que los problemas educativos deben analizarse de todas las maneras que se presentan como fructíferas, en la fase I de la investigación se optó por un perfil cuantitativo para caracterizar las prácticas de apropiación y las estrategias de uso con las cuales los estudiantes, que ingresan a la universidad, otorgan significado a las actuales tecnologías y, en particular, al ordenador. En las fases II y III se recurrió a un enfoque básicamente cualitativo, con un perfil interpretativo para identificar los posibles modelos mentales que construyen los estudiantes sobre un sistema informático para adquisición de datos en tiempo real (fase II) y para reconocer los procesos de razonamiento y las habilidades cognitivas específicas que devienen del uso de los recursos informáticos en la resolución de situaciones problemáticas experimentales (fase III).

4 RESULTADOS FASE I

"...el peligro no está en el desarrollo insólito de las energías y en la dominación de la técnica, el peligro está primero en el rechazo de ver el cambio de época y de considerar el sentido de ese viraje."

Blanchot, M., 1969

En este capítulo se comunican, analizan y discuten los resultados obtenidos en relación con la primera fase de la investigación asociada a la caracterización de las prácticas de apropiación y estrategias de uso con las cuales los estudiantes, que ingresan a la universidad, otorgan significado a las actuales tecnologías y, en particular, al ordenador.

La incorporación del ordenador en el aula no significa transferencia de tecnología, sino su apropiación, que supone una adaptación al contexto cultural en el que se quiera utilizar. Tal apropiación implica un uso creativo, innovador de los medios, en la conciencia de que sus posibilidades no están predeterminadas sino que dependen del usuario. Esto constituye un aspecto altamente significativo para una formación a futuro de los estudiantes universitarios, en particular en el campo de la Ingeniería, que deben prepararse para dar nuevo sentido a los recursos innovadores en su especialidad.

El capítulo se organizó de acuerdo a los niveles de análisis consignados en el apartado 3.2.1 del capítulo Metodología. Así, en primera instancia se detallan las variables resultantes asociadas al contenido de las preguntas de la encuesta y las modalidades correspondientes a cada variable derivadas

del procesamiento directo de las respuestas a cada una de las preguntas. Se indican los ejes de análisis a los cuales corresponden. A continuación, en base a las modalidades detectadas, se presenta una descripción de los rasgos generales de los estudiantes y de las condiciones personales, objetivas y subjetivas, respecto al ordenador. Finalmente, se discuten los resultados obtenidos a la luz del significado otorgado a los designados como "nativos digitales".

4.1 Primer nivel de análisis. Variables y modalidades detectadas

A partir del análisis de la información relevada de la encuesta a los estudiantes, se asignó a cada una de las variables asociadas a las preguntas de la encuesta un conjunto de modalidades. En la Tabla 4.1 se detallan las modalidades resultantes correspondientes al contenido de las respuestas a las preguntas cerradas de opción única. Se indican, además, los ejes de análisis a los cuales corresponden.

Asimismo, en la Tabla 4.2 se detallan las modalidades resultantes asociadas a las respuestas correspondientes a las preguntas cerradas que admiten más de una posibilidad de selección. Las mismas se construyeron a partir de la agrupación de las selecciones efectuadas por los encuestados. También, se incluyen los respectivos ejes de análisis.

Tabla 4.1 Ejes de análisis, variables y modalidades asociadas a las preguntas cerradas de opción única.

Eje de análisis	Pregunta	Variable	Modalidades
Acerca de los datos personales	Sin N°	Sexo	Femenino
			Masculino
	Sin N°	Edad	≤ 18 años
			19 años a 22 años
			> 22 años
	Sin N°	Lugar de procedencia	Rosario
			Ciudades dentro de un radio de aprox. 55 km de Rosario
			Ciudades de la provincia de Santa Fe en un radio mayor a 55 km de Rosario
			Otras provincias
			Países de Latinoamérica
	Sin N°	Área de formación previa	Técnica
			Ciencias Sociales
Ciencias Naturales			
TIC gral	5	Servicios que utilizan TIC	Si usa servicios
			No usa servicios
Acerca del ordenador	6	Opera un ordenador	Si
			No
			Parcialmente
	7	Tiene ordenador en su casa	Si, desde hace menos de 1 año
			Si, desde hace más de 1 año pero menos de 3 años
			Si, desde hace más de 3 años pero menos de 8 años
			Si, desde hace más de 8 años
			No
	8	Frecuencia de uso del ordenador	Diariamente
			Algunas veces a la semana
			Una vez a la semana
			En muy raras ocasiones
			Nunca
	11	Frecuencia de uso de Internet	Diariamente
			Algunas veces a la semana
			Una vez a la semana
En muy raras ocasiones			
Nunca			

Tabla 4.2 Ejes de análisis, variables y modalidades asociadas a las preguntas cerradas que admiten selección de opciones múltiples.

Eje de análisis	Pregunta	Variable	Modalidades
Acerca de los medios en general	1	Medios que utiliza diariamente	Medios tradicionales (radio, TV, equipo de música)
			Medios tradicionales, DVD video y ordenador
			Medios tradic., DVD video, ordenador y libros
			Medios tradic., DVD video, diarios, revistas y libros
	Cantidad de horas de uso diario	Menos de una hora	
		Entre una y tres horas	
		Más de tres horas	
		No usa diariamente	
2	Programas o temáticas que le interesan	Entretenimientos (deporte, películas, entretenimiento en general)	
		Mayor interés por programas de entretenimientos que por los de carácter informativo, cultural, político	
		Mayor interés por programas de carácter informativo, cultural o político que por los de entretenimientos	
Acerca de las TIC en general	3	Medios actuales de la información y la comunicación que poseen	Teléfonos (inalámbrico, celular)
			Teléfonos, equipos de CD y DVD
			Ordenador más otros medios (teléfonos, equipos de CD y DVD)
	4	Medios actuales de la información y la comunicación que no poseen pero tienen acceso con frecuencia	No corresponde (incluye los casos que poseen todos los artefactos)
			Ordenador
			Ordenador más otros medios (teléfonos, equipos de CD y DVD)
			Teléfonos, equipos de CD y DVD
	Acerca del ordenador	9	Actividades que realiza con el ordenador
Información (consulta de bases de datos, búsqueda de información en Internet)			
Servicios (correo electrónico)			
Todas las tareas			
Producción - Información			
Información - Servicios			
Producción - Servicios			
13		Actividades en que usó el ordenador en la escuela	Producción
			Servicios - Entretenimiento (uso de juegos)
			Uso de procesador de textos
			Búsqueda de información (Internet, software educativos específicos)
			En experimentos de Laboratorio únicamente o junto a otra/s actividad/es
			Búsqueda de información, Uso de procesador de textos y Correo electrónico
No contesta			

En la Tabla 4.3 se presentan las variables asociadas con las preguntas abiertas y las modalidades emergentes del procesamiento de las respuestas de los estudiantes. Se incluyen los ejes de análisis correspondientes.

Tabla 4.3 Ejes de análisis, variables y modalidades emergentes de las respuestas a las preguntas abiertas.

Eje de análisis	Pregunta	Variable	Modalidades
Acercas de los ordenadores	10	Ideas relevantes asociadas a las unidades básicas de un ordenador	No conoce
			Conoce parcialmente (identifica y caracteriza algunas de las unidades básicas)
			Conoce (identifica y caracteriza la mayoría de las unidades básicas)
	12	Uso del ordenador en la escuela	Si, con mucha frecuencia
			Si, pero pocas veces
			Nunca
		Asignaturas en las que utilizó el ordenador	Informática (Sistemas de representación, Dibujo técnico, Computación)
			Ciencias Naturales (Física, Biología, Química), Tecnología
			Ciencias Sociales (Historia, Literatura, Geografía)
			Informática y otras asignaturas correspondientes tanto a Ciencias Naturales como a Ciencias Sociales
	No indica		
	14	Utilidad de la incorporación del ordenador en la universidad	Si
			No
		Justificación	Mejora el aprendizaje y se ahorra tiempo
			Facilita las tareas y se optimiza tiempo
Forma de acceder y almacenar información			
Herramienta fundamental en la vida profesional			
Herramienta que dispersa la atención			
Sólo en materias afines a computación			
No contesta			

4.2 Segundo nivel de análisis

4.2.1 Descripción de los rasgos generales de los estudiantes

La muestra está constituida prioritariamente por estudiantes de sexo masculino (86% - 120 estudiantes). Se caracteriza por la siguiente distribución etaria: el 82% de los estudiantes tiene 18 años, el 17% posee entre 19 y 22 años y sólo el 1% de ellos son mayores de 22 años.

En relación con el lugar de procedencia, el 57% de los estudiantes son de la ciudad de Rosario, el 13% proviene de localidades vecinas a Rosario dentro de un radio de aproximadamente 55 km, el 18% procede de ciudades de la provincia de Santa Fe ubicadas en un radio mayor a 55 km de Rosario, el 14% proviene de otras provincias y el 2% restante de otros países de Latinoamérica.

Respecto de los estudios cursados en el ciclo Polimodal, un 29% posee formación técnica -técnico electromecánico, técnico mecánico, maestro mayor de obra- y un 30% está formado en Ciencias Naturales o en Producción de Bienes y Servicios. Mientras que un 41% está formado en el área de Ciencias Sociales -Economía y Gestión de las Organizaciones, Humanidades y Ciencias Sociales-.

En resumen, podemos concluir que la mayoría de los estudiantes de la muestra son varones, con una formación secundaria prioritariamente orientada a las carreras de Ingeniería; que ingresan a la universidad dando continuidad inmediata a su formación superior. Aproximadamente la mitad de ellos proceden de la ciudad donde se encuentra la Facultad con un significativo aporte del resto de la provincia.

La Tabla 4.4 muestra el uso diario que hacen los estudiantes de los medios de comunicación en general. Básicamente se observa que, si bien ellos utilizan diariamente diversos medios, claramente prevalecen aquéllos que involucran tecnología digital. En particular, se destaca que un 83% incorpora el uso del ordenador.

Tabla 4.4 Distribución de los estudiantes según los medios que utilizan diariamente (en frecuencia absoluta y porcentual).

Medios tradicionales -radio, televisor, equipo de música-	8 (6%)
Medios tradicionales, DVD video y ordenador	56 (40%)
Medios tradicionales, DVD video, ordenador y libros	60 (43%)
Medios tradicionales, DVD video, diarios, revistas y libros	16 (11%)
Total	140 (100%)

El 43% de los estudiantes que utilizan el ordenador diariamente, lee además libros lo cual estaría señalando que, para ellos, las actuales tecnologías no sustituyen al libro sino que tienden a completarlo y a revitalizarlo. Además, si se consideran todos los estudiantes que recurren diariamente al libro el porcentaje aumenta al 54%, denotando que a pesar de la organización secuencial de la información que presentan y del procesamiento lineal que conlleva, constituye para los estudiantes un recurso relevante de acceso al conocimiento.

La Tabla 4.4 revela cómo acceden los estudiantes a la información elaborada por otros a través de los diferentes medios. Es interesante destacar que un 83% utiliza el ordenador como medio que le ofrece, además, la posibilidad de construir su propio espacio comunicativo como usuario activo, creando y compartiendo sus propios contenidos.

El análisis de la Tabla 4.5, pone en evidencia que un 19% de los jóvenes encuestados se interesan por programas de entretenimientos en los cuales se incluyó al deporte, las películas y los de pasatiempos en general y un 42% prioriza esta temática por sobre las de carácter informativo, cultural o político. Sólo un 39% manifiesta interés por programas culturales frente a los de entretenimientos.

Tabla 4.5 Distribución de los estudiantes según los programas o temáticas de interés (en frecuencia absoluta y porcentual).

Entretenimientos -deporte, películas, entretenimientos en general-	26 (19%)
Mayor interés por programas de entretenimientos que por los de carácter informativo, cultural o político	59 (42%)
Mayor interés por programas de carácter informativo, cultural o político que por los de entretenimientos	55 (39%)
Total	140 (100%)

Es decir, se observa que la mayoría de los jóvenes se interesan por temáticas que tratan sobre deportes, espectáculos, concursos, etc. enfocadas básicamente a la distensión diaria.

Se percibe una menor atención hacia lo político, como también su predisposición hacia el acceso a información en donde se priorizan los intereses íntimos y personales frente a los colectivos y políticos. Esto acuerda con los resultados comunicados por Megías (2006) en un estudio realizado a partir de encuestas a jóvenes españoles con edades comprendidas entre 15 y 24 años, en el que se concluye que 6 de cada 10 jóvenes no muestran interés por el compromiso social y que 7 de cada 10 consideran que los políticos "defienden únicamente sus propios intereses y solo se ocupan de ellos en época electoral".

La Tabla 4.6 evidencia que, en los jóvenes, el uso del teléfono celular tanto como del ordenador está muy extendido. Esto puede ser interpretado, en acuerdo con Carrasco Dávila (2006), como debido a que su empleo les crea un sentimiento de bienestar por sentirse a la moda al tener el último modelo de teléfono celular o el mejor ordenador del mercado.

También Haddon (2002) en un estudio realizado sobre el estilo de vida móvil en el Reino Unido indica que el 78% de los jóvenes estima que su vida social es mejor desde que tienen teléfono celular. Lo utilizan para

comunicarse con sus amigos y familiares por medio de los mensajes cortos y con lenguaje SMS con el cual nace una nueva forma de comunicarse con símbolos, abreviaturas de palabras y tonos e imágenes.

Tabla 4.6 Distribución de los estudiantes según los medios actuales de la información y la comunicación que poseen (en frecuencia absoluta y porcentual).

Teléfonos (inalámbrico, celular)	6 (4%)
Teléfonos, equipos de CD y DVD	8 (6%)
Ordenador junto con otros medios (teléfonos, equipos de CD y DVD)	126 (90%)
Total	140 (100%)

La Tabla 4.6 muestra que el 90 % de los estudiantes posee ordenador en su casa y el 10% restante reporta que tiene acceso al mismo con frecuencia (ver Tabla 4.7). Este resultado sugiere la importancia que le otorgan al ordenador tanto los estudiantes como su familia. En este sentido el presente estudio acuerda con los resultados de una indagación realizada por von Sprecher y Di Santo (1999), que revela que casi la totalidad de los padres consideran que el ordenador es una herramienta indispensable para el futuro de los hijos y a partir de esa idea inicial se llega a la adquisición. Caso contrario se genera un sentimiento de carencia por no haber podido realizar la "inversión". Pero, estos autores, también observaron que aún cuando la inversión se concreta puede dar lugar a frustraciones e insatisfacciones ya sea por no haber adecuado el paquete de software a sus posibilidades ciertas de uso o porque no se usa con el objetivo para el que fue adquirido.

Tabla 4.7 Distribución de los estudiantes según los medios actuales de la información y la comunicación que no poseen pero tienen acceso con frecuencia (en frecuencia absoluta y porcentual).

No corresponde (incluye los casos que poseen todos los artefactos)	96 (69%)
Teléfono inalámbrico, equipos de CD y DVD	30 (21%)
Ordenador, teléfono inalámbrico, equipos de CD y DVD	4 (3%)
Ordenador	10 (7%)
Total	140 (100%)

Puede observarse que del 90% de los estudiantes que poseen ordenador en su casa (Tabla 4.6), según los resultados obtenidos en la Tabla 4.7, el 69% posee los demás artefactos indicados en la encuesta, mientras que el 21% no posee teléfono inalámbrico, equipos de CD y DVD si bien acceden a ellos frecuentemente.

El uso que hacen los estudiantes de servicios que emplean nuevas tecnologías no es intensivo. Así sólo el 47% recurre con frecuencia a un cajero automático, por ejemplo (ver Tabla 4.8). Un análisis más detallado efectuado entre los estudiantes que acceden a este servicio reveló que no existe una diferencia significativa en el uso del cajero automático entre los estudiantes que proceden de otras localidades y los de la propia ciudad de Rosario.

Tabla 4.8 Distribución de los estudiantes según el uso de servicios que utilizan TIC. Por ejemplo, cajeros automáticos (en frecuencia absoluta y porcentual).

Si usa servicios	66 (47%)
No usa servicios	74 (53%)
Total	140 (100%)

Esto no acuerda con informes de hábitos financieros (Diario elEconomista.es, 2006) que indican que 2 de cada 3 jóvenes de hasta 34 años los utilizan "siempre o casi siempre", ya que en nuestro caso sólo lo hacen 1 de cada 2 jóvenes. Sin embargo, esto puede deberse a que los estudiantes encuestados tienen edades que, prioritariamente, oscilan alrededor de los 18 años.

Estos resultados señalan que el ordenador, el teléfono celular, los equipos de CD y DVD constituyen en este momento y en este contexto el ecosistema natural de los estudiantes en el inicio de sus carreras universitarias de Ingeniería. Sin embargo, no ocurre lo mismo con la familiaridad en el uso de servicios que utilizan actualmente las nuevas tecnologías. Esto estaría señalando que estos jóvenes aún guardan dependencias familiares ya que no sólo reciben apoyo económico, en general, para sustentar sus estudios universitarios sino que son también relevados de otras funciones, tales como realizar trámites bancarios, pagos, reclamos o solicitudes de servicios, a fin de no perturbar su tiempo de estudio.

Efectivamente, del análisis anterior se puede afirmar que la mayoría de los estudiantes usan el ordenador de forma habitual y están familiarizados con la telefonía celular (seis estudiantes reportan que si bien no poseen teléfono celular tienen acceso con frecuencia al mismo). Aproximadamente el 50% de ellos tiene acceso a los cajeros automáticos.

Asimismo, se observó un marcado desinterés por temáticas afines a lo político tanto como por la información "tradicional". Fundamentalmente prefieren aquellas que están asociadas con el entretenimiento que les permite pasar un buen momento.

4.2.2 Las condiciones personales objetivas

Todos los estudiantes operan con el ordenador aunque un 15% reporta que lo hace en forma parcial, hecho asociado a que el 90% de los estudiantes tiene ordenador y sólo un 10% no posee.

Entre los estudiantes que disponen de un ordenador propio, se ha encontrado que más de la mitad (58%) ha contado con dicho recurso desde hace más de 8 años. En tanto que un 20% lo posee desde hace entre 3 años y 8 años y un 12% de los estudiantes tiene el ordenador desde hace menos de 3 años.

Todos los estudiantes manifiestan que utilizan el ordenador ya sea en su casa, en un cibercafé o en la Facultad. El 94% de ellos lo hace con una frecuencia importante, sólo el 6% restante reporta que lo utiliza una vez a la semana o en muy raras ocasiones.

A pesar de la familiaridad identificada con el ordenador, se detectó que existe un notable desconocimiento respecto a las partes o unidades básicas del mismo. El 66% de los estudiantes apeló a la mera enumeración ya sea de los elementos de un equipo informático o de los programas que conoce. Los elementos enumerados fueron: monitor, unidad central de proceso (CPU), teclado, mouse, impresora, parlantes, modem, scanner. En relación con los programas, se mencionaron tanto los más conocidos en el mercado del sistema operativo Microsoft Windows -Word, Excel, PowerPoint- como de edición gráfica -CorelDraw- o de diseño asistido por ordenador -Autocad-. Unos pocos casos hicieron referencia al navegador web, Internet Explorer u otros equivalentes. Este último resultado resulta llamativo por cuanto muchos de estos estudiantes señalaron utilizar el ordenador para la búsqueda de información.

Un 29% identifica y caracteriza algunas de las unidades básicas. La mayoría de los estudiantes reconoce a la CPU, como el procesador que efectúa manipulaciones aritméticas y lógicas con los datos y a la unidad de memoria

en donde se almacena la información. Un número importante de estudiantes hace referencia a la entrada/salida de datos como una parte básica del ordenador pero no explicitan sus características denotando que aún no han logrado internalizarlas.

A continuación, a modo de ejemplo, se transcriben las ideas consignadas por un estudiante cuyo protocolo se ha identificado con el código F41³:

*"CPU: es la parte que se encarga de las operaciones lógicas.
Memoria: almacena información.
Entrada/Salida de datos."*

Sólo un 5% identifica y caracteriza la mayoría de las unidades básicas. Estos estudiantes reconocen la unidad central de proceso, CPU, como una colección compleja de circuitos electrónicos y que se comunica con las demás partes del sistema y la unidad de memoria en donde se almacena la información y las clasifican como memoria RAM de almacenamiento temporal y memoria ROM de almacenamiento permanente. Hacen referencia a la unidad de entrada como los elementos que permiten incluir datos en el sistema y a la unidad de salida como aquellos elementos que envían datos al exterior del sistema informático.

Las ideas explicitadas por un estudiante cuyo protocolo se ha identificado con el código A10 fueron las siguientes:

*"La unidad central de procesamiento es un conjunto de circuitos electrónicos denominado microprocesador.
Memoria del disco rígido y memoria RAM la información que posee no se conserva de manera permanente.
Periféricos de entrada de datos (teclado, mouse, etc.) y de salida (monitor, impresora, modem)."*

³ Las producciones de los estudiantes se indican en cursiva y entre comillas.

En esta fase, el estudio permitió reconocer que si bien todos los estudiantes operan con el ordenador, la mayoría de ellos posee sólo un conocimiento básico sobre la arquitectura de este medio informático. A pesar que no dominan las herramientas que usan, en el sentido de conocer realmente sus características elementales, las utilizan diariamente o varias veces por semana lo cual podría interpretarse como un síntoma de desinhibición de los estudiantes frente al ordenador. De esta forma, su uso apoyado por una amplia disponibilidad de recursos -tutoriales, foros de comunidades, software libre, listados de preguntas frecuentes- los hace artífices de su propio espacio comunicativo.

4.2.3 Las condiciones personales subjetivas

La clasificación sobre coordenadas factoriales, obtenida a través del Análisis Multidimensional de Datos se presenta en la Figura 4.1.

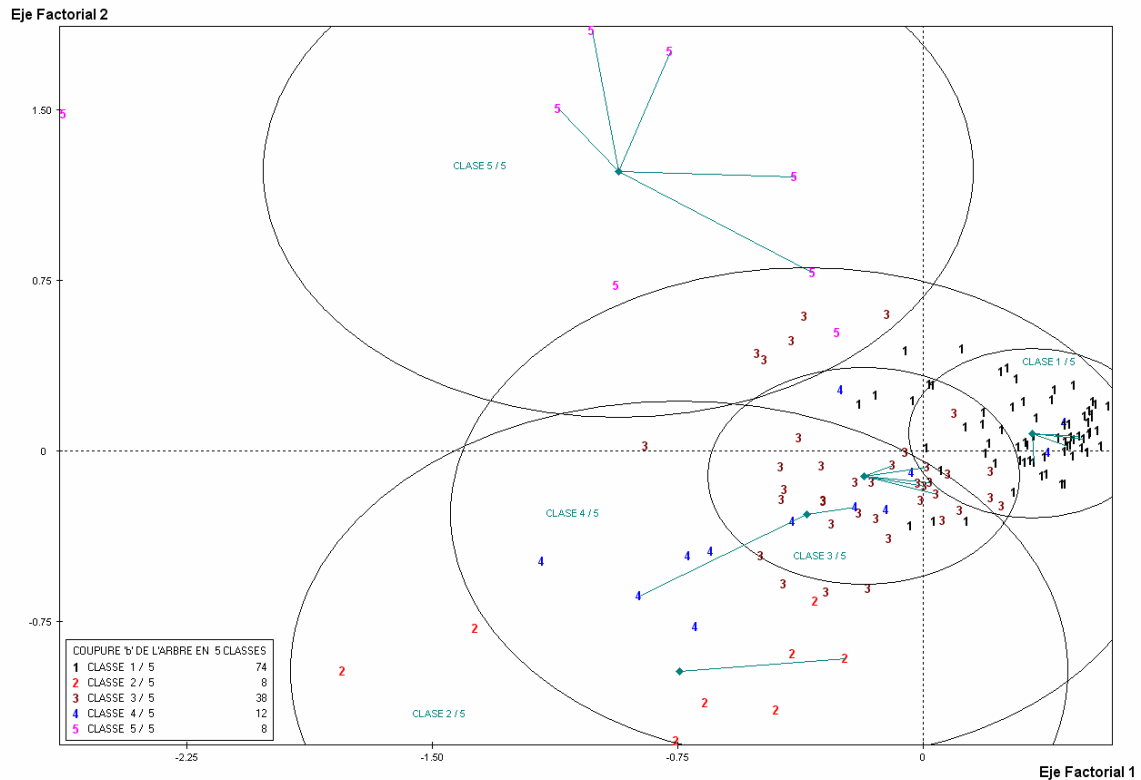


Figura 4.1 Caracterización tipológica de las condiciones subjetivas de los estudiantes.

Este análisis permitió identificar las condiciones subjetivas que caracterizan a los estudiantes que integran cada clase⁴, según se detalla a continuación.

Clase 1: (formada por 74 estudiantes que constituyen el 53% de la muestra) corresponde a jóvenes que se caracterizan por emplear el ordenador y conectarse a Internet diariamente (V. Test 10,10 y 9,50 respectivamente, Anexo 4). Como poseen ordenador en su casa (V. Test 4,23) llevan a cabo diferentes actividades asociadas a: la producción cuando la utilizan como procesador de texto o en diseño gráfico; la información a través de la consulta a bases de datos o búsqueda por Internet; la comunicación por correo electrónico, chateo, mensajería instantánea (MSN) y también para entretenimiento (videojuegos, partida de cartas, ajedrez o escuchar música) (V. Test 3,51). Estos estudiantes identifican y describen sólo algunas de las unidades básicas que conforman un ordenador (V. Test 2,57).

Manifiestan que es útil su incorporación en las clases en la universidad (V. Test 2,90). Un análisis de sus respuestas muestra que consideran que es una herramienta que permite optimizar el tiempo, mejorar la calidad de los trabajos, ampliar información de manera casi ilimitada. En relación con la educación consideran que su uso mejora los métodos de enseñanza y prepara con mayor eficiencia para el trabajo profesional. En particular, se observa que los estudiantes que integran este grupo desestiman que el uso del ordenador en las clases disperse la atención (V. Test -2,81).

A continuación se transcribe la opinión expresada por un estudiante, cuyo protocolo fue identificado con el código R14, que pertenece a esta clase sobre la relación ordenador – universidad, "*...la programación permite un aprendizaje mucho mayor sobre ciertos aspectos importantes en ingeniería. Investigando los algoritmos se pueden emular las leyes físicas por ejemplo*".

⁴ El orden en que se enumeran las clases está determinado por el paquete estadístico utilizado.

Clase 2: (8 estudiantes, 6%) constituida por sujetos que utilizan el ordenador una vez a la semana (V. Test 5,14) y con la misma frecuencia se conectan a Internet (V. Test 4,34), hecho que puede asociarse a que no disponen actualmente de ordenador en su casa (V. Test 2,51). La mitad de ellos reporta que la incorporación del ordenador en el aula universitaria es útil sólo cuando se trata de materias afines a la informática (V. Test 3,15), no obstante algunos estudiantes lo reconocen como una herramienta de gran avance en la educación. La otra mitad considera que no es indispensable ya sea porque consideran al ordenador como una fuente de dispersión o porque promueve un comportamiento "tipo máquina" en el usuario.

Un análisis más detallado de las respuestas a las preguntas de la encuesta permite inferir que, los estudiantes que conforman esta clase no identifican las unidades básicas de un ordenador y lo han utilizado pocas veces en la escuela secundaria fundamentalmente en Informática. La mayoría emplea el correo electrónico como medio de comunicación con otros.

Clase 3: (38 estudiantes, 27%) la integran jóvenes que utilizan el ordenador algunas veces por semana (V. Test 8,74) y se conectan a Internet con la misma frecuencia (V. Test 7,46). En general son jóvenes que provienen de otras ciudades (V. Test -2,76 para la modalidad Ciudad de Rosario) y, por lo tanto, el uso de un ordenador queda condicionado a los equipos disponibles en la facultad, a la posibilidad de acceder a un ciber o en la casa de algún compañero.

Utilizan al ordenador como procesador de texto o en diseño gráfico y en la búsqueda de información ya sea a través de la consulta de bases de datos o por Internet (V. Test 3,00).

Clase 4: (12 estudiantes, 8%) está constituida por sujetos que se caracterizan por identificar y caracterizar la mayoría de las unidades básicas que conforman un ordenador (V. Test 5,20). Poseen ordenador en su casa,

el cual utilizan algunas veces a la semana para conectarse a Internet, comunicarse por correo electrónico y también como procesador de texto y en diseño gráfico (V. Test 3,41).

Una característica distintiva de esta clase es que sus integrantes la emplearon en la escuela durante el ciclo secundario en distintas asignaturas correspondientes al área de Ciencias Sociales (V. Test 2,90) pero con poca frecuencia. Llama la atención que estos estudiantes consideran que no es útil incorporar el uso del ordenador en la universidad (V. Test 3,84) pues piensan que provoca dispersión y falta de concentración a la hora de estudiar (V. Test 5,45).

Clase 5: (8 estudiantes, 6%) formada por jóvenes que no utilizaron el ordenador durante el transcurso de su ciclo escolar secundario (V. Test 5,14). Del análisis de las respuestas a las preguntas de la encuesta se observa que, si bien los estudiantes que conforman esta clase poseen ordenador en su casa y lo utilizan habitualmente para conectarse a Internet y comunicarse por correo electrónico, la mayoría confunde las unidades básicas que conforman un ordenador con los elementos que componen un equipo informático. Consideran que es útil incorporarlo en las clases en la universidad dado que es una fuente de acceso a información actualizada y una herramienta fundamental para su futuro profesional.

La caracterización de los estudiantes, pertenecientes a cada una de las clases, en relación con las prácticas de apropiación y uso se presenta en la Tabla 4.9.

En esta fase, se pueden reconocer diferentes grados de *apropiación* del ordenador. Uno, alto (**A+**) en los estudiantes que utilizan el ordenador diariamente o algunas veces a la semana tanto para conectarse a Internet como para realizar todo tipo de actividades -producción, información, servicios y entretenimiento-. Además, conocen la mayoría de las unidades

básicas del ordenador que poseen en su casa, es decir, operan como “usuarios avanzados”.

Tabla 4.9 Caracterización de los estudiantes de acuerdo a las prácticas de apropiación y uso.

Descripción	Modalidad	Clase 1 53%	Clase 2 6%	Clase 3 27%	Clase 4 8%	Clase 5 6%
Tiene PC en su casa	Si posee	x		x	x	x
	No posee		x			
Frecuencia de uso de la PC e Internet	Diariamente	x				
	Algunas veces a la semana			x	x	x
	Una vez a la semana		x			
Actividades que realiza con la PC	Una actividad		x			
	Dos actividades			x		x
	Todas	x			x	
Ideas sobre unidades básicas de la PC	No conoce		x	x		x
	Conoce parcialmente	x				
	Conoce				x	
Uso PC en la escuela	Si, pocas veces	x	x	x	x	
	Nunca					x
Asignaturas con PC en la escuela	Informática		x	x		
	Varias corresp. a Cs. Sociales	x			x	
CONDICIONES SUBJETIVAS	APROPIACIÓN	Ao	A-	A-	A+	A-
	USO DOMÉSTICO	UD+	UD-	UDo	UD+	UDo
	USO ESCOLAR	UEo	UE-	UE-	UEo	-----

Un grado medio (**Ao**) corresponde asignarles a aquellos estudiantes que a diferencia de los anteriores, sólo conocen algunas de las unidades básicas del ordenador que poseen, o sea, operan como “usuarios integrados”. El grado es bajo, (**A-**) en los estudiantes que utilizan algunas veces o una vez a la semana el ordenador tanto para conectarse a Internet como para realizar una o dos cualquiera de las actividades anteriormente mencionadas

-producción, información, servicios y entretenimiento-. Además, no conocen las unidades básicas de un ordenador. Puede decirse que ellos operan como "usuarios intuitivos".

De acuerdo con la escala de gradación construida se detectó que prácticamente la mitad de los estudiantes de la muestra operan como "usuarios integrados" y corresponden a la Clase 1 (53%). Si bien poseen un conocimiento parcial sobre la arquitectura de un ordenador, son capaces de integrarlo a la propia vida cotidiana lo cual les permite, por un lado, profundizar en acciones de socialización a través del uso de correo electrónico, del chateo; o incorporar otras actividades de distensión como escuchar música, ver videos; o para la producción por uso, por ejemplo, de procesadores de textos, diseño gráfico. Pero, también, son capaces de transformar creativamente los datos cuando realizan tareas de diseño gráfico o de encontrar sentido a los mismos al involucrarse en actividades de búsqueda de información a través de la consulta a bases de datos o del análisis de relatos provenientes de Internet.

Sólo un 8% de los estudiantes, que corresponden a la Clase 4, operan como "usuarios avanzados". La principal diferencia que presentan respecto a los "usuarios integrados" está asociada a un conocimiento significativo sobre la arquitectura de un ordenador en cuanto a que distinguen y caracterizan la mayoría de las unidades básicas que lo conforman. Esto los transforma en usuarios con capacidad de decisión frente a problemas de soporte físico o lógico.

El 39% de los estudiantes, que corresponden a las Clases 2, 3 y 5, operan como "usuarios intuitivos", lo cual estaría indicando que los sujetos asumen pasivamente las experiencias y prácticas de uso tradicionalmente incrustadas en los sistemas informáticos. La comunicación se reduce a la asimilación de las condiciones de operación unilateralmente generadas por dichos sistemas.

En relación con el *uso doméstico* del ordenador también se registraron diferentes grados, de acuerdo a la frecuencia de uso y las actividades desarrolladas. Se consideró que el uso doméstico es alto, **UD+**, en aquellos estudiantes que utilizan el ordenador diariamente o algunas veces a la semana tanto para conectarse a Internet como para realizar todo tipo de actividades. El uso doméstico es medio, **UDo**, en los estudiantes que utilizan el ordenador algunas veces por semana tanto para conectarse a Internet como para realizar dos cualquiera de las actividades aludidas y es bajo, **UD-**, en estudiantes que utilizan una vez a la semana el ordenador tanto para conectarse a Internet como para realizar sólo una cualquiera de las actividades mencionadas.

Del análisis de la Tabla 4.9 se desprende que predomina un uso doméstico del ordenador de grado alto (61% de los encuestados). Estos estudiantes pertenecen a las Clases 1 y 4. Es decir, ellos despliegan diversas estrategias de uso relacionadas con el entretenimiento, con las posibilidades que ofrece Internet y con el manejo de distintos tipos de software.

En cuanto al *uso escolar* se consideró que es medio, **UEo**, en estudiantes que si bien utilizaron el ordenador, durante el ciclo escolar secundario, en varias asignaturas correspondientes fundamentalmente al área de Ciencias Sociales lo hicieron con poca frecuencia. Es bajo, **UE-**, en estudiantes que utilizaron el ordenador pocas veces y limitado a una asignatura específica - Informática-.

Un resultado significativo de este estudio en función del uso del ordenador como recurso para el trabajo en el laboratorio previsto para el curso de Física I fue reconocer que la totalidad de los estudiantes no tuvo prácticas educativas que definan un uso escolar alto, **UE+**.

De la información presentada en la Tabla 4.9, se deduce que los estudiantes que conforman las Clases 1 y 4 pasan de un uso del ordenador de grado alto en el ámbito doméstico a uno medio en el ámbito escolar.

Esto estaría dando indicios que las instituciones educativas de las que proceden estos estudiantes mantienen un modelo tradicional de educación, sin incentivar a sus profesores para un dominio didáctico de las actuales tecnologías de la información y la comunicación, lo cual les permitiría brindar a los estudiantes un soporte adecuado y las herramientas necesarias para tener un buen nivel en el manejo, conocimientos y destrezas en el uso de éstas.

4.3 Caracterización de los estudiantes en el entorno digital

Prensky (2001) designó como nativos digitales a los jóvenes que están desplegando plenamente su aprendizaje en el entorno tecnológico cuya "lengua materna es la de los ordenadores, los videojuegos e Internet" (p.1). Frente a ellos, los inmigrantes digitales son los nacidos con anterioridad a la era digital pero que sienten fascinación e interés por la tecnología digital, habiendo experimentado un proceso de adaptación a la misma.

Desde una perspectiva descriptiva, dicho autor destaca algunas impresiones asociadas a los nativos digitales en cuanto a que reciben información realmente rápida, les agradan los procesos y multitareas paralelos, prefieren el formato gráfico antes que el texto, defienden los accesos al azar (desde hipertextos), funcionan mejor cuando trabajan en red y prosperan con satisfacción inmediata y bajo recompensas frecuentes.

Estas habilidades que los nativos digitales han adquirido y perfeccionado con años de interacción y práctica implican, para Prensky, reconsiderar tanto el contenido de herencia -incluye los planes de estudio tradicionales- como el contenido futuro -digital, tecnológico y otros temas afines- y los enfoques metodológicos.

En tal sentido, el estudio efectuado en esta fase sobre las condiciones personales, objetivas y subjetivas, de los estudiantes muestra que existen

diferentes modos de apropiación y estrategias de uso con las cuales otorgan significado al ordenador.

Si bien, para los estudiantes el ordenador constituye uno de los medios tecnológicos digitales que les permite generar nuevas formas de comunicación y acceso a la información, no todos ellos desarrollan el mismo grado de apropiación y uso del ordenador. Ser nativo digital adquiere entonces, un nuevo significado.

Si bien la muestra encuestada corresponde, por sus edades, a “nativos digitales”, en el presente estudio se reconoce que no todos ellos presentan las mismas características ya que adoptan diferentes prácticas de apropiación y uso. Luego, entre las Clases identificadas se puede establecer un continuo (Figura 4.2) desde aquella conformada por nativos digitales que se constituyen en “usuarios avanzados” con grado medio o alto en cuanto al uso doméstico y escolar del ordenador, Clase 4, hasta aquella constituida por nativos digitales designados como “usuarios intuitivos” con grado bajo o nulo en relación con el uso, tanto doméstico como escolar del ordenador, Clase 5.

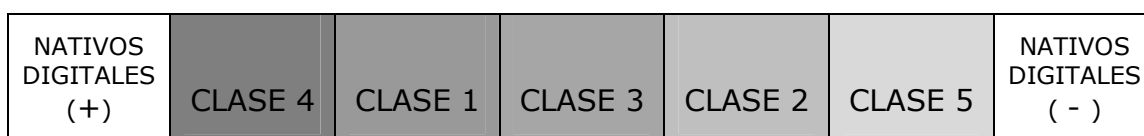


Figura 4.2 Caracterización de las clases en relación al significado otorgado a los nativos digitales.

Los resultados obtenidos permitieron conocer las diferentes ideas e imágenes –en tanto representaciones simbólicas- en torno a las actuales tecnologías y en particular, con respecto al ordenador con las que los estudiantes inician su formación universitaria. El conocimiento de estos saberes es fundamental cuando se constituyen en el punto de partida para establecer relaciones sustantivas (no arbitrarias) con la nueva información -

conceptual y procedimental- que va a aprender durante el desarrollo de las prácticas de laboratorio asistidas por ordenador.

Asimismo, para una reconstrucción genuina del saber es necesario apoyarse y apropiarse de la tecnología para crear y recrear, tanto en el aula como en los grupos de aprendizaje, espacios pertinentes de conocimiento y discusión compartidos lo cual supone crear un marco de negociación abierta y permanente, de comprensión conjunta, de confrontación constante y de desarrollo de capacidades y actitudes, posibilidades y competencias.

5 RESULTADOS FASE II

"La influencia potencial del ordenador de cambiar nuestra noción de una versión blanca o negra de nuestros éxitos y fracasos es un ejemplo del uso de los ordenadores como objetos con los cuales pensar."

Papert, S., 1987

En este capítulo se exponen, interpretan y discuten los resultados obtenidos en relación con la segunda fase de la investigación asociada al reconocimiento de los posibles modelos mentales que construyen los estudiantes sobre el uso y función de un sistema informático para adquisición de datos en tiempo real.

El uso de un sistema informático en el desarrollo del trabajo experimental demanda tener un modelo mental, aunque sea muy elemental, de su funcionamiento. En un experimento asistido por ordenador el estudiante se enfrenta a un sistema de dispositivos para la adquisición, registro y procesamiento de datos, tales como sensores, interfaz de conexión, puertos de entrada y salida, y el programa de gestión. 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.

El capítulo se organizó de acuerdo a las categorías teóricas indicadas en el apartado 3.2.2 del capítulo Metodología, a saber: Dispositivo simbólico; Instrumento de medición; Comparación entre instrumentos de medición y Regulación de la tarea. Se consignan, para cada categoría, los ejes de

análisis definidos a priori y los indicadores correspondientes a cada eje que resultaron del procesamiento de datos. La asociación de indicadores a cada eje permitió reconocer distintos modos de representación los que se han denominado como *clases*.

5.1 Categoría: *Dispositivo simbólico*⁵

Como se indicó en el apartado 3.2.2, la actividad experimental inicial consignada con el número 1 en la Figura 3.1 se diseñó con el fin de familiarizar a los estudiantes con el funcionamiento de un sistema informático para adquisición de datos en tiempo real. Para analizar los procesos cognitivos desarrollados por los estudiantes, se trabajó sobre tres ejes de análisis:

- Descomposición del sistema informático en sus elementos constitutivos.
- Reconocimiento de la función específica de cada uno de los elementos que lo conforman.
- Integración de los elementos a fin de conformar un todo.

Los ejes de análisis, definidos a priori en relación con los requerimientos indicados en el programa de actividades, junto con los indicadores emergentes del procesamiento de los datos permitieron establecer niveles de diferenciación progresiva alcanzados por los estudiantes en la construcción de sus ideas sobre los distintos componentes de un sistema informático y sobre las relaciones entre ellos. En la Tabla 5.1, se presentan los indicadores correspondientes a cada uno de los ejes de análisis.

⁵ La descripción de las clases correspondientes a esta categoría fue presentada en la X Conferencia Inter Americana de Educación en Física – X CIAEF en Julio de 2009 y publicada en las Memorias bajo el título "Representaciones sobre la función y uso de un sistema informático en las prácticas de laboratorio de Física", autores: Yanitelli, M., Massa, M. y Moreira, M.

La asociación de indicadores a cada eje, detectados en las producciones escritas de los estudiantes, permitió identificar cuatro modos de representación los cuales se han definido como *clases*.

Tabla 5.1 Ejes de análisis e indicadores relacionados con el tratamiento de un sistema informático.

	Ejes de análisis	Indicadores	
SISTEMA INFORMÁTICO	Descomposición del sistema informático en sus elementos constitutivos.	Enumeración de los elementos que lo componen, en un cierto orden o sistemática.	
		Descripción de las características particulares del sensor.	
		Descripción de las características particulares del interfaz.	
	Reconocimiento de la función específica de cada uno de los elementos que lo conforman.	Descripción de las características particulares del ordenador y del programa de gestión.	
		Referencia al uso o propósito para el que fue concebido el sensor.	
		Referencia al uso o propósito para el que fue concebido el interfaz.	
		Referencia al uso o propósito del ordenador y del programa de gestión.	
		Referencia al rol desempeñado por el sensor.	
	Integración de los elementos a fin de conformar un todo.	Referencia al rol desempeñado por el interfaz.	
		Tratamiento implícito de las relaciones entre los elementos.	
		Tratamiento basado en aspectos generales.	
			Tratamiento basado en las interconexiones de los elementos constitutivos.

La estructura en escalones adoptada para la presentación de las mismas, Tabla 5.2, da cuenta de los diferentes niveles de representación alcanzados en cada clase debido a los distintos procesos cognitivos puestos en juego y a la profundidad con la que éstos se han desarrollado.

La Clase 1 conformada por el 8% de los grupos presenta el nivel de representación más elemental. Los estudiantes recurren a la enumeración de los elementos que componen un sistema informático.

Tabla 5.2 Escalonamiento de ideas sobre un sistema informático.
(La abreviatura PC se utilizó en reemplazo del término ordenador).

				CLASE 4	
				INTEGRAR	
				Basada en las interconexiones entre los elementos que conforman el sistema informático. Referencia a aspectos generales.	
				CLASE 3	
				INTEGRAR	
				Basada en las interconexiones entre los elementos que conforman el sistema informático.	
				CLASE 2	
				INTEGRAR	
				Basada en las interconexiones entre los elementos que conforman el sistema informático. Implícita.	
				RECONOCER	
				Función sensor: Uso Detectar el paso de un objeto por corte de un haz infrarrojo. Transmitir / Emitir datos. Acumular/ Determinar intervalos de tiempo. Emitir una señal. Función interfaz: Uso Recibir señales analógicas o digitales. Recibir información del sensor, traducirla al formato PC (digitalizarla) y analizarla. Función PC / Programa: Uso Interpretar señales y medir tiempos. Mostrar resultados en forma de tablas, gráficas, etc. Leer, procesar y guardar datos.	
				DESCRIBIR	
				Características interfaz Entradas analógicas y digitales para la conexión de diversos sensores. Bus de datos. Características PC / Programa Hardware. Software flexible e interactivo. Procesador digital de datos. Lenguaje binario.	
				CLASE 1	
				RECONOCER	
				Función sensor: Uso Producir / Detectar / Medir una señal. Transformar las variaciones de una magnitud no eléctrica en señal eléctrica. Función sensor: Rol o papel Transformador. Función interfaz: Uso Enviar datos del sensor a la PC. Función interfaz: Rol o papel Conector. Traductor. Vigilante e informador. Controlador. Función PC / Programa: Uso Leer / Transformar datos y calcular. Calibrar, medir, almacenar y analizar datos.	
				DESCRIBIR	
				Características sensor Puerta fotoeléctrica. Diodos (emisor-receptor). Sensibles al corte de un haz infrarrojo por un objeto. LED testigo.	
				DESCRIBIR	
				Características sensor Transductor. Analógico. Digital. Puerta fotoeléctrica. Diodos (emisor-receptor). Sensibles al corte de un haz infrarrojo por un objeto.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	
				ENUMERAR	
				Sensor. Interfaz. PC. Programa.	
				CLASE 1	

Un caso, grupo GRP17, también incluye elementos de conexión tales como: plug de dos canales, ficha tipo telefónica, etc. Otro grupo, GRP31, no diferencia entre los componentes del sistema informático y los materiales necesarios para el desarrollo de la actividad experimental denotando que no se establecieron los criterios y condiciones necesarias que permiten distinguirlos.

El nivel de representación alcanzado por la Clase 2, integrada por el 29% de los grupos, es significativamente superior al desarrollado por la Clase 1. La enumeración de los componentes de un sistema informático adquirió significado a partir de reconocer las funciones de cada uno, a través del uso o del rol desempeñado, y de establecer relaciones entre ellos, integrándolos en un sistema.

Con respecto a la función del sensor, atendiendo al uso o propósito, las ideas que se explicitaron con mayor frecuencia incluyen acciones tales como: producir, detectar, medir una señal. Estas ideas se constituyeron en unidades básicas de análisis para la atribución de significaciones. Uno de estos grupos, GRP29, estableció una asociación en el contexto cotidiano *"...es un dispositivo que detecta movimientos..."* y otro grupo, GRP16, generalizó a otros sensores *"...se encarga de detectar algún tipo de cambio... (dependiendo del tipo de sensor) e informarlo por medio de señales"*. En estas dos producciones se observa el uso del lenguaje con distintos niveles de apropiación semántica que dan cuenta de la internalización conceptual sobre el sensor: en el grupo GRP29 el significado está sesgado por la función específica que cumple en la actividad experimental propuesta mientras que, en el grupo GRP16 está asociado a la idea de cambio de alguna propiedad medible y su traducción en una señal.

Sólo dos grupos, elaboraron proposiciones con términos científico-técnicos dejando, como en el caso del grupo GRP16, también abierta la posibilidad a variaciones de otras magnitudes: *"La función de la fotopuerta es transformar las variaciones de una magnitud no eléctrica en señal"*

eléctrica", GRP21. Asimismo, los grupos GRP22 y GRP26, consideraron esta posibilidad al asignarle al sensor el rol de *"transformador de magnitud no eléctrica en señal eléctrica"*.

En relación con la función del interfaz, seis de los grupos apelan al papel desempeñado tanto como: *"conector de información entre el sensor y la computadora"*⁶, grupos GRP12 y GRP29, o como *"traductor, controlador, vigilante e informador"*, grupos GRP20, GRP21, GRP22 y GRP26, denotando que lo reconocen como un instrumento clave del sistema informático. El resto de los grupos, GRP02, GRP10, GRP16 y GRP23, activa ideas asociadas al uso como puente entre el sensor y el mundo electrónico del ordenador: *"Interfaz: es un instrumento que toma la señal enviada por el sensor y la transforma en información que el ordenador puede procesar"*, GRP23.

La función del ordenador y el programa de gestión, en la mayoría de los casos, se consigna a través de su uso sin una clara diferenciación entre ellos: *"En el ordenador se encuentra instalado un programa (software), con el cual podemos calibrar, realizar medidas, almacenar datos y analizar datos"*, GRP20.

La excepción es el grupo GRP29, que partiendo de un tratamiento general logró reconocer al ordenador como una herramienta que procesa datos y permite visualizar resultados y al programa de gestión como medio para obtener información objetiva⁷. El grupo explicitó:

"La computadora es el medio físico, la herramienta para acceder a través del programa a mediciones automatizadas, procesa datos y permite mostrar resultados. El programa es el conjunto de operaciones y herramientas para obtener información objetiva." GRP29

⁶ En Argentina se utiliza el término computadora en lugar de ordenador y como la transcripción de las producciones escritas de los estudiantes es textual se conservó el vocablo computadora que ellos utilizan.

⁷ En esta calificación subyace la idea de información emergente de un proceso de medición.

La relación que se estableció entre ordenador-programa-mediciones automatizadas da cuenta de ideas iniciales sobre automatización, herramienta fundamental en la Ingeniería moderna. En este grupo se reconoce la internalización del lenguaje académico como incorporación a una cultura académico-profesional.

En el proceso de integración desarrollado, las ideas se estructuraron a partir de seleccionar las características esenciales de cada componente con una secuencia entre ellos componiendo una nueva unidad con significado. Es decir, los elementos básicos (tokens) componentes del sistema informático adquieren características que se explicitan y se articulan entre sí para dar sentido a un modelo mental relacional.

Los grupos GRP21, GRP22, GRP23 y GRP26 incluyeron diagramas con los componentes interrelacionados con flechas bi-direccionales. En la Figura 5.1, se presenta el esquema efectuado por el grupo GRP22.

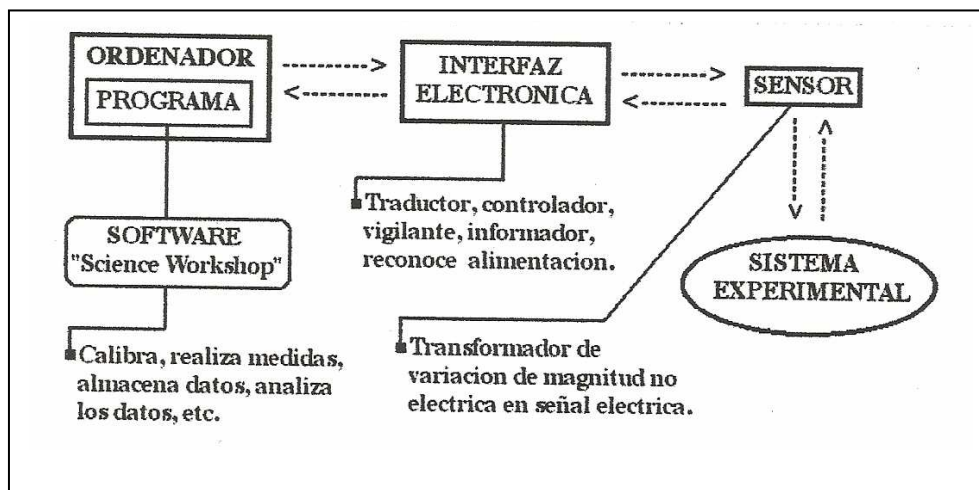


Figura 5.1 Producción del GRP22 integrando los componentes del sistema informático.

La posición asignada a cada componente en el esquema de la Figura 5.1 estaría indicando que el programa de gestión es parte inherente al ordenador mientras que el interfaz electrónico y el sensor constituyen elementos periféricos. Las flechas en ambas direcciones sugieren que

tuvieron en cuenta la existencia de dispositivos que realizan una transformación inversa a la de un sensor, tales como los actuadores⁸. La conexión bi-direccional entre el sistema de adquisición de datos y el sistema experimental reflejaría que los estudiantes reconocen que al adquirir, registrar y visualizar los datos del experimento en forma cómoda y rápida pueden experimentar otras alternativas buscando nuevas relaciones entre las manipulaciones experimentales y la formalización de los resultados empíricos. Se observa que el modelo mental básicamente analógico elaborado tiende en estos grupos a ser dinámico.

La Clase 3 compuesta por el 34% de los grupos presenta características semejantes a las de la Clase 2 pero con aspectos superadores. Según se observa en la Tabla 5.2, organizaron sus ideas empleando un lenguaje de mayor especificidad tanto en la descripción particularizada del sensor como al señalar las funciones de cada uno de los componentes del sistema informático:

"El sensor óptico cuyo funcionamiento se basa en un emisor y un detector, emite un haz infrarrojo que es captado por el detector. Si dicho haz es interrumpido, el LED testigo se enciende y envía una señal a la CPU." GRP15

Un aspecto relevante observado en las producciones de los estudiantes fue la diferenciación de las características significativas del sensor: "...consiste en un par de diodos infrarrojos, uno emisor y el otro receptor", grupos GRP03 y GRP07, "...es óptico", grupos GRP15 y GRP34, "...posee un LED testigo para indicar cuando el haz de luz es bloqueado", grupo GRP18 y, el reconocimiento de sus regularidades: "...detecta el corte de un haz infrarrojo debido al paso de un objeto", grupo GRP09, "...el LED testigo se enciende cuando el haz infrarrojo es bloqueado", grupos GRP15 y GRP18.

⁸ Los actuadores son dispositivos en los cuales una señal eléctrica origina un estímulo no eléctrico en el mundo real. Un altavoz o un diodo LED serían actuadores.

Las ideas comunicadas evidencian la asimilación de un nuevo conocimiento al traducir el objeto real -el sensor- en expresiones escritas con un vocabulario específico y al construir y comunicar las nuevas ideas sin ambigüedades. Esta clase desarrolla, como la clase anterior, las habilidades cognitivo-lingüísticas *enumerar* y *reconocer* para caracterizar los elementos básicos (tokens) que componen sus modelos mentales e *integrar* para construir, a partir de estos elementos básicos, modelos mentales de tipo relacional pero se distingue porque incorpora una descripción detallada del sensor, uno de los elementos básicos (tokens) del modelo, que les permitió diferenciar sus propiedades y funciones con mayor especificidad.

La Clase 4, que alcanzó el mayor nivel de representación, está compuesta por el 29% de los grupos los cuales efectuaron una descripción particularizada de todos los componentes del sistema informático con terminología específica. Como sus características son semejantes a las de la Clase 3, según se muestra en la Tabla 5.2, se analizan sólo aquellas que las diferencian.

En relación con el sensor, el grupo GRP14, fue capaz de establecer una analogía con otros dispositivos tradicionales. La relación de correspondencia se constituyó básicamente entre propiedades:

"Podemos decir también que el sensor aprovecha una de sus propiedades (variación de tensión) para que la pueda interpretar otro elemento. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de una variación de temperatura⁹." GRP14

⁹ Se observa en la expresión de este grupo un error conceptual al considerar que la variación de temperatura es la "acción" que produce la dilatación o contracción del mercurio. La respuesta remite a una explicación de tipo causal sin advertir que se trata de una relación entre variables termodinámicas vinculadas mediante cierta ecuación de estado. Cabe destacar que esto motivó un diálogo con el grupo, para aclarar conceptos que ellos aún no habían abordado por corresponder al curso de Física II. No obstante, se valoró la ejemplificación con la que intentaron dar sentido al comportamiento del sensor.

De esta comparación se evidencia que los estudiantes consideran que el sensor junto a los demás componentes del sistema, mencionados en forma implícita ya que se hace referencia a "*otro elemento*", actúa como un instrumento de medición.

Otro grupo, GRP01, lo clasificó en analógico y digital señalando las características relevantes de cada uno y estableció una valoración al relacionarlo con el sistema informático:

"Los transductores son el corazón de los sistemas de instrumentación y por lo general son el eslabón más débil. Un ejemplo de transductor digital es la ftopuerta." GRP01

Asimismo, el grupo estableció una comparación entre sensores analógicos y digitales en el marco de la automatización y del control de procesos:

"Los transductores digitales suelen ofrecer la ventaja de ser más compatibles con las computadoras digitales que los sensores analógicos en la automatización y en el control de procesos." GRP01

Ambos grupos, GRP01 y GRP14, identificaron el interfaz, como parte del hardware del sistema y reconocieron su adaptación a diferentes sensores dado que contiene entradas y salidas analógicas y digitales.

El grupo GRP30 activó ideas asociadas a características de un sensor en cuanto a su precisión en la resolución de las mediciones y a la posibilidad de obtener una continuidad en las mismas. Con respecto al programa de gestión, el grupo destacó aspectos tales como, la flexibilidad: "*...permite seleccionar entre una variedad de sensores como también para un dado sensor elegir entre un conjunto de magnitudes físicas*" y la interactividad: "*Los resultados derivados del procesamiento de los datos se pueden*

visualizar en tablas, gráficos según lo establezca el usuario”, relacionados con aquellos requerimientos que hacen a un programa óptimo.

El tratamiento desarrollado sobre las funciones de cada componente denota que los estudiantes, utilizando un lenguaje específico como medio para comunicar sus ideas, reconocieron las acciones propias de cada dispositivo (Tabla 5.2). La diferenciación de estas acciones para otorgar significado al modo determinado de obrar que tiene cada componente, se constituyó en el punto de partida de las interconexiones que se establecieron entre ellos para conformar un sistema informático como una unidad.

En este proceso de integración derivado de la re-organización de las ideas activadas, se elaboraron proposiciones más generales e inclusivas:

“Un sistema informático es la síntesis de hardware y software. Un sistema informático típico emplea un ordenador que usa dispositivos programables para almacenar, recuperar y procesar datos.” GRP01

“Un sistema informático es un medio que nos permite la transformación de información, en datos útiles para el usuario, a través de los distintos componentes que lo forman.” GRP19

Desde una concepción ausubeliana se observa que los estudiantes no sólo han avanzado en una diferenciación progresiva tanto de los elementos básicos (tokens) componentes del sistema informático como de sus funciones sino también dan evidencia, a través de la re-organización de sus ideas, de un proceso de integración reconciliadora de las mismas. Los modelos mentales dinámicos organizados se relacionan y contrastan con otros modelos mentales construidos ante situaciones experimentales trabajadas en contextos escolares previos como en el caso del grupo GRP14.

La distribución en frecuencia absoluta de los grupos integrantes de cada Clase (Figura 5.2), está básicamente concentrada en las Clases 2, 3 y 4, lo cual da idea que éstas presentan características que muestran rasgos que les otorgan cierta homogeneidad como se desprende de la Tabla 5.2. En particular enumeran los componentes de un sistema informático, consignan las funciones de cada uno de ellos e integran tales componentes para conformar un todo con características propias. Sin embargo, difieren en el vocabulario empleado y en la descripción de cada uno de los dispositivos.

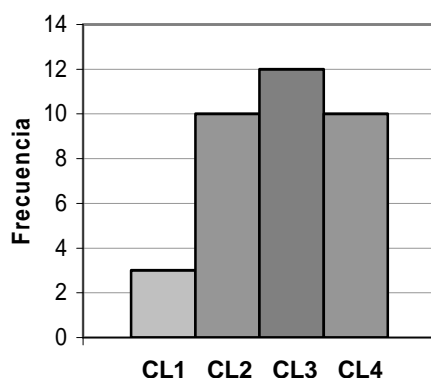


Figura 5.2 Distribución en frecuencia por Clases.

Mientras la Clase 2 no efectuó descripción alguna de los dispositivos que conforman un sistema informático, la Clase 3 diferenció algunas de las características básicas del sensor a la vez que se reconocieron regularidades en su funcionamiento y la Clase 4 desarrolló una descripción particularizada de cada componente que derivó en la elaboración de relaciones apropiadas entre ellos con una progresión hacia el conocimiento científico.

En síntesis, los resultados obtenidos muestran una proyección superadora en los procesos cognitivos puestos en juego por los grupos que conforman cada Clase. Así, los grupos evidenciaron diferentes niveles de representación que se asociaron a escalones. El primer escalón de la Tabla 5.2 corresponde a un procesamiento superficial basado en la enumeración de los componentes de un

sistema informático, Clase 1. Desde el punto de vista de la teoría de los Modelos Mentales desarrollada en el capítulo 2 apartado 2.2.2, puede observarse que los sujetos que componen esta clase organizaron un modelo mental elemental en el que incluyeron únicamente elementos básicos (tokens) del modelo sin precisar sus características, funciones y relaciones, impidiéndoles dinamizarlo. Los modelos mentales construidos por esta clase se diagraman en la Figura 5.3 (a). En sus representaciones a nivel de imagen, por analogía con la figura presentada en la guía del trabajo práctico, sólo se ha avanzado en la identificación de algunos elementos de mayor especificidad, por ejemplo: ficha tipo telefónica, que indica el nivel de profundidad con el que han observado el sistema informático. El segundo escalón, Clase 2, corresponde a un tratamiento sustentado no sólo en la enumeración de los elementos básicos (tokens) que conforman un modelo mental sino que se avanza en el desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas, *reconocer* e *integrar*, que demandan un procesamiento más profundo y se vinculan a estrategias de reorganización y transformación de la información. Los integrantes de esta clase muestran evidencias de la construcción de modelos mentales relacionales -Figura 5.3 (b)- que en algunos casos tienden a ser dinámicos para adaptarse a otras alternativas que aún, son sólo pensamientos pero pueden activarse frente a diferentes situaciones que involucran al sistema informático. Los escalones superiores, asociados a las Clases 3 y 4, se corresponden con un mayor nivel de diferenciación en el procesamiento de la información ya que, además de reconocer las funciones de cada uno de los componentes de un sistema informático e integrar los mismos para conformar una unidad, el tratamiento se orientó hacia la descripción de cada componente utilizando expresiones específicas del lenguaje técnico-científico. Los modelos mentales construidos por estas Clases difieren en su estructura interna. Mientras los modelos mentales

desarrollados por la Clase 3 -Figura 5.3 (c)- incluyen en su estructura interna un modelo mental del sensor, los modelos mentales elaborados por la Clase 4 -Figura 5.3 (d)-, contienen además modelos mentales asociados al interfaz, el ordenador y el programa de gestión. Además, el significado del sensor en la Clase 4 se tornó más inclusivo al relacionarlo y contrastarlo con otros instrumentos de medición.

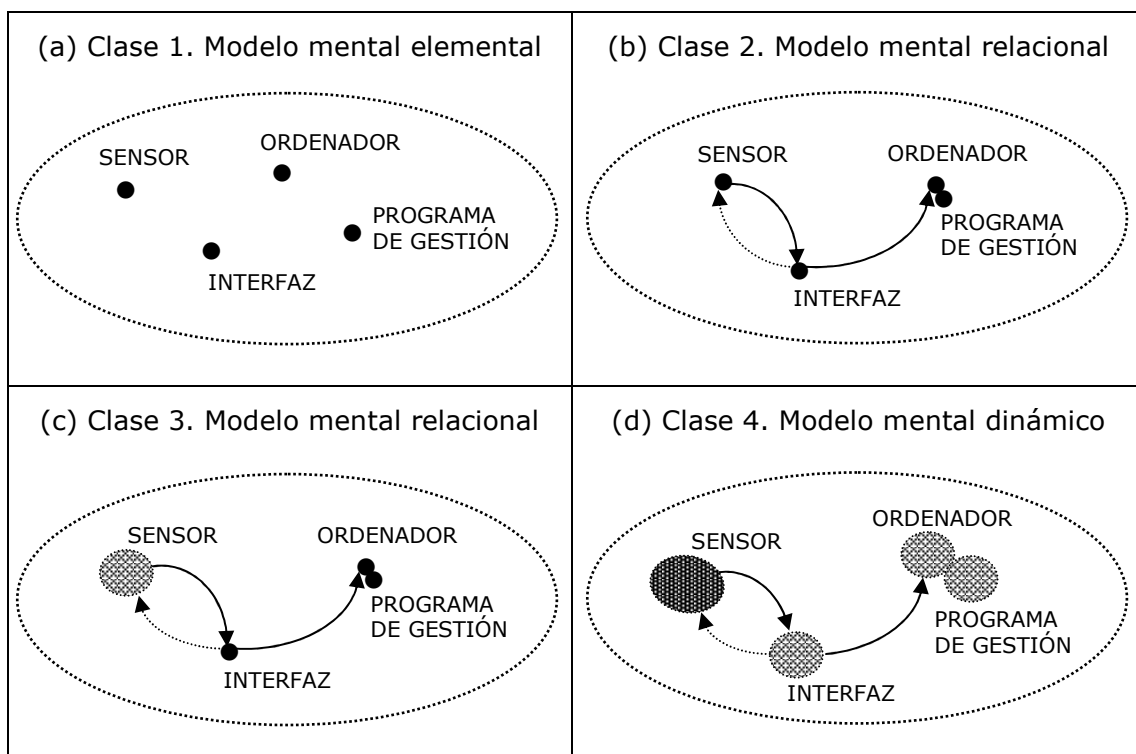


Figura 5.3 Diagramas que sintetizan los modelos mentales construidos por cada clase.

5.2 Categoría: *Instrumento de medición*

Interesa ahora reconocer la manera en que los estudiantes incorporan al sensor y sus relaciones con los componentes del sistema informático dando sentido a éste como instrumento de medición, es decir, en esta categoría se profundiza sobre las características relevantes, uso y función del sensor.

En relación con los requerimientos del programa de actividades propuesto en la guía, consignados con el número 2 en la Figura 3.1 y los correspondientes a la Figura 3.2 del apartado 3.2.2, se definieron a priori los ejes de análisis mostrados en la Tabla 5.3 junto con los indicadores emergentes del procesamiento cualitativo de las producciones escritas por los estudiantes analizando el lenguaje con que expresan sus ideas.

Tabla 5.3 Ejes de análisis e indicadores asociados al tratamiento del sensor como instrumento de medición.

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

En base a los indicadores detallados, se detectaron diversas representaciones asociadas al tratamiento de sensores que pueden ser agrupadas en dos tipos: de contexto declarativo y de contexto procedimental. Las mismas se sintetizaron en dos esquemas¹⁰. El Esquema 1 resume las representaciones de "contexto declarativo". El Esquema 2 concentra aquéllas de "contexto procedimental". Ambos esquemas se han planteado en forma de diagrama de flujo y se muestran en las Figuras 5.3 y 5.4 respectivamente.

5.2.1 Representaciones de "contexto declarativo"

Estas representaciones, en las que se inscribe el 34%¹¹ 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 Esquema 1 que las sintetiza se presenta en la Figura 5.3 y se discute a continuación con mayor profundidad.

A fin de organizar la interpretación del Esquema 1 (Figura 5.3), 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. 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

¹⁰ El término esquema se utiliza como sinónimo de bosquejo gráfico y no en el sentido utilizado en la teoría de los esquemas (Norman & Rumelhart, 1975) que hace referencia a un tipo de representación mental elaborada por los sujetos.

¹¹ GRP01, GRP02, GRP05, GRP08, GRP10, GRP16, GRP23, GRP28, GRP29, GRP30, GRP31, GRP33.

codificación en escala de grises se conservó a lo largo del análisis de esta categoría a los efectos 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 dispositivo simbólico).

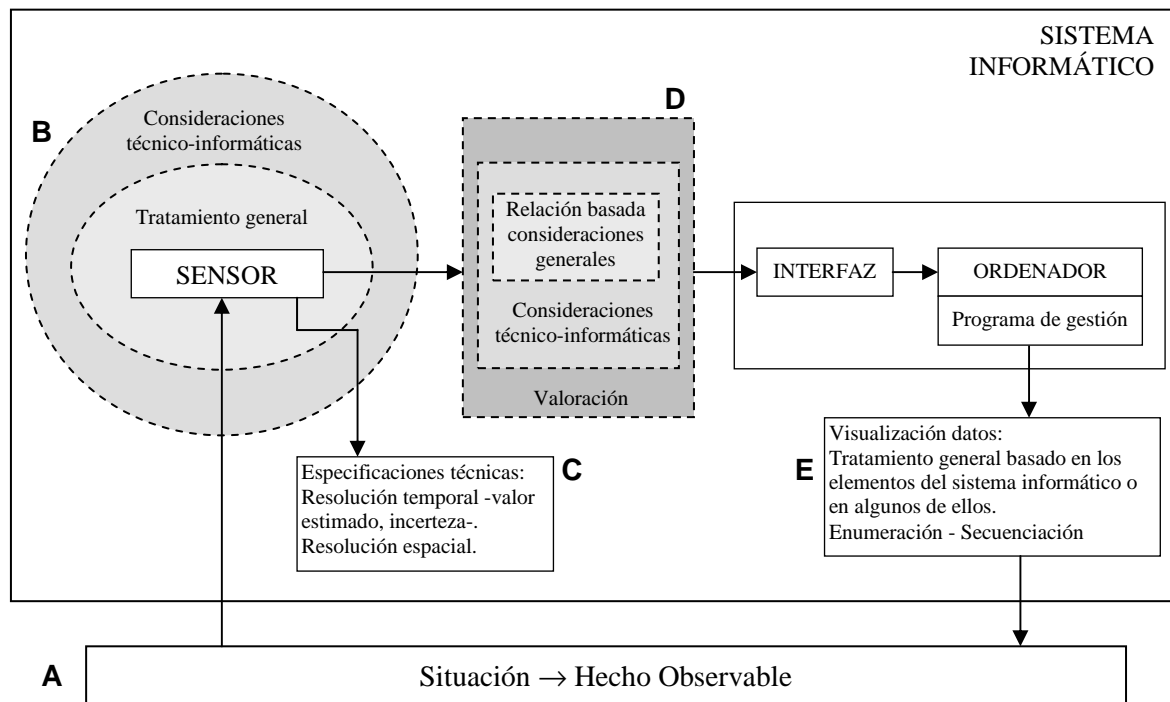


Figura 5.4 Esquema 1, representaciones de "contexto declarativo".

Análisis asociado al elemento A del Esquema 1

La correspondencia *situación → hecho observable*, a la cual se ha asociado el elemento A del Esquema 1, 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.

Las proposiciones consignadas, que se sintetizan en la Tabla 5.4, aluden tanto a la posibilidad de ampliar la gama de experiencias realizables como al incremento en la calidad de las mediciones.

Tabla 5.4 Producciones de los estudiantes asociadas a las aportaciones de los sensores.

Aportaciones	Modalidad	Grupos	Proposiciones
Permiten ampliar la gama de experiencias realizables	Registro de breves o extensos períodos de tiempo	GRP02 GRP05 GRP08 GRP10 GRP33	"Procesos que demandan intervalos de tiempo muy pequeños."
		GRP05	"Cuando el tiempo total de medición es muy extenso."
	Mediciones no viables con instrumentos tradicionales	GRP01 GRP28	"Cuando resulta imposible obtener ciertas magnitudes de fenómenos físicos a través de la simple observación y medición manual."
	Diversidad de magnitudes	GRP16 GRP23	"Experimentos que poseen una variación. Por ejemplo: temperatura, movimiento, presión, luminosidad, etc."
Incrementan la calidad de las mediciones	Precisión	GRP01 GRP08 GRP23 GRP28 GRP30	"Experiencias que requieran medición de datos con precisión."
		GRP30	"En situaciones experimentales que demanden tomar varias veces la misma medición de un cierto estado y sobre todo cuando estas mediciones sean indirectas."
		GRP02 GRP05 GRP10	"Se obtiene menor incerteza con el sistema de adquisición de datos que con el cronómetro."
		GRP10	"En mediciones que el tiempo de reacción de una persona (0,2 segundos) invalide el resultado."
	Manipulación de los datos	GRP30	"Fácil y efectiva toma de datos (por ejemplo obtener velocidad, aceleración y sus respectivas gráficas de un cuerpo en movimiento)."
		GRP01 GRP23 GRP28 GRP30	"Rapidez en la adquisición de datos."

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.

Con respecto al incremento en la calidad de las mediciones se explicitaron aspectos relacionados con la precisión en la resolución y la reproducibilidad de las mediciones. 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 del Esquema 1

Los sensores, en particular, las puertas fotoeléctricas -elemento B- 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 del funcionamiento de los sensores.

En la Tabla 5.5 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*". Se 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 5.5 Producciones de los estudiantes como ejemplo de los dos tratamientos sobre sensores.

Tratamiento general	Consideraciones técnico-informáticas
<p>"El sensor trabaja como un interruptor 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 del interfaz como un puente entre el sensor y el ordenador. Esto da evidencia que el grupo continúa apelando 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 un interfaz. Esto es coherente con un modelo mental dinámico, típico de la Clase 4 (Tabla 5.2) a la cual pertenece este grupo,

donde pensar en el sensor es integrarlo a los demás componentes del sistema informático.

Los 5 grupos restantes, GRP02, GRP05, GRP23, GRP29 y GRP33 no construyeron proposiciones sobre aspectos relacionados con este elemento del Esquema 1.

Análisis asociado al elemento C del Esquema 1

Las ideas sobre sensores se extendieron al considerar las especificaciones técnicas de los mismos -elemento C-, 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 -en el Anexo 5 se detalla el tratamiento correspondiente a las especificaciones técnicas efectuado por los grupos inscriptos en este esquema-.

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*:

"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 temporal." GRP29

Este grupo otorgó significado a las especificaciones técnicas al considerar la resolución espacial y la temporal como aspectos que determinan el rango de medición con los sensores.

Se observa que estos grupos incorporan elementos matemáticos que denotan la organización de modelos mentales básicamente proposicionales.

Los grupos restantes desarrollaron tratamientos poco precisos o incorrectos indicando que aún no se han integrado a la estructura cognitiva aspectos conceptuales específicos asociados a las especificaciones técnicas de los sensores.

Análisis asociado al elemento D del Esquema 1

Se establecieron relaciones entre el sensor y los demás componentes del sistema de adquisición de datos -elemento D- basadas, fundamentalmente, en aspectos generales, grupos GRP05, GRP10, GRP23, GRP30 y GRP31. Únicamente los grupos, GRP28 y GRP33, enunciaron proposiciones de mayor precisión que contienen algunos vocablos pertenecientes al lenguaje técnico-informático y 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 5.6 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.

Tabla 5.6 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>"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 requiera." GRP05</p>	<p>"El sensor mide intervalos de tiempo enviando señales digitales a la interfase¹², 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." GRP33</p>	<p>"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." GRP01</p>

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

¹² Dado que la transcripción de las producciones escritas de los estudiantes es textual y que en Argentina se utilizan los términos interfase e interfaz en forma indistinta, se decidió mantener el vocablo empleado en las producciones escritas seleccionadas para su transcripción.

experimento a través de cuadros y gráficos...”, se observa que el grupo reconoce que un sistema informático es un dispositivo de medición que permite que los datos experimentales de diversas magnitudes físicas obtenidos con sensores sean 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 anteriores, 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”.*

Desde un punto de vista vygotskyano los niveles detectados (Tabla 5.6) revelan la manera en que el lenguaje, en cuánto 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 del Esquema 1

La visualización de los datos en la pantalla del ordenador -elemento E- 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 observó 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 grupos¹³ recurre a proposiciones basadas en los elementos que constituyen un sistema informático -sensor, interfaz,

¹³ GRP01, GRP02, GRP05, GRP08, GRP16, GRP23, GRP28, GRP29, GRP31.

ordenador, programa- o en alguno de ellos; en las características de funcionamiento de las fotopuertas y/o en la conexión sensor - interfaz:

"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

Este tratamiento es afín a la organización de modelos mentales básicamente proposicionales, característicos de algunos de estos grupos - GRP05, GRP08, GRP23 y GRP31- al elaborar sus ideas sobre las especificaciones técnicas del sensor según fuera señalado anteriormente en el análisis asociado al elemento C de este Esquema.

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

Estos dos grupos muestran evidencias de la construcción de modelos mentales de procedimientos con una secuencia temporal correspondiente al orden en que sucedieron los eventos.

Los grupos restantes, GRP10, GRP30 y GRP33, no hicieron referencia al procedimiento que permite visualizar los datos en la pantalla del ordenador.

5.2.2 Representaciones de "contexto procedimental"

En esta representación, en la que se inscriben el 66%¹⁴ 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 Esquema 2, que se presenta en la Figura 5.4, se sintetizan las características generales asociadas con estas representaciones.

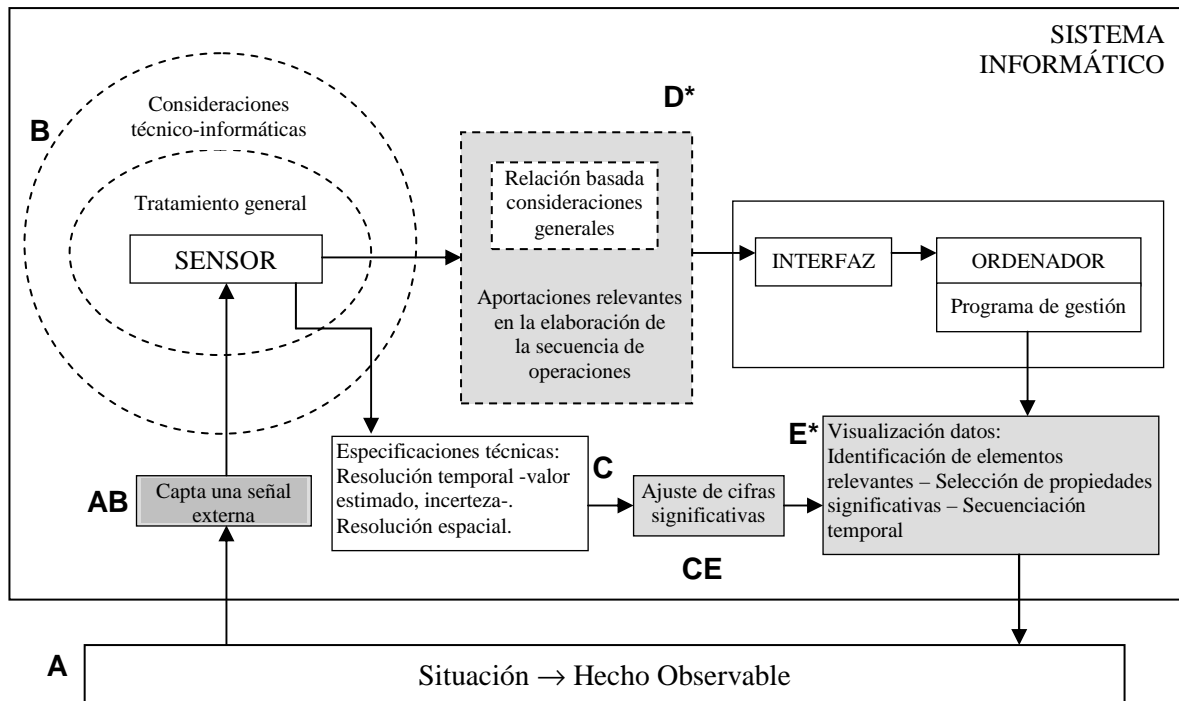


Figura 5.5 Esquema 2, representaciones de "contexto procedimental".

En el esquema de la Figura 5.4 se continuó con la forma de organización del Esquema 1 correspondiente a la representación denominada "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

¹⁴ GRP03, GRP04, GRP06, GRP07, GRP09, GRP11, GRP12, GRP13, GRP14, GRP15, GRP17, GRP18, GRP19, GRP20, GRP21, GRP22, GRP24, GRP25, GRP26, GRP27, GRP32, GRP34, GRP35.

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 del ordenador. 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.

Análisis asociado al elemento AB del Esquema 2

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 un instrumento de medición con respecto a las producciones de aquellos grupos que construyeron 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 esta procesa los datos hasta transformarlos en información legible para nosotros." GRP18

Análisis asociado al elemento D del Esquema 2*

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 grupos¹⁵ 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 son 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 distingue 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..."*

¹⁵ GRP03, GRP04, GRP15, GRP19, GRP20, GRP24, GRP25, GRP35.

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 buscar el valor único 'correcto' de los del conjunto de mediciones sino que incorporan parámetros de tendencia central que caractericen 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 éstos están asociados a la precisión de la medición. Estas producciones sugieren la construcción de modelos mentales básicamente proposicionales.

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 sustenta en modelos mentales dinámicos ya identificados en los grupos GRP04, GRP19 y GRP35 dado que pertenecen a la Clase 4. En tanto que los grupos GRP03, GRP15, GRP24 y GRP25, dan evidencias de una evolución en sus modelos mentales relacionales, característicos de la Clase 3 a la cual corresponden, hacia modelos mentales dinámicos propios de la Clase 4.

Análisis asociado al elemento E del Esquema 2*

La forma con la que los datos se visualizaron en la pantalla del ordenador otorgó significado a la relación entre el sistema informático y la situación

experimental. Esto surge dado que la adquisición de datos se asoció de manera inmediata con un formato de tabla, de gráfica o con ambos, con el objeto de interpretar la situación experimental en estudio y enunciar conclusiones. En particular, como se puede observar en la producción del grupo GRP30, la visualización alentó la producción de inferencias para expresar relaciones entre conceptos (período y frecuencia):

"Mediante el sensor, junto al sistema informático, podemos obtener el registro del tiempo de oscilaciones completas del péndulo. El análisis del período, la frecuencia y los ciclos, nos permitió inferir sobre cuestiones como el estado del péndulo por ejemplo. Para una frecuencia baja el período es alto, o sea que al péndulo le toma más tiempo realizar una oscilación completa ..." GRP30

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 grupos¹⁶ 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

¹⁶ GRP03, GRP04, GRP07, GRP09, GRP11, GRP12, GRP14, GRP15, GRP18, GRP19, GRP20, GRP22, GRP24, GRP26, GRP27, GRP32, GRP34.

Como puede observarse en la transcripción del grupo GRP19, se enriquece tanto en detalle como en cantidad de operaciones, en comparación con lo mencionado en la modalidad "representación de contexto declarativo", la descripción en que se suceden las acciones que relacionan los diferentes elementos básicos para articular su modelo mental de procedimiento.

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, lo cual revela que reconocieron la influencia de la resolución temporal del sensor en el registro de los datos experimentales:

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

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




Todas estas producciones denotan la activación de modelos mentales básicamente proposicionales.



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 software, 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, según se muestra en la Figura 5.5.

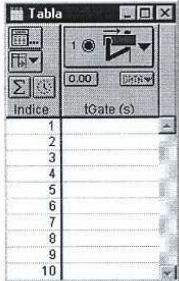
4- Describe, detalladamente, el procedimiento para visualizar en la pantalla de la computadora el registro del intervalo de tiempo durante el cual el haz permaneció bloqueado.

Ejecutamos el software adecuado (Science Workshop). Creamos un archivo nuevo (sntitulo.SWS).



En la ventana actual hicimos clic y arrastramos el conector "plug"  hacia el canal digital , y luego seleccionamos el sensor digital "foto puerta objeto sólido" .

De la misma forma, clic en el icono "tabla"  y lo arrastramos hacia el icono . Elegimos la variable a representar (Tiempo en la puerta Tgate). Allí nos apareció la siguiente tabla:



Donde seleccionamos 4 decimales haciendo clic en . Posteriormente, para iniciar y finalizar la experiencia hicimos clic en "grabar" y "stop" respectivamente. El resultado del intervalo de tiempo durante el cual el haz permaneció bloqueado quedo registrado en la tabla de la izquierda.

Figura 5.5 Producción elaborada por el grupo GRP20 para describir la visualización de datos.

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.

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 del Esquema 2*

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 del ordenador.

Así, los grupos GRP20, GRP22, GRP24 y GRP27, al consignar la secuencia de pasos para la visualización de datos formulan: "... seleccionamos Tabla, por lo que arrastramos su ícono hasta el de la fotopuerta, 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 12 de los grupos¹⁷ emplearon correctamente la cantidad de cifras significativas en la comunicación de los resultados de las mediciones correspondientes a los distintos intervalos de tiempo, según se puede observar en el Anexo 6. Sin embargo no lo consideraron un aspecto relevante a tener en cuenta en el proceso de visualización de los datos.

En el Anexo 6 también se puede observar que 11 grupos¹⁸ no hacen referencia a la resolución espacial del sensor, lo cual denota que esta especificación no constituyó un aspecto relevante a tener en cuenta en la toma de datos con sensores. Uno de los grupos que efectuaron un tratamiento correcto, consignó:

"... 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." GRP20

¹⁷ GRP06, GRP07, GRP09, GRP15, GRP18, GRP19, GRP20, GRP21, GRP22, GRP24, GRP25, GRP27.

¹⁸ GRP03, GRP04, GRP11, GRP12, GRP14, GRP17, GRP21, GRP24, GRP25, GRP32, GRP34.

Esto indica que se han diferenciado aspectos asociados a los atributos esenciales del concepto de resolución espacial evolucionando hacia modelos mentales proposicionales más completos.

En síntesis, las representaciones de "contexto procedimental" presentan un mayor número, tanto de conceptos previos activados como de interrelaciones entre ellos, que las representaciones de "contexto declarativo" para otorgar significado al conjunto de elementos constitutivos de un sistema informático como instrumento de medición.

Los estudiantes que construyeron representaciones de "contexto procedimental" fueron capaces de producir inferencias para expresar relaciones entre conceptos como también de elaborar un razonamiento deductivo en el que involucraron conceptos organizadores básicos para construir un modelo mental de un determinado hecho observable. La interacción que establecieron con el sistema informático durante el proceso de visualización de datos en la pantalla del ordenador les permitió asociar información previa vinculada al proceso de medición con conceptos nuevos referidos al rango de funcionamiento del sensor. De esta forma, el sistema informático da evidencia de actuar como un instrumento de mediación para promover el aprendizaje. Asimismo, este proceso favoreció la identificación de los elementos relevantes que intervienen, la selección de las propiedades más significativas de los mismos, la especificación de un cierto orden y sistemática y la secuenciación temporal del proceso.

5.3 Categoría: *Comparación entre instrumentos de medición*

Teniendo en cuenta que comparar es un proceso mental a través del cual se establecen semejanzas y diferencias entre dos o más unidades, se identificaron los indicadores que constituyen los aspectos o variables a partir de los cuales los estudiantes organizaron el proceso de comparación entre un instrumento tradicional, en nuestro caso un cronómetro, y el

sistema informático. El segmento de la guía asociado a la comparación entre instrumentos de medición se presentó en la Figura 3.3.

En la Tabla 5.7 se consignan los indicadores vinculados tanto a las semejanzas como a las diferencias establecidas. En cursiva se resaltaron las palabras con las que se codificó cada indicador.

Tabla 5.7 Ejes de análisis e indicadores asociados a la comparación entre instrumentos de medición.

Ejes de análisis	Indicadores
Semejanzas	1. Se utilizan para <i>medir tiempo</i> .
	2. Ambas mediciones requieren de la <i>intervención del observador</i> .
	3. Considerando las incertezas, los <i>resultados de ambas mediciones</i> coinciden en un intervalo.
	4. El <i>procedimiento experimental</i> para llevar a cabo la determinación del período es el mismo con ambos instrumentos.
Diferencias	5. <i>Precisión</i> en la resolución de las mediciones.
	6. Influencia del <i>tiempo de reacción</i> del observador.
	7. <i>Posición</i> adoptada como <i>referencia</i> para el registro del tiempo de una oscilación completa del péndulo.
	8. <i>Número de oscilaciones</i> a tener en cuenta en la determinación del período.
	9. <i>Incerteza de la medición</i> .
	10. <i>Organización de los datos</i> (tablas y gráficas).
	11. Registro de <i>mayor cantidad de datos</i> de tiempos de oscilaciones completas del péndulo.
	12. Posibilidad de efectuar <i>mediciones en tiempo real</i> .
	13. Forma en la que <i>interviene el observador</i> durante el proceso de medición.
	14. <i>Costo de los equipos</i> .

En la Tabla 5.8 se muestran los aspectos sobre los cuales cada grupo de estudiantes focalizó la comparación entre los instrumentos de medición. Del análisis de la misma se puede inferir que al compararlos, el 60% de los grupos indicó como semejanza que tanto el cronómetro como el sistema informático se utilizan para medir tiempos. Con respecto a las diferencias el

71% destacó la precisión en la resolución de las mediciones y el 74% la influencia del tiempo de reacción del observador.

Tabla 5.8 Caracterización global de las actuaciones de los grupos.

Grupo	Comparación entre instrumentos de medida													
	Ejes de análisis													
	Semejanzas				Diferencias									
	Indicadores				Indicadores									
	Miden tiempo	Intervención observador	Resultado de la medición	Procedimiento experimental	Precisión	Tiempo de reacción	Posición ref. regist. tiempo	Número de oscilaciones	Incerteza de la medición	Organización de los datos	Mayor cantidad datos	Medición en tiempo real	Intervención observador	Costo de los equipos
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
GRP01	X				X	X		X			X			X
GRP06	X		X		X	X	X	X			X			
GRP12	X				X	X		X	X		X			
GRP16	X	X	X		X	X		X	X		X			
GRP17	X				X	X		X			X			
GRP19	X		X		X	X		X	X	X	X		X	
GRP20	X				X	X	X		X		X			
GRP21	X				X		X	X			X			
GRP23	X				X	X			X		X			
GRP27	X				X	X	X		X		X		X	
GRP30	X			X	X	X	X		X		X			
GRP09	X				X	X			X			X		
GRP10	X				X	X								
GRP11	X		X		X	X							X	
GRP13	X				X	X					X		X	
GRP15	X					X			X				X	
GRP18	X					X			X					
GRP24	X				X	X								
GRP32	X					X				X	X			
GRP33	X	X			X	X					X			X
GRP35	X				X	X		X					X	
GRP03				X	X			X	X					
GRP08				X	X	X		X	X					
GRP22				X	X	X		X	X					
GRP25				X	X			X	X					
GRP26			X		X	X		X	X		X			
GRP28			X			X		X	X					
GRP29				X	X	X	X	X	X					
GRP31				X	X	X		X	X					

No obstante, se observa que los distintos grupos incluyeron en el proceso de comparación otras características las que permiten asociarlos en distintas *clases* atendiendo a los aspectos comunes puestos en juego al efectuar dicha comparación. Así, se reconocieron tres clases con características diferenciadas. En la Tabla 5.8 los grupos pertenecientes a cada clase se identificaron con una misma tonalidad de gris.

La *Clase 1* (identificada con gris claro) está conformada por el 31% de los grupos que establecieron como semejanza que ambos instrumentos se utilizan para medir tiempo y asociaron las diferencias a la precisión en la resolución de las mediciones, a la posibilidad de ampliar el número de mediciones del período del péndulo durante su movimiento cuando utilizan el sistema informático y a la influencia del tiempo de reacción del observador, *"La medición con sensor es un proceso automático ... no influye el tiempo de reacción del observador como en el caso del cronómetro"*, GRP12, *"... eliminándose además, con este sistema, el tiempo de reacción del observador que afecta a nuestras mediciones"*, GRP30. Esta última diferencia no fue considerada por el grupo GRP21.

Un número significativo de grupos (7 sobre 11) reconoció otras diferencias al comparar ambos instrumentos relacionadas con el número de oscilaciones a tener en cuenta para determinar el período del péndulo y con la incerteza en la medición del tiempo.

Un número menor de grupos (5 sobre 11) consignó como diferencia la posición de partida para registrar el tiempo de una oscilación completa del péndulo. En este sentido, el grupo GRP20 explicitó que en la medición con cronómetro, *"El inicio del conteo y por consecuencia el final es elegido a criterio del observador"*, mientras que en la medición utilizando un sistema informático, *"El inicio del conteo y por consecuencia el final, queda limitado por el funcionamiento del sensor, es decir, que comienza cuando el haz se interrumpe por primera vez"*.

Durante el proceso de comparación entre ambos dispositivos los grupos fueron activando ideas que les permitieron establecer una correspondencia entre los resultados obtenidos y el marco conceptual disponible. Así, establecieron relaciones entre la apreciación de un instrumento y la precisión de una medición. El grupo GRP19 explicitó: "... como el sensor tiene una apreciación más chica que el cronómetro, las mediciones efectuadas con dicho sistema fueron más precisas". Es decir, la relación establecida entre apreciación y precisión estaría indicando que los estudiantes son capaces de diferenciar ambos conceptos.

Cabe destacar que si bien reconocieron la posibilidad de ampliar el número de mediciones del período del péndulo durante su movimiento cuando utilizan el sistema informático, este aspecto no se relacionó con la idea de que siempre que sea posible, desde un punto de vista práctico, varias mediciones proporcionan más información que una, y que conviene ampliar el número de éstas, puesto que en general mejora la precisión por reducción de las incertezas aleatorias.

En síntesis, la *Clase 1* está conformada por grupos que reconocen que un sistema informático es una herramienta que tiene la misma función que las herramientas tradicionales (en nuestro caso el cronómetro): servir de instrumento de medición. Debido a ello, las diferencias que consignaron todos los integrantes aluden a la precisión en la resolución de las mediciones efectuadas con el sistema informático y a la posibilidad que ofrece de registrar una importante cantidad de datos. Asimismo, la incidencia del tiempo de reacción del observador, el número de oscilaciones a tener en cuenta en la determinación del período y la incerteza de la medición se constituyeron en aspectos relevantes del proceso de comparación efectuado por los grupos de esta Clase.

La *Clase 2* (identificada con gris medio en la Tabla 5.8) está integrada por el 29% de los grupos que indicaron como semejanza que ambos instrumentos

se utilizan para medir tiempo, coincidiendo con lo establecido por los grupos correspondientes a la Clase 1. Pero sólo señalaron como diferencia la influencia del tiempo de reacción del observador.

Cabe mencionar ciertos rasgos particulares compartidos por algunos grupos de esta Clase en la construcción de ideas asociadas a la comparación de los dispositivos. Así, al establecer las diferencias entre ambos instrumentos de medición los grupos, GRP09, GRP11, GRP24, GRP33 y GRP35, mencionaron la precisión en la resolución de las mediciones justificando su razonamiento a través de la relación precisión- tiempo de reacción. Otros grupos, GRP10 y GRP13, mencionaron que las mediciones efectuadas con un sistema informático son "*muy exactas*" en relación con las realizadas con un cronómetro pero no incluyen ninguna explicación o justificación al respecto.

Otra diferencia que señalaron los grupos, GRP11, GRP13, GRP15 y GRP35, está relacionada con la intervención del observador: "*El observador debe comenzar y detener el contador de tiempo mediante un pulsador mecánico*" -en referencia a la medición con cronómetro- y "*El observador no interviene en el proceso de comienzo y detención del tiempo*" -en referencia al sistema informático-, GRP15. Otro grupo consignó: "*Trabajar con un sistema informático es muy sencillo y rápido a hacerlo en forma manual*", GRP11.

Si bien las reflexiones en torno a la comparación entre instrumentos de medición motivó al grupo GRP33 a incluir en el marco del informe una tabla con el registro de los tiempos de cada oscilación completa y las gráficas de los ciclos, frecuencia y período del péndulo en función del tiempo, no enunciaron conclusiones asociadas con este procesamiento de datos, denotando debilidades en la interpretación y discusión de resultados.

En resumen, la Clase 2 está integrada por grupos que reconocen que un sistema informático tanto como un cronómetro les permite medir tiempo y, por tanto, ambos se usan como instrumento de medición, si bien les asignan características que les son propias a

partir de establecer diferencias entre ellos. La incidencia del tiempo de reacción del observador es la variable de comparación establecida como diferencia por todos los grupos. Sólo algunos grupos reconocen entre las diferencias, la precisión en la resolución de las mediciones efectuadas con el sistema informático y la intervención del observador asociada a las manipulaciones experimentales concretas que derivan del uso de cada instrumento.

La *Clase 3* (identificada con gris oscuro en la Tabla 5.8), está constituida por el 23% de los grupos, los cuales basaron las semejanzas en el procedimiento experimental, con excepción de los grupos GRP26 y GRP28. Así, el grupo GRP08 consignó: "... con el cronómetro y con el sistema informático, se lanzó el péndulo desde la misma posición, tomando la misma longitud de la cuerda, la misma bolita y dejándola caer desde la posición inicial, es decir, no dándole aceleración". En tanto, los grupos GRP26 y GRP28 asociaron las semejanzas a los resultados de las mediciones obtenidos con ambos instrumentos considerándolos como "aceptables" sin indicar los referentes que sustentan esta calificación. Todos los grupos mencionaron como diferencias la incerteza de las mediciones y el número de oscilaciones a tener en cuenta para determinar el período.

Se evidenciaron algunas características particulares, compartidas por un número significativo de grupos que conforman esta clase (7 sobre 11), vinculadas al reconocimiento de las diferencias. En este sentido, el tiempo de reacción del observador y la precisión en la resolución de la medición se constituyeron en los aspectos destacados. En general, el tratamiento efectuado sobre la precisión está sesgado por el concepto de exactitud ya que no lograron diferenciar ambos conceptos utilizándolos en forma indistinta como sinónimos.

En síntesis, la *Clase 3* está constituida por grupos que asocian las semejanzas al procedimiento experimental sin consignar demasiados detalles, sólo aspectos generales relacionados con la

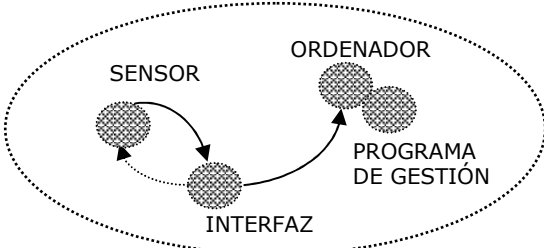
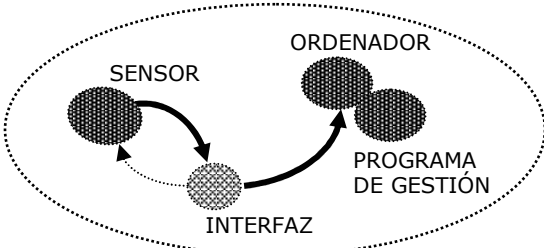
construcción del péndulo y/o las condiciones iniciales del movimiento. Una de las diferencias indicadas también está vinculada con el procedimiento ya que se refiere al número de oscilaciones a tener en cuenta para determinar el período con cada dispositivo. Las incertezas en las mediciones constituyeron otra de las diferencias sobre la que todos los grupos focalizaron su atención.

El proceso de comparación desarrollado entre instrumentos de medición por los grupos que conforman las tres clases, propició la evolución de sus modelos mentales iniciales sobre el sistema informático, si bien, se evidencia que difieren en su estructura interna. Así, los estudiantes incorporan nuevos elementos constitutivos y nuevas relaciones entre ellos en sus modelos mentales. Además, se fortalecen las relaciones entre los componentes que conforman el sistema informático, otorgándole una funcionalidad diferente al modelo mental de éste último. Es decir, el sistema informático, en tanto instrumento de medición, presenta características particulares que lo distinguen de los instrumentos de medición tradicionales.

A modo de ejemplo, en la Tabla 5.9 se presenta la interpretación efectuada sobre la evolución de la estructura interna del modelo mental sobre el sistema informático correspondiente al grupo GRP19 en función de las aseveraciones consignadas en el párrafo anterior. Este grupo, perteneciente a la Clase 4 de la categoría Dispositivo simbólico, consignó el mayor número de diferencias al efectuar el proceso de comparación entre los instrumentos de medición.

El criterio adoptado en la selección del grupo fue tomar aquél que permitiera mostrar con mayor detalle cómo se efectuó la asignación de los indicadores a las proposiciones elaboradas por los estudiantes durante el proceso de comparación. Por ello en la Tabla 5.9 se indica con negrita la proposición y a continuación el indicador que se asoció a la misma.

Tabla 5.9 Evolución de la estructura interna del modelo mental del sistema informático correspondiente al grupo GRP19. (Las producciones que dan cuenta de la evolución del modelo mental se consignan en paralelo y sombreadas en gris).

Dispositivo simbólico	Comparación entre instrumentos de medición
	
<p>Aspectos que denotan la evolución de la estructura interna del modelo mental del sistema informático:</p>	
<p>El modelo mental del sensor, inicialmente basado en los elementos físicos que lo componen y la función que cumple, evolucionó a partir de la incorporación de características propias de los instrumentos de medición: la apreciación y su relación con la precisión.</p>	
<p><i>"Es un elemento que emite un haz infrarrojo y su función es la de medir el tiempo de interrupción de ese haz, cuando un objeto lo atraviesa".</i></p>	<p><i>"Como el sensor tiene una apreciación más chica que el cronómetro, las mediciones efectuadas con dicho sistema fueron más precisas."</i> -Indicador 5, Tabla 5.8-</p>
<p>En relación con el modelo mental del ordenador/programa de gestión se observó un avance relacionado con la demanda de la tarea. Es decir, el nuevo modelo mental incluye elementos asociados al registro, organización y visualización de los datos.</p>	
<p><i>"En la computadora se encuentra instalado el software que procesa los datos del experimento y los muestra en la pantalla."</i></p>	<p><i>"Con el sistema informático es posible visualizar en la pantalla de la computadora el tiempo de más de una oscilación completa... -Indicador 8, Tabla 5.8- ... y los datos los va volcando uno debajo del otro en una tabla -Indicador 10, Tabla 5.8- hasta que el usuario decide parar con el registro de las mediciones."-Indicador 13, Tabla 5.8-</i></p>
<p>El modelo mental del sistema informático como instrumento de medición evolucionó al considerar su incidencia en la estimación y valoración de la incerteza de las mediciones y al posicionar al observador frente al proceso de medición.</p>	
<p><i>"Un sistema informático es un medio que nos permite la transformación de información, en datos útiles para el usuario, a través de los distintos componentes que lo forman."</i></p>	<p><i>"La incerteza en la medición con el sistema coincide con el valor de la resolución temporal del sensor..."-Indicador 9, Tabla 5.8- "El tiempo de reacción del observador -Indicador 6, Tabla 5.8- incide en la determinación de la incerteza de la medición con el cronómetro..." "El sistema tiene la ventaja que no se necesita de una persona que vaya anotando las mediciones del mismo."-Indicador 13, Tabla 5.8- "Otra cosa que se puede concluir es que con el sistema se pueden realizar mayor cantidad de mediciones -Indicador 11, Tabla 5.8- y... el error de medición producido con el sistema es menor." -Indicador 9, Tabla 5.8-</i></p>

El modelo mental del sistema informático elaborado por el grupo GRP19 evolucionó a partir de la incorporación de nuevas propiedades a los modelos mentales tanto del sensor como del ordenador/programa de gestión y de relacionar dichos modelos, integrándolos para conformar una unidad con significado. Puede observarse en el conjunto de proposiciones que se muestran en la última fila de la Tabla 5.9 que, la proposición que inicialmente da evidencias de las relaciones entre las entidades mentales - sensor, interfaz y ordenador/programa de gestión- apelando a su funcionamiento, evolucionó hacia otras donde se asigna un nuevo significado como instrumento de medición que influye en la estimación y valoración de la incerteza de las mediciones.

El 17% restante, grupos GRP02, GRP04, GRP05, GRP07, GRP14 y GRP34, no comparó las mediciones efectuadas con ambos dispositivos.

5.4 Categoría: Regulación de la tarea

El programa de actividades de la guía de laboratorio incluye consignas orientadas a fomentar en los estudiantes el control de la propia comprensión de la tarea desarrollada. Así, se les solicita que expliciten en qué situaciones y condiciones se utilizan sensores para recoger datos experimentales (indicado con el número 2 en la Figura 3.1), que sintetizen las ideas relevantes sobre cómo trabaja un sensor y sobre su relación con los demás componentes del sistema informático (última consigna en la Figura 3.2) y que reflexionen sobre los alcances de las mediciones efectuadas con sensores (preguntas propuestas en la Figura 3.3). A continuación se presenta un análisis de cada una de las consignas mencionadas.

Ideas asociadas a las situaciones y condiciones en las que se utilizan sensores

Al analizar las producciones de los estudiantes se identificaron dos aspectos distintos: el primero está relacionado con la distinción entre las situaciones experimentales en las que se utiliza el sensor y las condiciones bajo las cuales se los usa. El segundo aspecto, se centra en el uso práctico de los sensores en función de las situaciones en las que su empleo se presenta como adecuado.

Tabla 5.10 Diferenciación de los conceptos 'situación' – 'condición de uso del sensor'.

Caracterización	Grupo
Diferencian 'situación' de 'condición'	GRP01 GRP12 GRP28 GRP29
Confunden 'situación' con 'condición'	GRP21
No mencionan condiciones	GRP02 GRP03 GRP04 GRP05 GRP06 GRP07 GRP08 GRP09 GRP10 GRP11 GRP13 GRP14 GRP15 GRP16 GRP17 GRP18 GRP19 GRP20 GRP22 GRP23 GRP25 GRP26 GRP27 GRP30 GRP32 GRP33 GRP35
No realizan la tarea demandada	GRP24 GRP31 GRP34

Con respecto al primero de los aspectos, se observa que la mayoría de los grupos, que se indican en la Tabla 5.10, no mencionan en sus producciones las condiciones bajo las cuales emplearían sensores, sólo hacen referencia a las situaciones en las que lo utilizarían para recoger datos experimentales.

En el intercambio dialógico que se produjo durante la devolución de los protocolos, los estudiantes manifestaron que no se habían dado cuenta que la tarea demandaba explicitar las condiciones bajo las cuales usarían los sensores para recoger datos. Esto da indicios que la actividad fue realizada como una tarea de aprendizaje centrado en el contenido específico abordado en el trabajo práctico, que podría caracterizarse como un aprendizaje localizado, y no con un sentido propedéutico. Cabe destacar que la omisión de una mención explícita a las condiciones también se ha observado con 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, a los procedimientos y cálculos.

Sólo 4 de los grupos fueron capaces de elaborar proposiciones asociadas tanto a las posibles situaciones experimentales como a las condiciones bajo las cuales los sensores pueden ser usados para recolectar datos. Estos estudiantes eran conscientes que estaban ante una tarea que les demandaba buscar, interpretar y seleccionar información pertinente, así como diferenciar los atributos esenciales asociados tanto a las situaciones como a las condiciones para organizar la nueva información en proposiciones interrelacionadas.

En sus producciones se evidencia que consideran el sentido que tiene el uso de los sensores en el caso particular en que se los aplica al explicitar atributos específicos del sensor, asociados a las condiciones de uso, tales como la resolución espacial y la temporal: *"Utilizaríamos sensores para registrar intervalos de tiempo, velocidades, siempre que el objeto sea identificado por el sensor, siempre que esté dentro de la resolución ya sea espacial como temporal"*, GRP29. Desde este punto de vista, estos estudiantes, muestran que orientaron su aprendizaje en un sentido propedéutico.

El grupo GRP12 apeló al contenido de la guía de laboratorio al mencionar tanto las situaciones como las condiciones en las que utilizarían sensores: *"...en situaciones que involucren la necesidad de registrar un determinado tiempo, como por ejemplo, el período de un péndulo..."; "...para obtener el tiempo que tarda el péndulo en completar una oscilación el haz de luz del sensor debe ser obstruido en su totalidad por algún cuerpo, ..."*. En esta última proposición, se observa que los estudiantes que conforman este grupo aluden a una condición asociada al funcionamiento de las puertas fotoeléctricas basado en el bloqueo de un haz infrarrojo por un móvil. Se

evidencia que han logrado asimilar información relevante asociada al funcionamiento del sensor.

El grupo GRP21 respondió a la consigna sin diferenciar las ideas asociadas a las posibles situaciones de las condiciones de uso, denotando que los estudiantes que conforman este grupo no han tomado conciencia de su confusión y de sus dificultades para evaluar el grado de aceptabilidad de las ideas explicitadas.

Los grupos que no respondieron a la tarea demandada fueron entrevistados a posteriori y mostraron debilidades en diferenciar situación de condición y, en consecuencia, precisar condiciones de trabajo experimental.

En relación con el segundo aspecto: señalar situaciones en las que el uso de sensores es adecuado, una tercera parte de los grupos¹⁹ hizo referencia a posibles situaciones que pertenecen a distintas áreas de conocimiento. Así, explicitaron situaciones en otros contextos de la mecánica y en menor grado de termodinámica, óptica y química. Si bien se observa que algunas de las ideas son primarias y requieren de una mayor precisión y ajuste, la consideración de distintas áreas de conocimiento que efectúan estos estudiantes denota que son conscientes de las potencialidades de los sensores en el registro de datos.

Los grupos²⁰ restantes elaboraron proposiciones en base a información disponible en la guía sin tener en cuenta que la misma es insuficiente para abordar esta tarea. Así, el grupo GRP33 consignó: "*Cuando queremos realizar experimentos que requieran de intervalos de tiempo para su eventual recolección de información.*" Los estudiantes no consideraron necesario recurrir a información de otras fuentes que los orientara hacia la formulación de posibles situaciones concretas, confiando en sus

¹⁹ GRP12, GRP13, GRP16, GRP17, GRP19, GRP21, GRP23, GRP26, GRP27, GRP35.

²⁰ GRP01, GRP02, GRP03, GRP04, GRP05, GRP06, GRP07, GRP08, GRP09, GRP10, GRP11, GRP14, GRP15, GRP18, GRP20, GRP22, GRP25, GRP28, GRP29, GRP30, GRP32, GRP33.

conocimientos sin darse cuenta que tenían dificultades en la comprensión de la demanda de la tarea.

Por otra parte, los grupos GRP13, GRP16, GRP17, GRP19, GRP23, GRP26, GRP27 y GRP35, explicitaron situaciones en las que usarían sensores que corresponden a diferentes contextos: "*Utilizaríamos sensores para detectar cambios en un estado que se considera normal, como por ejemplo, cambio de temperatura, posición o concentración química ...*", GRP27. Se observa que son capaces de formular situaciones nuevas que derivan de la búsqueda de información específica asociada al uso de sensores para el registro de datos experimentales.

Ideas sobre cómo trabaja un sensor y sobre su relación con los demás componentes del sistema informático

El análisis de las producciones de los grupos relativas a la última consigna del segmento de la guía que se muestra en la Figura 3.2, permitió reconocer diferentes sub-categorías y, en particular, para la identificada como *Explicitan ideas relevantes* se detectaron distintos niveles de completitud y rigurosidad.

En la Tabla 5.11, se consignan los resultados emergentes del procesamiento de datos. Se observa que el 77% de los grupos explicitó ideas relacionadas con el funcionamiento del sensor y que un porcentaje menor de grupos, 54%, elaboró ideas asociadas a las relaciones entre el sensor y los demás componentes del sistema informático. En ambos casos, las ideas activadas por los grupos difieren tanto en completitud como en rigurosidad.

De los grupos que explicitan ideas relacionadas con el funcionamiento del sensor, el 41% incluyó información relevante contenida en la guía del trabajo práctico. Algunos de estos grupos recurrieron a bibliografía específica para ampliar la información disponible, denotando que consideraron insuficiente tal información.

Tabla 5.11 Porcentaje de grupos que corresponden a cada sub-categoría y modalidad asociadas a las ideas explicitadas sobre sensores y su relación con los otros componentes del sistema informático.

Sub-categoría	Nivel	Modalidad	Asociadas al sensor			Asociadas a las relaciones sensor-sistema informático		
			% Sub cat.	Grupo	% Mod	% Sub cat.	Grupo	% Mod
Explicitan ideas relevantes	COMPLETITUD	Reducido	77	GRP03, GRP05, GRP09, GRP13, GRP15, GRP16, GRP17, GRP18, GRP21, GRP23, GRP25, GRP33, GRP35	48	54	GRP05, GRP07, GRP09, GRP10, GRP11, GRP17, GRP18, GRP22, GRP26, GRP28, GRP31, GRP33, GRP35	68
		Amplio		GRP06, GRP07, GRP10, GRP11, GRP12, GRP19, GRP22, GRP26, GRP28, GRP30, GRP31	41		GRP06, GRP12, GRP13, GRP19, GRP23, GRP30	32
		En exceso		GRP01, GRP08, GRP20	11			
	RIGUROSIDAD	Bajo		GRP01, GRP03, GRP05, GRP09, GRP10, GRP13, GRP16, GRP17, GRP18, GRP23, GRP25, GRP35	45		GRP05, GRP06, GRP07, GRP09, GRP10, GRP11, GRP13, GRP17, GRP18, GRP23, GRP26, GRP28, GRP31, GRP33, GRP35	79
		Predominante		GRP06, GRP07, GRP08, GRP11, GRP12, GRP15, GRP19, GRP20, GRP21, GRP22, GRP26, GRP28, GRP30, GRP31, GRP33	55		GRP12, GRP19, GRP22, GRP30	21
Ideas implícitas			3	GRP24		23	GRP01, GRP03, GRP04, GRP15, GRP20, GRP21, GRP24, GRP25	
No consignan			20	GRP02, GRP04, GRP14, GRP27, GRP29, GRP32, GRP34		23	GRP02, GRP08, GRP14, GRP16, GRP27, GRP29, GRP32, GRP34	

El 11% de los grupos estimó conveniente hacer referencia a una valoración respecto al uso del sensor en el laboratorio de Física, GRP01, a la adaptabilidad del sensor a diversos entornos, GRP08, y a especificaciones técnicas, GRP20. De esta manera introducen mayor cantidad de ideas a las estrictamente relevantes.

El 48% de los grupos activó ideas incompletas pues algunos de ellos describen sólo ciertas características relevantes de los sensores, otros no mencionan sus especificaciones técnicas. Esto indica que los estudiantes no se dieron cuenta de que aún no habían logrado comprender la información suministrada no percibiendo así razones para revisar sus modelos mentales iniciales. Este porcentaje aumenta al 68% en las ideas asociadas a las relaciones entre el sensor y los otros componentes del sistema informático, lo cual puede atribuirse a que los estudiantes consideraron que estas relaciones se encontraban bastante alejadas de sus conocimientos y, en consecuencia, no los motivó a avanzar en la comprensión de la situación planteada.

En relación con el nivel de rigurosidad con el que los grupos abordaron el tratamiento sobre cómo trabaja un sensor, se observa que un 55% lo hace en forma predominantemente rigurosa. No ocurrió lo mismo en las producciones elaboradas asociadas a las relaciones entre el sensor y los otros componentes informáticos ya que se destacan tratamientos poco rigurosos, en el 79% de los grupos. Esto implica que los estudiantes no habían logrado aún asimilar términos específicos que denoten una evolución en su lenguaje. Esto evidenciaría que, como los modelos mentales construidos les permitieron integrar los componentes del sistema informático en una unidad, no tuvieron necesidad de modificar y/o revisar el lenguaje utilizado. Puede observarse que estos grupos integran las Clases 2 o 3 de las consignadas en el apartado 5.1.

Para dar cuenta de las articulaciones entre el nivel de completitud y el nivel de rigurosidad en el tratamiento de cómo funciona un sensor, la información se organizó en la Tabla 5.12 cruzando ambos niveles. Así, en las columnas se ubicaron las modalidades del nivel de completitud (reducido, amplio, en exceso) y en las filas las correspondientes al nivel de rigurosidad (bajo, predominante). Las diferentes combinaciones identificadas se indican en dicha Tabla.

Tabla 5.12 Distribución porcentual de la articulación entre el nivel de completitud y el nivel de rigurosidad en el tratamiento del funcionamiento de un sensor.

		Nivel de completitud						Total (%)
		Reducido		Amplio		En exceso		
		Grupos	%	Grupos	%	Grupos	%	
Nivel de rigurosidad	Bajo	GRP03 GRP05 GRP09 GRP13 GRP16 GRP17 GRP18 GRP23 GRP25 GRP35	37	GRP10	4	GRP01	4	45
	Predominante	GRP15 GRP21 GRP33	11	GRP06 GRP07 GRP11 GRP12 GRP19 GRP22 GRP26 GRP28 GRP30 GRP31	37	GRP08 GRP20	7	55
Total (%)			48		41		11	100

La articulación de ambos niveles muestra que el 37% de los grupos (indicados en negrita) presenta un nivel de completitud amplio asociado a un nivel de rigurosidad predominante denotando que estos estudiantes fueron capaces de elaborar argumentos que incluyen información específica tanto en la caracterización del sensor como en la delimitación de sus funciones. Sus producciones dan evidencias de un lenguaje preciso, con una buena organización para comunicar sus ideas indicando una evolución en sus modelos mentales iniciales hacia otros consistentes con significados compartidos científicamente. Un porcentaje igual de grupos no se implicó significativamente en la tarea demandada, lo cual derivó en tratamientos incompletos y poco rigurosos.

Por otra parte, las articulaciones entre el nivel de completitud y el nivel de rigurosidad en las ideas sobre las relaciones entre el sensor y los demás componentes del sistema informático se consignan en la Tabla 5.13.

Se evidencia que el tratamiento efectuado por el 63% de los grupos es incompleto y poco riguroso. Esto implica que abordaron la tarea sin valorar adecuadamente la aceptabilidad de las ideas elaboradas.

Tabla 5.13 Distribución porcentual de la articulación entre los niveles de completitud y de rigurosidad en las ideas sobre las relaciones entre el sensor y los demás componentes del sistema informático.

		Nivel de completitud				Total (%)
		Reducido		Amplio		
		Grupos	%	Grupos	%	
Nivel de rigurosidad	Bajo	GRP05, GRP07, GRP09, GRP10, GRP11, GRP17, GRP18, GRP26, GRP28, GRP31, GRP33, GRP35	63	GRP06, GRP13, GRP23	16	79
	Predominante	GRP22	5	GRP12, GRP19, GRP30	16	21
Total (%)			68		32	100

Sólo los grupos GRP12, GRP19 y GRP30, que corresponde al 9% del total de los grupos, organizaron la nueva información sobre la función del sensor y sobre su relación con los demás componentes del sistema informático con proposiciones bien definidas e interrelacionadas. Asimismo, se evidencia un tratamiento predominantemente riguroso en estos grupos que se corresponde con el razonamiento necesario para comprender los procesos o fenómenos científicos. El grupo GRP19 explicitó:

"Un sensor trabaja de la siguiente manera: cuando un objeto interrumpe el haz infrarrojo, se generan señales (en forma de impulsos eléctricos), las cuales dejan de generarse cuando el haz vuelve a la normalidad. Dichas señales son enviadas mediante una conexión a la interfase, la cual convierte dichos impulsos en datos digitales, capaces de ser interpretados por el software de la PC. Dichos datos digitales son plasmados en la pantalla para que el observador los pueda utilizar."

Se evidencia en el grupo GRP12, que forma parte de la Clase 2 de la Categoría *Dispositivo simbólico* (Tabla 5.2), una revisión en sus modelos mentales iniciales ya que fueron capaces de hacer explícitas, de manera articulada y rigurosa, las relaciones entre los componentes de un sistema informático que constituían sólo percepciones en los primeros momentos de la actividad experimental.

Ideas relacionadas con el alcance de las mediciones efectuadas con sensores

Las producciones de los estudiantes hacen referencia a dos aspectos solicitados en la guía de actividades: el primero, demanda evaluar si es necesario en la medición con sensor tener en cuenta el tiempo de más de una oscilación completa para obtener el período del péndulo como en el caso de la medición con cronómetro. El segundo, requiere analizar los valores de tiempo registrados con el sistema informático y justificar las posibles diferencias detectadas.

Con respecto al primer aspecto, llama la atención que el 76%²¹ de los grupos elabora proposiciones sesgadas, en algunos casos por el sentido común sin recurrir a justificaciones conceptuales: *"Si, porque disminuye la posibilidad de error"*, GRP13; *"Nos parece necesario, porque los resultados obtenidos son aproximados pero distintos"*, GRP32. En otros, por conceptos asociados con precisión, exactitud y tiempo de reacción: *"No nos parece necesario, porque en este caso (se refieren a la medición con sensor) la medición es muy exacta y no incluye el error humano como en el caso del cronómetro"*, GRP12.

Estos estudiantes abordaron la tarea sin reconocer que la misma demandaba elaborar premisas bien definidas, reflexionar sobre el procedimiento que conlleva cada medición y la comparación entre ellos.

Sólo los grupos, GRP01, GRP16, GRP22 y GRP30, elaboran producciones que constituyen primeras aproximaciones a la tarea demandada ya que explicitan premisas a partir de las cuales comparan el procedimiento implicado en cada medición: *"... el período de las distintas mediciones se mantiene dentro de un rango pequeño (23 centésimas) y no hace falta hacer muchas mediciones como hicimos cuando no utilizamos sensores ya*

²¹ GRP02, GRP03, GRP05, GRP06, GRP07, GRP08, GRP09, GRP11, GRP12, GRP13, GRP14, GRP17, GRP18, GRP19, GRP20, GRP21, GRP23, GRP24, GRP25, GRP26, GRP27, GRP28, GRP29, GRP31, GRP32, GRP33, GRP35.

que el error de la PC y el sensor son muy chicos, prácticamente despreciables”, GRP16.

Si bien estos estudiantes denotan una mayor comprensión del alcance de las mediciones efectuadas con sensores, no son conscientes de que aún persisten dificultades para elaborar premisas aceptables y mejor definidas como así también establecer relaciones que los lleven a construir proposiciones interconectadas producto de un razonamiento de carácter científico. Se observan así, dificultades argumentativas que denotan debilidades en sus habilidades cognitivo-lingüísticas.

Los grupos GRP04, GRP10, GRP15 y GRP34, no efectuaron la tarea alegando, en las entrevistas posteriores, que pensaron que se trataba de una orientación para el desarrollo de la experiencia y no una consigna a la que debían responder. Esto denota una lectura superficial que les impidió procesar adecuadamente la información incluida en la guía de actividades.

Por otra parte, las producciones elaboradas sobre el segundo aspecto, asociado al análisis de los registros de tiempo obtenidos con el sistema informático, muestra que el 83%²² atribuye las diferencias detectadas en los valores de tiempo registrados a interacciones externas tales como, rozamiento con el aire y acción del soporte, lo cual pone en evidencia que las justificaciones se efectuaron apelando al contexto teórico sin reconocer que la tarea demanda discutir la intervención de la condición de impredecible y del azar.

No reconocer la posibilidad del azar revela que los estudiantes no consideran que factores aleatorios afecten el proceso de medición. Sólo el grupo GRP08 menciona: “... los valores de los períodos no varían casi nada, esto se debe a que si hay una mínima variación es debido a algún

²² GRP01, GRP02, GRP03, GRP05, GRP06, GRP07, GRP08, GRP09, GRP11, GRP12, GRP13, GRP14, GRP16, GRP17, GRP19, GRP20, GRP21, GRP23, GRP24, GRP25, GRP26, GRP27, GRP28, GRP29, GRP30, GRP31, GRP32, GRP33, GRP35.

movimiento o vibración que se haya producido durante la medición”, dando evidencia de un reconocimiento en forma implícita de dichos errores.

Los grupos GRP04, GRP10, GRP15, GRP18, GRP22 y GRP34 no efectúan la tarea demandada.

6 RESULTADOS FASE III

"Entre el usuario y el ordenador se produce una asociación intelectual... la máquina asume una parte de la carga intelectual del tratamiento de la información... de manera que el usuario trasciende las limitaciones de su sistema cognitivo."

Salomon, G., Perkins, D. y Globerson, T., 1992

En este capítulo se presentan, analizan y discuten los resultados obtenidos en relación con la tercera fase de la investigación orientada tanto a identificar las posibles formas en que los estudiantes re-estructuran los conocimientos de nivel concreto en el plano hipotético-deductivo, las ideas que desarrollan y los niveles de simbolización y abstracción que alcanzan cuando resuelven situaciones experimentales asistidas con ordenador. También se muestra y analiza el abanico de habilidades cognitivas específicas reconocido que deviene del uso de un sistema informático en las prácticas de laboratorio. Como se ha indicado en el capítulo 3, en esta fase el estudio se realizó considerando las memorias escritas de los estudiantes donde presentan, discuten y comunican los resultados obtenidos en la actividad experimental asociada al estudio de momentos de inercia de cuerpos en rotación.

La introducción del ordenador amplía la posibilidad de comparación dado que al conectar la salida de nuestros sistemas de medición directamente al ordenador se logra no sólo el procesamiento continuo de las observaciones sino también la comparación inmediata con el modelo conceptual aplicado lo cual pone a nuestra disposición todo un nuevo dominio de la experimentación. El ordenador no solamente registrará el experimento en

forma continua, permitiendo el refinamiento del modelo conceptual sobre la marcha, sino también puede usarse para controlar los dispositivos mismos, elevando así nuestro experimento a un nivel de operatividad que no es factible alcanzar con métodos de trabajo manuales.

El capítulo se organizó de acuerdo a las categorías teóricas indicadas en el apartado 3.2.3 del capítulo Metodología, a saber: Modelización; Espacio conceptual; Espacio procedimental y Habilidades cognitivas específicas asociadas al sistema informático. El estudio de la categoría Modelización se efectuó en base a la definición de ejes de análisis de los cuales emergieron diferentes modalidades que otorgaron mayor profundidad a la investigación. Las categorías restantes se analizaron en conjunto de modo de obtener una mirada holística de la actuación de los estudiantes. Dicho análisis permitió reconocer las características asociadas a la manera en que los distintos grupos organizaron sus respectivos modelos mentales de la situación experimental. Finalmente, se analizan en detalle las 4 tipologías de modelos mentales que fueron identificadas.

6.1 Categoría: Modelización²³

Para analizar las argumentaciones que elaboraron los estudiantes a fin de establecer una correspondencia entre las propiedades del modelo conceptual aplicado en el estudio de los momentos de inercia de diversos cuerpos en rotación y las propiedades del sistema real, se trabajó sobre tres ejes de análisis definidos a priori en relación con los requerimientos indicados en el programa de actividades:

- *Dispositivo experimental*. Atiende a los modos en que se representa el equipo experimental, a las propiedades asociadas explícitamente, al

²³ El análisis de esta categoría fue presentado en GIREP 2008 International Conference, realizada en Nicosia, Chipre en agosto de 2008 y aceptado para su publicación bajo el título "The use of personal computers in the resolution of experimental situations", autores: Yanitelli, M., Massa, M. y Moreira, M.

nivel de abstracción de la representación, al enunciado de condiciones simplificadoras y a los recursos a los que se apela para otorgarle significado.

- *Fricción en el eje.* Atiende al tratamiento conceptual desarrollado en el análisis de la fricción en el eje de rotación a partir de la evidencia concreta que se dispone al utilizar el ordenador. En este sentido, las representaciones gráficas obtenidas con el sistema informático a medida que evoluciona el fenómeno pueden orientar al estudiante a establecer una correspondencia entre las manipulaciones experimentales y la formalización de los resultados empíricos.

- *Condición de rodadura.* Considera el análisis conceptual efectuado en el estudio de la condición de rodadura a partir de la evidencia concreta que se genera al utilizar sensores digitales para medir las variables relevantes del sistema físico en estudio.

A continuación se presentan, para cada eje de análisis, las modalidades conceptuales que emergieron del análisis de las producciones escritas de los estudiantes y se sintetiza el conjunto de ideas, expresadas por ellos, asociadas a cada modalidad. Las transcripciones textuales de las producciones se indican en cursiva y entre comillas, acompañadas de un código asignado a cada grupo de trabajo.

6.1.1 Dispositivo experimental

En relación con este eje de análisis resultaron las tres modalidades que se describen a continuación.

- **Dispositivo modelizado**

Se inscriben en esta modalidad los grupos GRP02, GRP05, GRP08, GRP10 y GRP11.

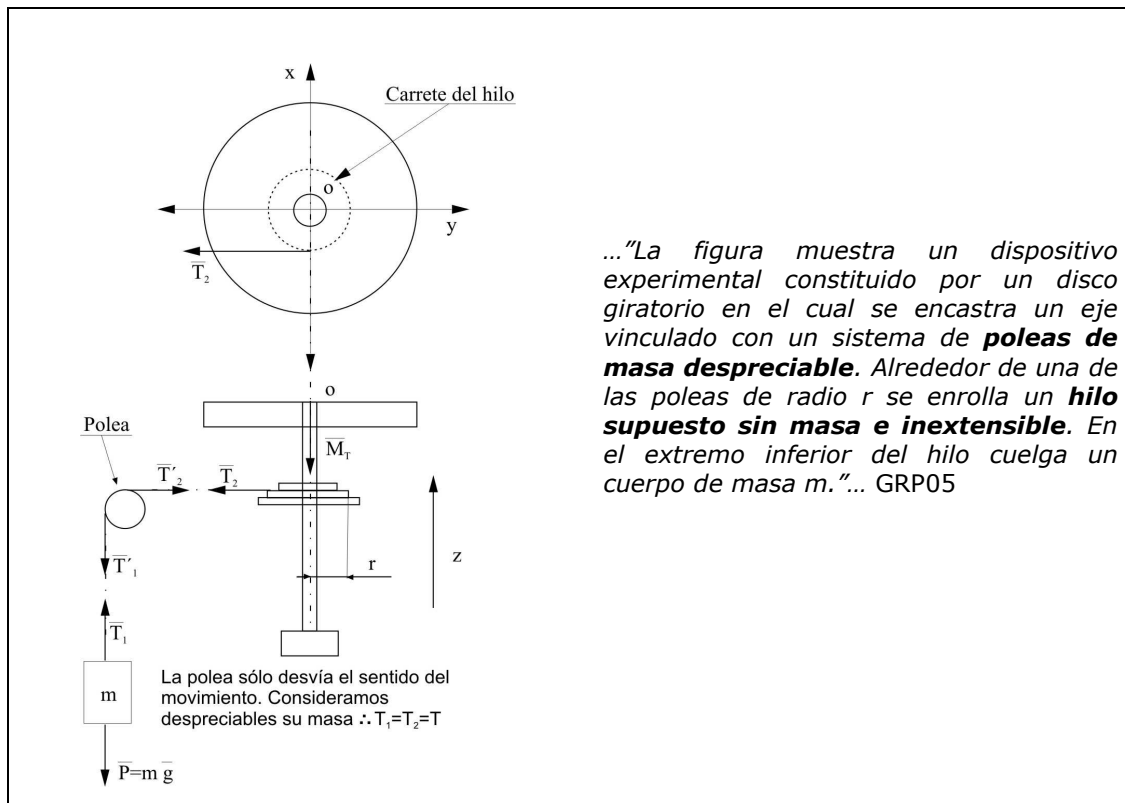


Figura 6.1 Producción del grupo GRP05 asociada a la modalidad Dispositivo modelizado.

Se incluye a los estudiantes que elaboran una representación de mayor nivel de abstracción que el esquema del dispositivo que se presenta en la guía de actividades (ver Anexo 1), dando evidencias de la importancia que otorgan a la tridimensionalidad en sus modelos mentales, ya que utilizan en su dibujo dos vistas, una superior y otra lateral como se muestra en la Figura 6.1. Los estudiantes omiten elementos constitutivos del equipo - cuerdas, sensores, algunos soportes- y se introducen representaciones simbólicas de los vínculos. Si bien incluyen aspectos conceptuales, los mismos se centran en fuerzas y momentos de fuerzas actuantes relacionadas con el movimiento analizado. No incluyen interacciones tales como peso del disco y normales.

En la descripción introducen condiciones simplificadoras -polea de masa despreciable, hilo inextensible y masa despreciable- resaltadas en negrita

en la Figura 6.1. Al hacer referencia al equipo experimental omiten la consideración de efectos debidos a la fricción en el eje.

- **Modelizado incompleto**

Se reconocen dentro de esta modalidad 2 grupos, GRP03 y GRP07.

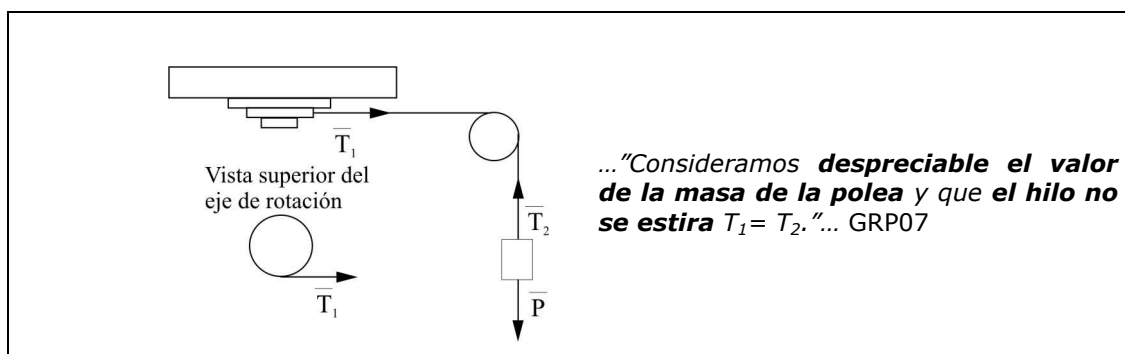


Figura 6.2 Producción del grupo GRP07 asociada a la modalidad Modelizado incompleto.

El dibujo que presentaron en sus informes se limita a la representación de aquellos componentes del sistema que están en movimiento: sistema de poleas, disco giratorio, cuerda y pesa. Los estudiantes no sustituyen los elementos de apoyo por las fuerzas correspondientes que restringen el movimiento de las poleas. En tal sentido, se trata de representaciones incompletas tanto en forma gráfica como conceptual. Si bien reconocen las fuerzas relevantes para el análisis del movimiento, los estudiantes no detallan los efectos debidos a la transmisión de tensiones a través de la cuerda. Como se observa en el texto de la Figura 6.2, estos estudiantes hacen referencia a condiciones simplificadoras (indicadas en negrita) junto a la fuerza transmitida por la cuerda.

- **No incluyen dispositivo experimental**

Los 4 grupos restantes, GRP01, GRP04, GRP06 y GRP09, se inscriben en esta modalidad denotando que no consideran necesario introducir un dibujo del equipo experimental para sustentar el análisis del evento en estudio.

6.1.2 Fricción en el eje

Las 3 modalidades encontradas se consignan a continuación.

- **Centrado en el concepto de momento**

Se registran en esta modalidad 6 grupos, GRP01, GRP03, GRP07, GRP08, GRP10 y GRP11, que analizan el efecto del rozamiento en el eje a través del concepto de momento de una fuerza e incluyen una representación vectorial.

Si bien en todas las producciones se hace referencia al concepto de momento de una fuerza, se observaron diferentes niveles de conceptualización en el tratamiento vectorial. Mientras que en el dibujo (a) de la Figura 6.3 se evidencia que los estudiantes reconocen la importancia del punto de aplicación de las fuerzas, en el dibujo (b) se hace explícita la dirección y sentido del vector momento de una fuerza.

Asimismo, en los grupos mencionados se registran diferentes niveles de significación en las expresiones que hacen referencia a la existencia de rozamiento desde aquellas que denotan consideraciones generales al expresar: *“Para disminuir la **fricción que se ejercía sobre el eje** procedimos a determinar qué sobrecarga sería necesaria para generar un momento opuesto al de la fricción.”*, GRP08, hasta expresiones de mayor precisión que involucran cuestiones de diseño al mencionar: *“Como la velocidad angular disminuía a través del tiempo, existía una **desaceleración angular provocada por un momento**, el cual era generado por la **fuerza de roce de los rodamientos** que sostenía al eje.”* GRP01.

Atendiendo a lo consignado en la transcripción correspondiente al grupo GRP01 en la Figura 6.3, se reconoce que en el estudio de las condiciones necesarias para independizarse del rozamiento en el eje los estudiantes recurren no sólo a conceptos cinemáticos, tales como, velocidad y

aceleración angular sino también, a la relación entre momento de fuerzas y aceleración angular que es fundamental para el análisis del movimiento de rotación de un cuerpo rígido en torno a un eje fijo.

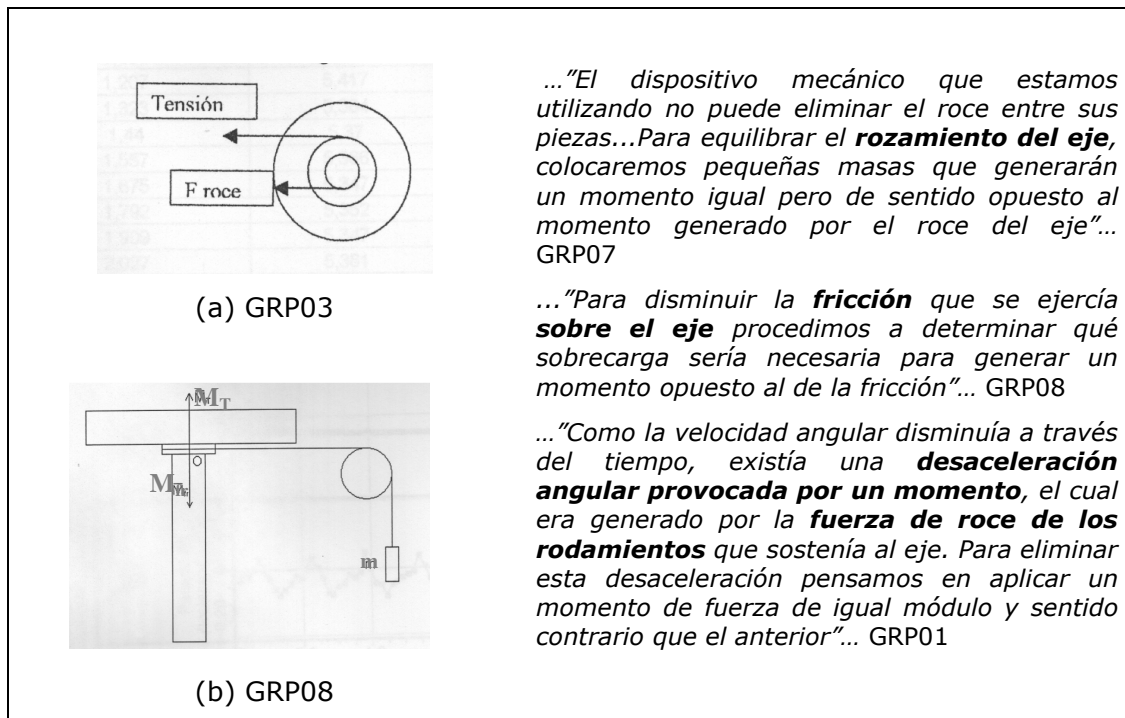


Figura 6.3 Producciones asociadas a la modalidad Centrado en el concepto de momento.

Las expresiones de los estudiantes relacionadas con la determinación y ajuste de la masa necesaria para equilibrar la fricción en el eje, conllevan distintos grados de aproximación al modelo conceptual aplicado que hace referencia a un eje soportado por rodamientos sin fricción y, por lo tanto, a la adopción de diferentes criterios experimentales y de ajuste en las gráficas generadas con el ordenador.

Se detectaron en estos estudiantes dos modos de actuación diferentes considerando el número de intentos efectuados con diferentes precargas, en las tablas y gráficas utilizadas, en las variables físicas representadas y en el análisis e interpretación de las gráficas obtenidas.

- "Interactivo fuerte". Sustentado en sucesivas repeticiones de la situación experimental con uso de representaciones gráficas en coordenadas cartesianas de la velocidad y aceleración angular adquirida por el eje en función del tiempo, $\omega=\omega(t)$ y $\alpha=\alpha(t)$, respectivamente. Se observó que efectuaron un registro sin precarga y varias pruebas con distintas precargas y documentaron las tablas y gráficas de $\omega=\omega(t)$ y $\alpha=\alpha(t)$ de los registros sin precarga y con la precarga que consideraron como la más adecuada. El criterio de selección se basó en la comparación de las pendientes de las rectas de las gráficas $\omega=\omega(t)$ obtenidas en las sucesivas pruebas, tal como se muestra en la producción del grupo, GRP08.

*"Hicimos varias pruebas con sobrecargas distintas las cuales no fueron documentadas, sólo presentamos la más adecuada ya que **la pendiente de la recta gráfica de la velocidad angular** era casi nula. De esta forma determinamos cual era la sobrecarga indicada para generar un momento opuesto al de fricción." GRP08*

No incluyen consideraciones relacionadas con las gráficas $\alpha=\alpha(t)$. Se inscriben dentro de este modo de actuación los grupos, GRP01, GRP08, GRP10, GRP11.

- "Interactivo débil". Acotado a un registro sin precarga y otro adicionando una masa pequeña. Estos estudiantes documentaron las gráficas de velocidad y aceleración angular del eje en función del tiempo, $\omega=\omega(t)$ y $\alpha=\alpha(t)$, de ambos registros. El criterio adoptado lo reducen a la apreciación de una velocidad angular con un registro que tiende a ser constante como puede observarse en las proposiciones elaboradas por el grupo, GRP07.

*"En el experimento registramos valores de la velocidad angular del disco sin colocarle una precarga (resultante de fuerza sobre el disco será el roce en el eje del dispositivo mecánico) y notamos que dicha velocidad angular presenta una pequeña variación a lo largo del tiempo. Por esto, decidimos agregarle una pequeña masa colgante para obtener una **velocidad angular un poco más constante.**" GRP07*

No se incluyen consideraciones relacionadas con las gráficas $\alpha=\alpha(t)$. Se inscriben 2 grupos, GRP03 y GRP07, dentro de este modo de actuación.

- **Centrado en el concepto de fuerza**

En esta modalidad se inscriben 4 grupos, GRP04, GRP05, GRP06 y GRP09. La descripción y explicación se asienta básicamente en el concepto de fuerza sin atribuir relevancia a su punto de aplicación. En las expresiones que refieren a la discusión de los efectos de la fricción, se mencionan términos tales como "rozamiento" y "peso", indicados con negrita en la siguiente transcripción.

*... "El **rozamiento** en el eje fue compensado colgando del hilo pequeñas masas. El **peso** elegido para equilibrarlo se obtuvo mediante sucesivas pruebas de modo de compensar efectivamente el **rozamiento.**" ... GRP04*

En el análisis los estudiantes no incluyen un dibujo simplificado de la situación y tampoco recurren a la construcción de un diagrama de cuerpo aislado. Su nivel de análisis está más ligado al contexto concreto que al conceptual dado que no profundizaron sobre el objeto de estudio para establecer nuevas propiedades y relaciones conceptuales.

Se observó que, para determinar y ajustar la precarga para equilibrar la fricción en el eje, los 4 grupos de trabajo recurrieron al modo de actuación "Interactivo fuerte" sustentado en sucesivas repeticiones de la situación

experimental con uso de representaciones gráficas. Sin embargo, mostraron algunas diferencias respecto de las características enunciadas anteriormente. Si bien se trabajó específicamente sobre las gráficas $\omega=\omega(t)$, como se observó en el aula, las mismas no fueron incorporadas en el informe escrito. El criterio de ajuste utilizado consistió en ir agregando pequeñas masas y tal como lo expresaron, *"...hasta obtener que la gráfica $\omega=\omega(t)$ tenga una pendiente respecto al eje x menor a 5°"*, GRP06.

En relación con la gráfica seleccionada como la más representativa los alumnos indicaron *"...en cuanto a la gráfica obtenida, esperábamos que sea exactamente lineal, lo cual sabíamos que era muy difícil de lograr, pero consideramos la obtenida como una buena aproximación..."*, GRP09. Se evidencia en los estudiantes una actitud de búsqueda de una mejor correspondencia entre la ley empírica y la teórica.

- **Centrado en una representación equivalente**

En esta modalidad se inscribe un grupo, GRP02, cuyos integrantes sustituyen las interacciones presentes por un sistema equivalente conformado por una cupla resultante (indicado en negrita en la transcripción de la Figura 6.4), dando cuenta de un mayor nivel de abstracción y generalización en el análisis de la situación. En este caso, la actuación de los estudiantes refleja uno de los aspectos al cual se presta especial atención al trabajar los contenidos en el aula por cuanto interesa organizar criterios de resolución alternativos para situaciones complejas.

A partir de este análisis los estudiantes reconocen que *"...es necesario aplicar un momento de igual magnitud pero opuesto al anterior, mediante una fuerza externa aplicada tangencialmente sobre la polea solidaria al disco..."*. Todas estas reflexiones se incluyeron en el informe bajo el ítem Condiciones de trabajo denotando que reconocen que sólo se trata de una aproximación al modelo conceptual a pesar de las acciones implementadas para compensar los efectos de rozamiento en el eje.

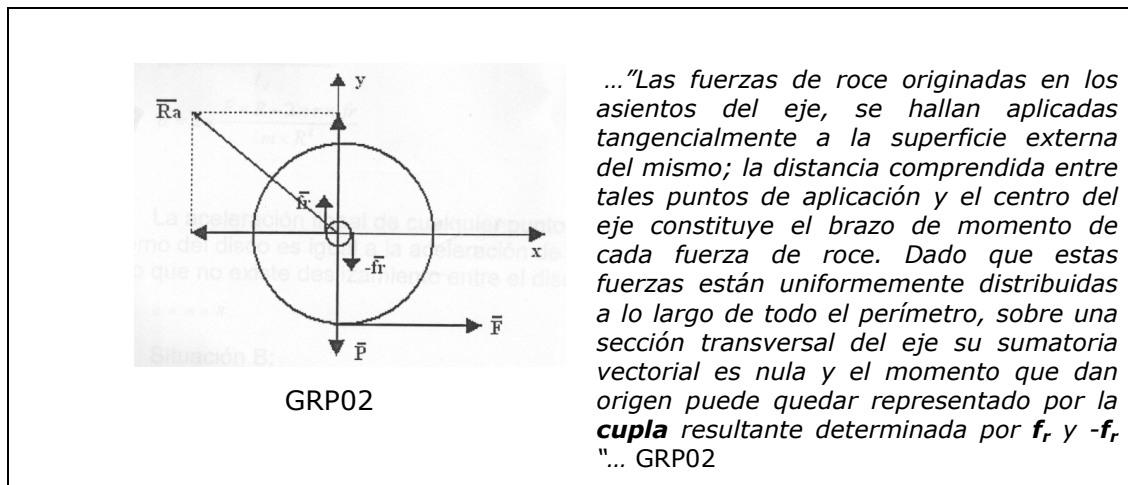


Figura 6.4 Producción asociada a la modalidad Centrado en una representación equivalente.

Se registró que si bien los estudiantes explicitan que el momento producido por la cupla resultante desacelera el sistema y que, por lo tanto, fue contrarrestado, ellos no hacen referencia al tratamiento experimental desarrollado ni a los criterios de ajuste empleados. También en este caso, las gráficas no se incorporaron en el informe escrito como una documentación que avale lo actuado.

6.1.3 Condición de rodadura

Se detectaron dos modalidades las cuales se analizan a continuación.

- **Validación de la condición de no deslizamiento**

Se inscriben en esta modalidad 6 grupos, GRP01, GRP04, GRP07, GRP08, GRP10 y GRP11.

"Luego del cálculo $\alpha=a/r$ observamos que la aceleración α dio dentro de los valores considerados de α experimental. Vemos que hay correspondencia entre la gráfica angular y lineal de la aceleración, y como era esperado se cumple la igualdad que plantea la fórmula de rodadura perfecta." GRP07

“En base a los resultados se puede comprobar, teniendo en cuenta las incertezas en las mediciones, que la aceleración tangencial de cualquier punto perteneciente al borde de la polea es igual a la aceleración de la masa y que dicha aceleración tangencial es igual al producto de la aceleración angular por el radio de la polea” GRP11

Se observó que los estudiantes establecen una correspondencia entre el comportamiento global del sistema y la condición de no deslizamiento asociada a los conceptos de aceleración lineal y angular, es decir, basándose en las relaciones entre las magnitudes lineales y angulares. Asimismo, se registran consideraciones vinculadas a la relación entre la aceleración del cuerpo suspendido y la aceleración tangencial de un punto en el borde del disco, GRP11.

En relación con el estudio de la condición de rodadura se registró que tanto las representaciones gráficas de velocidad y aceleración angular en función del tiempo, $\omega=\omega(t)$ y $\alpha=\alpha(t)$, como las de velocidad y aceleración lineal, $v=v(t)$ y $a=a(t)$, obtenidas con el ordenador se constituyeron en instrumento fundamental de análisis y punto de partida para la adquisición de información significativa.

En este sentido se observó que la inclusión de los recursos informáticos favoreció un trabajo activo de los estudiantes vinculado con el ajuste de funciones lineales, la determinación del valor numérico de sus pendientes, la aplicación de relaciones entre magnitudes lineales y angulares y la comparación entre los datos obtenidos experimentalmente y los que devienen de la aplicación del modelo conceptual.

Asimismo, se registraron interpretaciones inmediatas y reflexiones grupales que enriquecieron la discusión en torno a la validez de la condición de no deslizamiento, tales como: *“En las gráficas de aceleración angular en función del tiempo se puede observar que en vez de ser una línea recta, los puntos no están alineados, como si hubiera aceleraciones y*

desaceleraciones, creemos que esto se debe a la rotación y oscilación de la masa suspendida a medida que va bajando.", GRP01, que denotan la construcción de relaciones más abarcadoras y, por consiguiente, de modelos mentales más amplios y complejos al considerar la posible incidencia de otros elementos del dispositivo experimental.

- **Ausencia de validación de la condición de no deslizamiento**

En esta modalidad se inscriben 5 grupos, GRP02, GRP03, GRP05, GRP06 y GRP09, que incluyen aquellos estudiantes que asumen la condición de no deslizamiento entre la cuerda y la polea sin cuestionarla y/o verificarla. Este aspecto de la situación experimental se trabajó como si fuera un típico problema de lápiz y papel en los que generalmente se parte del supuesto de que la cuerda no desliza (Resnick y Halliday, 1980; Creus et al., 1998; Serway, 1998).

Se destaca que un grupo de estudiantes, GRP03, si bien documentó tanto las gráficas de las variables angulares $\omega=\omega(t)$ y $\alpha=\alpha(t)$ como las gráficas de las variables lineales $v=v(t)$ y $a=a(t)$ aprovechando la facilidad y rapidez del registro de datos que ofrecen los recursos informáticos, no establece ninguna relación entre ellas dejando de lado en el tratamiento del experimento las variables cinemáticas asociadas a la traslación.

En la Tabla 6.1 se presenta una síntesis de las modalidades de cada categoría correspondientes a cada grupo de trabajo. Las notaciones IF e ID corresponden a "Interacción fuerte" e "Interacción débil" respectivamente.

Los grupos GRP08, GRP10 y GRP11 dan evidencia de un modelo mental consistente con el análisis de la fricción en el eje y la condición de rodadura sin deslizamiento. En este sentido, la posibilidad que brinda el ordenador de decidir la secuencia de pasos a seguir, de realizar rápidas y oportunas repeticiones de las experiencias para confirmar o modificar las hipótesis de trabajo y de explorar relaciones matemáticas rápidamente visualizables

favoreció la construcción de un modelo mental diferenciado con supuestos específicos acorde con un tratamiento científico de la situación experimental.

Tabla 6.1 Caracterización global de las actuaciones.

Grupo	Dispositivo experimental			Fricción en el eje			Condición de rodadura	
	Modelizado	Modelizado incompleto	No incluye	Momento	Fuerza	Represent. equivalente	Validan no desliz.	No validan
GRP08	X			X IF			X	
GRP10	X			X IF			X	
GRP11	X			X IF			X	
GRP02	X					X		X
GRP05	X				X IF			X
GRP01			X	X IF			X	
GRP04			X		X IF		X	
GRP07		X		X ID			X	
GRP03		X		X ID				X Gráficas $\omega; \alpha; v; a$
GRP06			X		X IF			X
GRP09			X		X IF			X

Sus producciones muestran un uso del ordenador como recurso para *contrastar* supuestos de base de la teoría, su *alcance* en relación con la situación experimental y su *rango de validez* en función de las mediciones realizadas. En este sentido podría señalarse que el sistema informático pareciera actuar como un instrumento mediacional al asistir a los estudiantes en la modelización de la situación experimental.

En relación con los grupos GRP02 y GRP05 se observa el desarrollo de un modelo mental coherente con el modelo conceptual pertinente que les

permite entablar discusiones asociadas a la fricción en el eje tanto en términos de una cupla equivalente como de reconocimiento sólo de fuerza sin una mención explícita de la ubicación de su punto de aplicación. Sin embargo, los alumnos asumen como presupuesto la condición de rodadura perfecta sin recurrir a su verificación. Sus producciones escritas muestran que adoptan un marco teórico que suponen válido sin agotar las potencialidades que ofrece el ordenador para confirmar los supuestos de tal marco teórico.

Los grupos GRP01, GRP04 y GRP07 si bien no elaboran en forma explícita una representación pictórica simplificada del equipo experimental indicando las interacciones que intervienen, el análisis efectuado en el tratamiento de la fricción en el eje y de la condición de rodadura sin deslizamiento estaría mostrando la organización de un modelo mental dinámico de la situación. El mismo se sustentaría con una fuerte influencia de la representación gráfica incluida en la guía experimental considerándola suficiente para avanzar en el análisis. La relación que los alumnos establecieron con el ordenador les permitió explicitar la modelización efectuada a través de interacciones y condiciones expresadas en forma proposicional.

En relación con los grupos GRP03, GRP06 y GRP09 podría inferirse que los contenidos conceptuales aún no han sido suficientemente asimilados en su estructura cognitiva. El uso del recurso informático no contribuye en ese aspecto ya que lo han utilizado en forma "mecánica" y no orientado por el significado atribuido a los conceptos en juego.

Con respecto al tratamiento conceptual asociado a cada una de las modalidades se observa que la mayoría de los grupos elaboraron representaciones con un elevado nivel de abstracción caracterizado por la inclusión de los elementos esenciales del objeto en estudio; el uso de notación vectorial, de gráficas en tres dimensiones y de sistemas de coordenadas; la consideración de pares de acción-reacción y el enunciado de condiciones simplificadoras. Asimismo, la mayoría de los grupos analizan

el efecto del roce en el eje a través del concepto de momento de una fuerza e incluyen la correspondiente representación vectorial. Sólo 6 grupos analizan la condición de no deslizamiento en base a los conceptos de aceleración lineal y angular y a las relaciones entre las magnitudes lineales y angulares.

6.2 Categorías: *Espacio conceptual; Espacio procedimental y Habilidades cognitivas asociadas al sistema informático*

Si bien cada una de las categorías presenta características propias que las diferencian unas de otras, se efectuó un análisis en conjunto de las mismas de modo de obtener una mirada holística de la actuación de los estudiantes. Básicamente se pretendió comprender los niveles de conocimiento, la información reconocida, los criterios de selección de la información disponible, las estructuras conceptuales que activan y los procedimientos que ponen en juego.

Las formas de organización promovidas se analizaron en correspondencia con las asociaciones de grupos establecidas en la categoría Modelización. Cada una de ellas se sintetizó en un esquema los que se estructuraron en torno a los siguientes núcleos:

- *Organización de referencias.* Corresponde a la información que guía, define y determina el tipo de datos necesarios para la resolución de la situación experimental.
- *Conceptos activados.* Estructura conceptual con la que el estudiante otorga significado a la actividad experimental.
- *Evolución.* Corresponde a los procesos desarrollados para arribar a conclusiones lógicas y fundamentadas.

- *Habilidades cognitivas específicas asociadas al sistema informático.*
Habilidades que devienen del uso de un sistema de adquisición de datos en tiempo real.

Cabe destacar que un aspecto que se registró en todas las formas de organización fue que el núcleo *Organización de referencias* está constituido por la misma información -masa del cuerpo suspendido, diámetro y masa del cuerpo en rotación, diámetro de la polea concéntrica- situación que se evidencia en la construcción del diagrama de cuerpo aislado tanto del sistema en rotación como del sistema en movimiento de traslación. Este núcleo orientó la interpretación de la actividad experimental planteada y el posterior análisis global del experimento. La semejanza detectada en todos los grupos, según se observa en las Figuras 6.5 a 6.8, deriva del hecho que esta información es demandada inicialmente en forma explícita en la guía que disponen los estudiantes para el desarrollo del trabajo práctico (Anexo 1). En relación con el núcleo *Conceptos activados* se evidencia que no todos los grupos apelaron a los mismos conceptos, tal como se desprende de la comparación entre el momento de inercia resultante de la aplicación del modelo conceptual y el correspondiente al sistema en estudio solicitada en la guía. Esta comparación constituye la primera etapa para analizar la posible *Evolución* del modelo mental en curso hacia otro debida a la influencia del sistema informático a través de las *Habilidades específicas* puestas en juego.

La red asociada a la interpretación de la forma de organización desarrollada por los grupos GRP08, GRP10 y GRP11 se presenta en la Figura 6.5.

Se registra una inmediata activación de los conceptos asociados al movimiento de un cuerpo rígido. Las ecuaciones cardinales, $\Sigma \mathbf{F}^e = \mathbf{M} \times \mathbf{a}_{CM}$ y $\Sigma \mathbf{M}_{CM}^e = \mathbf{I}_{CM} \times \boldsymbol{\alpha}$, se constituyeron en relaciones fundamentales para el estudio del movimiento de traslación de la masa suspendida y el de rotación de la polea solidaria al cuerpo cuyo momento de inercia respecto a un eje que pasa por su centro de masa (\mathbf{I}_{CM}) se pretende determinar. El tratamiento de

la situación experimental evolucionó hacia la comparación detallada de las propiedades del modelo conceptual con las del sistema. El análisis progresivo de los resultados obtenidos derivó en consideraciones sobre la dependencia del momento de inercia de la distribución de la masa del cuerpo con respecto al eje de rotación.

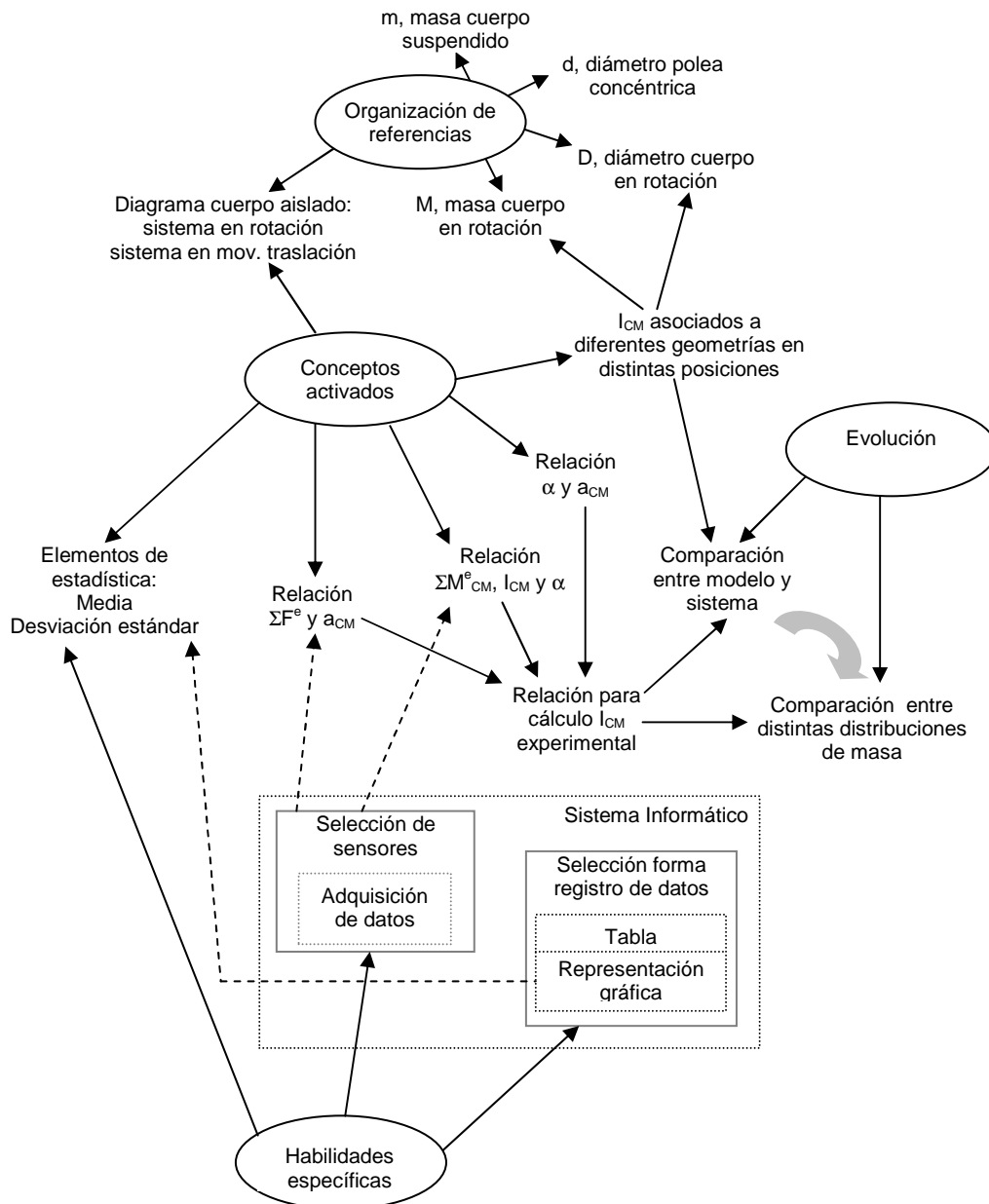


Figura 6.5 Red asociada a la interpretación de la forma de organización desarrollada por los grupos GRP08, GRP10 y GRP11.

La presencia del ordenador propició una mayor reflexión acerca de las mediciones y del análisis estadístico de los datos que la observada en años anteriores con otros estudiantes. Así, a través de la posibilidad que brinda el programa de gestión de acceder a un tratamiento estadístico de la información, del conjunto de posibles parámetros, los estudiantes seleccionaron la media y la desviación estándar. Estos valores sustentaron el cálculo de la aceleración angular del sistema en rotación con su correspondiente incerteza. Este procedimiento constituye un avance en el procesamiento de datos ya que no era frecuente, hasta la incorporación de sistemas de adquisición de datos en tiempo real, que estudiantes de Física I de años anteriores, al realizar los trabajos prácticos, procesaran los datos con métodos estadísticos. Asimismo, el lenguaje simbólico-matemático específico que activaron denota que han incorporado a su estructura cognitiva nuevos significados propios del discurso científico.

Otro aspecto relevante de la actuación de estos estudiantes está relacionado con el proceso de selección de los sensores para efectuar las mediciones correspondientes tanto de la velocidad y aceleración lineal de la masa suspendida como de la velocidad y aceleración angular del sistema en rotación. Esto implica que los estudiantes pusieron en juego su conocimiento no sólo relativo al funcionamiento de los sensores a fin de seleccionar el adecuado a los requerimientos de la medición que deben realizar, sino también de las características esenciales del programa de gestión que les permite ejecutar la secuencia de pasos para la visualización de los datos en la pantalla del ordenador. (Cabe mencionar que en el desarrollo de la actividad experimental deben utilizarse dos sensores digitales -en este caso en particular, puertas fotoeléctricas-, uno de ellos para registrar los valores de las variables lineales y el otro las angulares, que en el programa de gestión están diferenciados como sensor digital lineal y sensor digital rotacional).

Los aspectos mencionados sugieren que el modelo mental inicial se organiza, según se observa en el núcleo *Organización de referencias* en la Figura 6.5, a partir de los tokens específicos -cuerpo suspendido, polea, cuerpo en rotación, etc.- que se explicitan gráficamente en el diagrama de cuerpo aislado. La caracterización de los tokens y la articulación de relaciones entre ellos devienen de los conceptos específicos activados, dotando así al modelo mental de significado para interpretar relaciones afines a los contenidos teóricos en estudio. Se observa, en estos grupos, que el modelo mental evoluciona desde uno, basado en la comparación entre el sistema en estudio y el modelo conceptual, hacia otro en el que el token *cuerpo en rotación* incorpora una nueva propiedad relevante: el momento de inercia (I_{CM}) asociado a la distribución de masas respecto a un eje de rotación. Las producciones de los estudiantes evidencian que en esta evolución ha sido significativo el uso del sistema informático al propiciar el desarrollo de habilidades cognitivas específicas asociadas a la selección de dispositivos (sensores); la toma de decisiones para ajustar el experimento y optimizar el registro de datos y su procesamiento en sus diferentes formatos.

Las flechas en líneas de trazos que expresan la relación selección de sensores — a_{CM} y α en la Figura 6.5, dan evidencia que, en los modelos mentales construidos por estos grupos, están representados los movimientos de traslación del cuerpo suspendido y de rotación de los cuerpos con diferentes geometrías en distintas posiciones caracterizados por un I_{CM} .

En la Figura 6.6 se presenta la red asociada a la interpretación de la forma de organización desarrollada por los grupos GRP02 y GRP05.

A semejanza de lo analizado para los grupos anteriores, estos grupos registran la activación de conceptos y relaciones asociadas al movimiento de un cuerpo rígido. El tratamiento de la situación experimental se orientó hacia la comparación explícita de las propiedades del modelo conceptual con

las del sistema. Sin embargo, el análisis progresivo de los resultados obtenidos derivó en consideraciones sobre la dependencia del momento de inercia no sólo de la distribución de la masa del cuerpo con respecto al eje de rotación sino también de la posición de dicho eje.

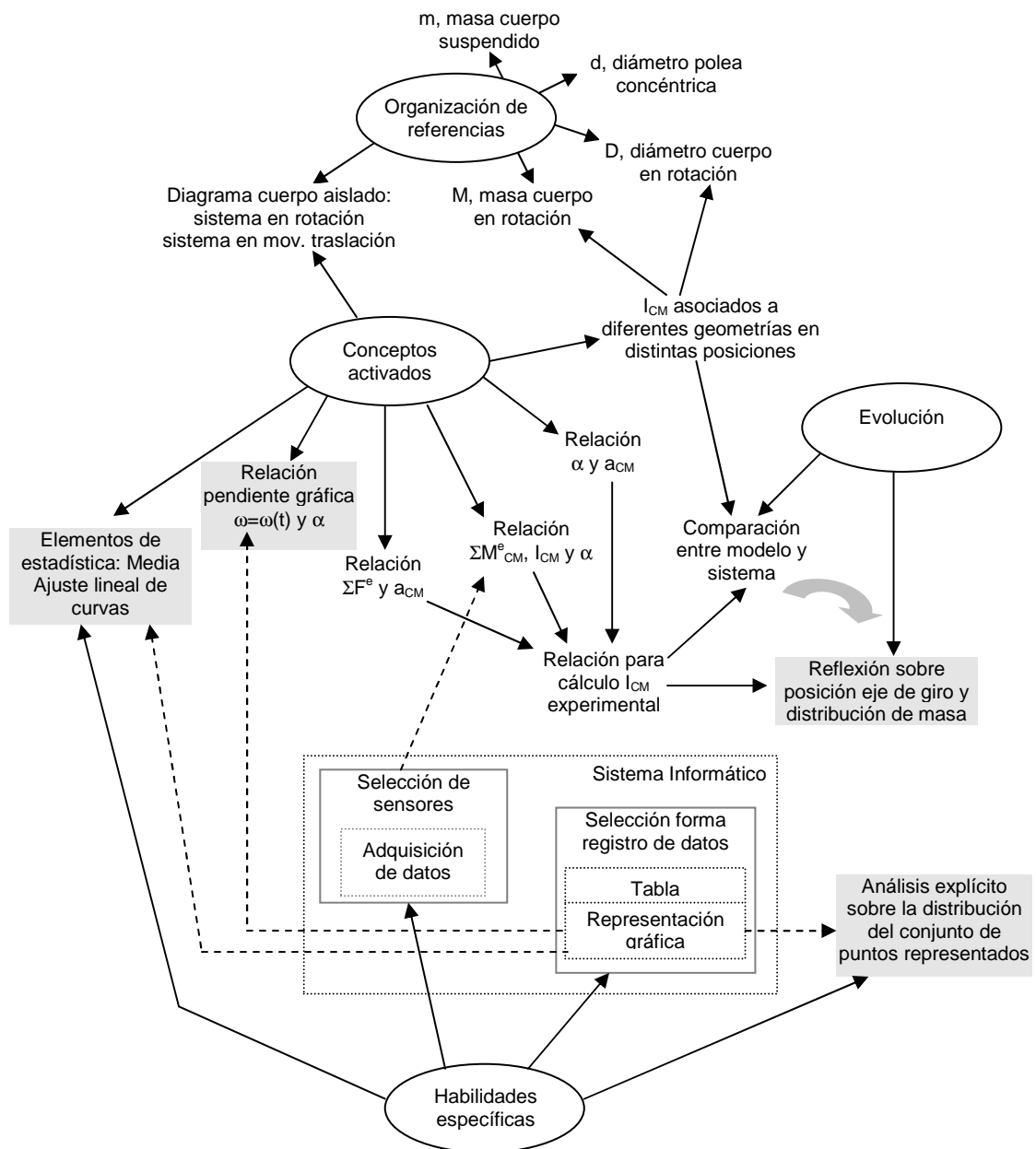


Figura 6.6 Red asociada a la interpretación de la forma de organización desarrollada por los grupos GRP02 y GRP05.

El cálculo de la aceleración angular del sistema en rotación con su correspondiente incerteza se efectuó a partir de la posibilidad que brinda el ordenador a través del programa de gestión de acceder a un tratamiento estadístico de la información, en particular de formalizar un ajuste lineal de la representación gráfica de los puntos de velocidad angular vs tiempo. El análisis de la pendiente de la recta $\omega=\omega(t)$, donde ω es la velocidad angular, adquirió significado al asociar su valor al de la aceleración angular. Asimismo, registraron la gráfica de $\alpha=\alpha(t)$ y entre los parámetros estadísticos seleccionaron la media, como se muestra comparativamente en las Figuras 6.5 y 6.6. Los estudiantes consignaron explícitamente este procedimiento en el informe: *"El valor de la aceleración angular que adquiere el sistema en cada disposición de los cuerpos fue obtenida como el valor de la pendiente de la recta generada por el ajuste lineal de la gráfica de velocidad angular en función del tiempo, aunque también disponíamos de la media aritmética de las aceleraciones informada en la propia gráfica de aceleración angular."*, GRP02.

Por otra parte, los registros gráficos obtenidos con el ordenador promovieron el análisis explícito de las condiciones que permiten dar cuenta de su evolución. En la información activada se reconoce que el pensamiento se orientó hacia lo posible, es decir, notan que la toma de datos se efectúa sobre situaciones reales y no sobre un caso ideal: *"La variación en los valores de aceleración en función del tiempo registrados es debido a la torsión del hilo."*, GRP05.

En relación con el proceso de selección de los sensores, sólo utilizaron una de las puertas fotoeléctricas (sensor digital rotacional). Esto implica que los estudiantes efectuaron un análisis sesgado, que limitó el tratamiento de la situación experimental, al dirigir la atención selectivamente hacia la determinación de la aceleración angular del sistema en rotación, parámetro esencial para el cálculo del momento de inercia de los diferentes cuerpos, en detrimento de otra información que permite abordar el experimento en

toda su complejidad y con la rigurosidad inherente al conocimiento científico.

Sus producciones evidencian que el uso del sistema informático favoreció, fundamentalmente, el desarrollo de habilidades cognitivas específicas asociadas al procesamiento gráfico de la información. En particular, la interpretación de gráficas la realizan a partir del análisis explícito sobre la distribución del conjunto de puntos registrados. Así, diferencian las zonas de la misma donde observan comportamientos significativos de las variables para la comprensión del fenómeno en estudio.

Los aspectos mencionados sugieren que modelo mental inicial construido por consenso en cada grupo es semejante a los desarrollados por los grupos anteriores (GRP08, GRP10 y GRP11). Sin embargo, tales modelos mentales iniciales evolucionan hacia otro en el que el token *cuerpo en rotación* adquiere una nueva propiedad relevante: el momento de inercia (I_{CM}) asociado no sólo a la distribución de masas sino, además, relacionado con la posición del eje de rotación. Se observa que el uso del sistema informático contribuye a esta evolución favoreciendo el desarrollo de habilidades cognitivas específicas asociadas a la selección de dispositivos (sensores); a establecer relaciones entre las observaciones y la forma de una gráfica; a identificar los puntos relevantes de los no significativos de la gráfica y a distinguir que el registro de datos se hace sobre un evento real y no sobre uno ideal. En otras palabras, permitió a los estudiantes reconocer la complejidad de los fenómenos reales y la manera en que su estudio dentro de la Física demanda la utilización de modelos conceptuales más sencillos. En relación a este último aspecto, los estudiantes consignaron: "*Las gráficas de la aceleración angular tienden a describir una línea recta y lo esperado es que sean una línea recta.*", GRP05.

La flecha en líneas de trazos que expresa la relación selección de sensores – α en la Figura 6.6, denota que en el modelo mental construido por estos grupos está representado únicamente el movimiento de rotación de los

cuerpos caracterizados por un I_{CM} y la cuerda tensa. Sin embargo, se disipa en el mismo la representación del cuerpo suspendido y su movimiento, quedando su presencia sólo implícita a través de su efecto: la tensión de la cuerda.

En la Figura 6.7 se presenta la red asociada a la interpretación de la forma de organización desarrollada por los grupos GRP01, GRP04 y GRP07.

La construcción del modelo mental de la situación, que se evidenció al estudiar sus actuaciones frente al proceso de modelización, promovió la construcción de una sólida organización en relación con las estructuras conceptuales. Las mismas se actualizaron para otorgar significado a la situación experimental y a los procedimientos activados que evolucionaron hacia la comparación explícita de las propiedades del modelo conceptual con las del sistema en estudio: *"Las diferencias que observamos entre los momentos de inercia experimental y teórico pueden ser debidas a que despreciamos el momento de inercia de las poleas concéntricas al eje de rotación sobre las que apoyamos el disco y el disco+aro."*, GRP01. También se explicitaron consideraciones sobre la dependencia del momento de inercia de la distribución de la masa del cuerpo con respecto al eje de rotación y sobre la rotación del sistema en torno a sus ejes de simetría.

Se evidencia que el token *cuerpo en rotación* del modelo mental construido inicialmente evoluciona en busca de una funcionalidad que dé cuenta de las diferencias detectadas al determinar, en forma experimental, los momentos de inercia de cuerpos con distintas geometrías, como se indica sombreado en gris medio en la Figura 6.7. Asimismo, incorpora nuevas propiedades relevantes al reconocer al eje de rotación como eje de simetría y eje principal de inercia para cada una de las orientaciones del cuerpo (disco horizontal, disco vertical). El modelo mental cambia su estructura interna pues un elemento que inicialmente constituía una entidad mental opaca (Moreira, 1998) alcanza significado propio, es decir, se ha construido un modelo mental para el objeto mental opaco.

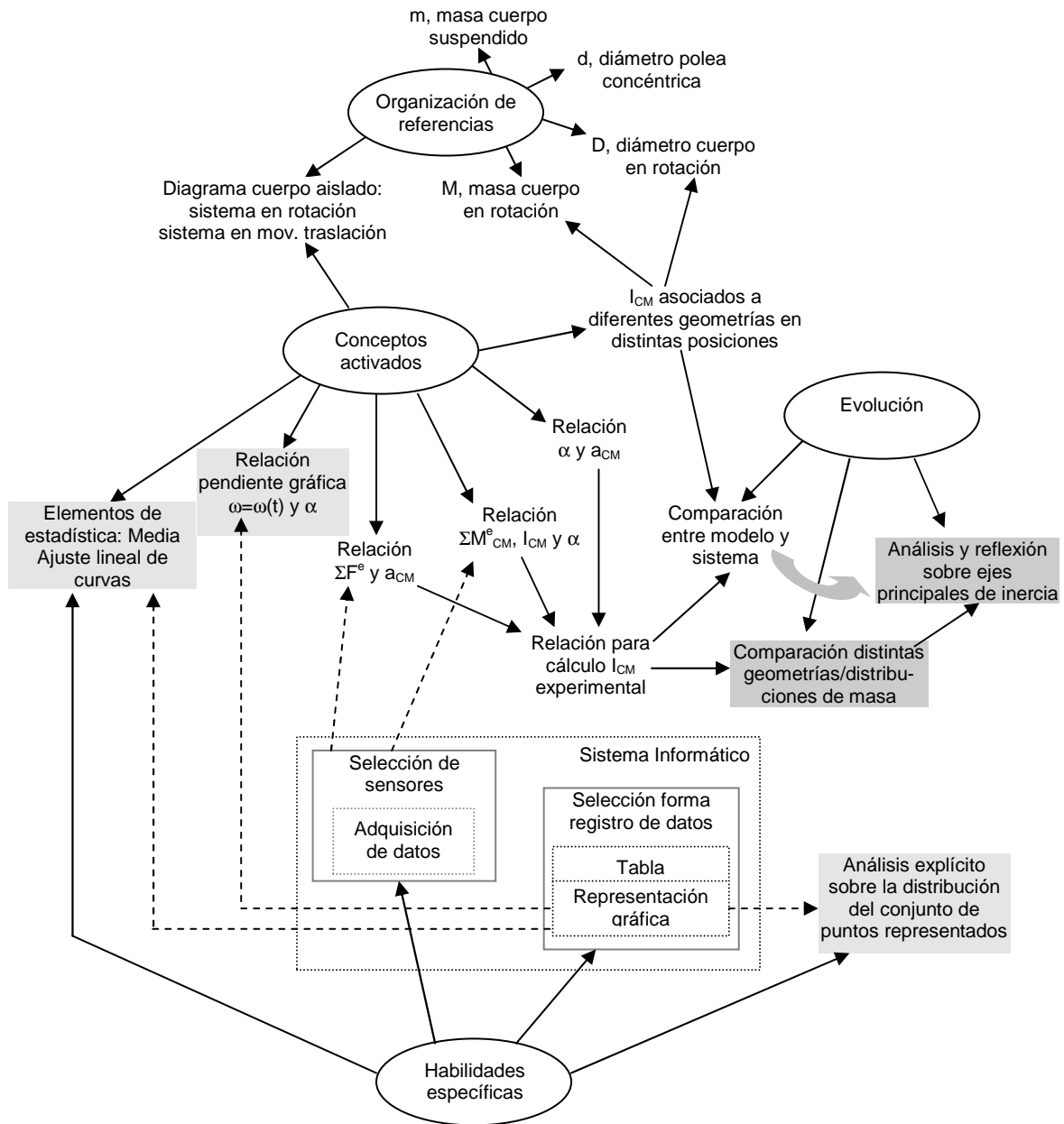


Figura 6.7 Red asociada a la interpretación de la forma de organización desarrollada por los grupos GRP01, GRP04 y GRP07.

La presencia del ordenador propició un tratamiento exhaustivo de la relación entre las aceleraciones -lineal y angular-. Debido a la posibilidad de formalizar rápidos ajustes lineales de curvas, no sólo las pendientes de las rectas $v=v(t)$ y $\omega=\omega(t)$ adquirieron significado para los estudiantes en tanto

permiten determinar a_{CM} y α , respectivamente, sino también, la condición de rodadura sin deslizamiento entre la cuerda y polea al verificar la relación $a_{CM}=r.\alpha$. Cabe destacar que la formalización matemática desarrollada durante este proceso se acompañó de un correcto tratamiento de incertezas tanto en la determinación de los valores experimentales de las aceleraciones como en la comparación de éstos con los que derivan de la relación teórica de rodadura sin deslizamiento.

El análisis explícito de las gráficas $\omega=\omega(t)$ y $\alpha=\alpha(t)$, consignado en la Figura 6.7 como Análisis explícito sobre la distribución del conjunto de puntos representados, promovió reflexiones sobre la posible incidencia de otras fuerzas externas con efectos perturbadores, no contempladas en el modelo conceptual asociado al sistema en estudio:

"Vemos que la gráfica de velocidad angular en función del tiempo muestra un resultado lineal como el esperado, en tanto la de aceleración angular comienza siendo lineal como teóricamente debería ser pero luego vemos algunas mínimas oscilaciones que las atribuimos a la aparición de algunas fuerzas externas momentáneas que desvían los valores, sin embargo el promedio se mantiene constante. La presencia de dichas fuerzas creemos que es lógica, ya que comienzan a hacerse notorias una vez que la masa suspendida descendió lo suficiente y por lo tanto la longitud del hilo es considerable, la presencia de movimientos pendulares modifica la tensión del mismo y por lo tanto variando la aceleración angular. " GRP04

Se evidencia en estos grupos la permanente revisión de sus modelos mentales hasta alcanzar una funcionalidad que los satisface: las fluctuaciones observadas en los registros gráficos en tiempo real, provistos por el recurso informático, promueven la reflexión sobre el desarrollo del experimento y las acciones ejecutadas, a las que los estudiantes dan significado en términos de nuevas interacciones, conceptos y relaciones entre ellos. Se observa así como el recurso informático, por su sensibilidad,

promueve habilidades cognitivas actuando como instrumento mediacional de sus aprendizajes.

Asimismo, el control del proceso experimental a través de la apropiada selección de los sensores; la comunicación interactiva que se generó al seleccionar la forma de representación de los datos; la interrelación de los resultados que devienen de la interpretación tanto de las gráficas $\omega=\omega(t)$ y $\alpha=\alpha(t)$ como las de $a=a(t)$ y $\alpha=\alpha(t)$ y los elementos de estadística puestos en juego denotan que los estudiantes utilizaron el sistema informático como un medio para ampliar no sólo su capacidad de comprensión y de razonamiento sino también el sistema de símbolos con los cuales interactúan con el sistema informático.

La red asociada a la interpretación de la forma de organización desarrollada por los grupos GRP03, GRP06 y GRP09 se presenta en la Figura 6.8.

Se detecta un análisis conceptual sesgado que limitó el tratamiento teórico de la situación experimental a la aplicación de una relación matemática. Si bien se observa que los modelos mentales iniciales comprenden elementos básicos que representan el cuerpo suspendido, la polea, los cuerpos en rotación, las relaciones establecidas entre ellos se focalizan en forma superficial en la rotación de los cuerpos sobre la plataforma. Esto derivó en una comparación mecánica entre las propiedades del sistema y las del modelo conceptual asociado. Un aspecto que se destaca es que en el análisis de los resultados se activaron ideas vinculadas a la variación de la aceleración angular del sistema en estudio con la posición del eje giro.

Sólo uno de los sensores se constituyó en token de sus modelos mentales, condicionado por el tratamiento sesgado de los contenidos teóricos. Así, los estudiantes sólo utilizaron una de las puertas fotoeléctricas (sensor digital rotacional), asociada a la determinación de la aceleración angular del sistema en rotación, parámetro relevante en el cálculo del momento de inercia de los diferentes cuerpos.

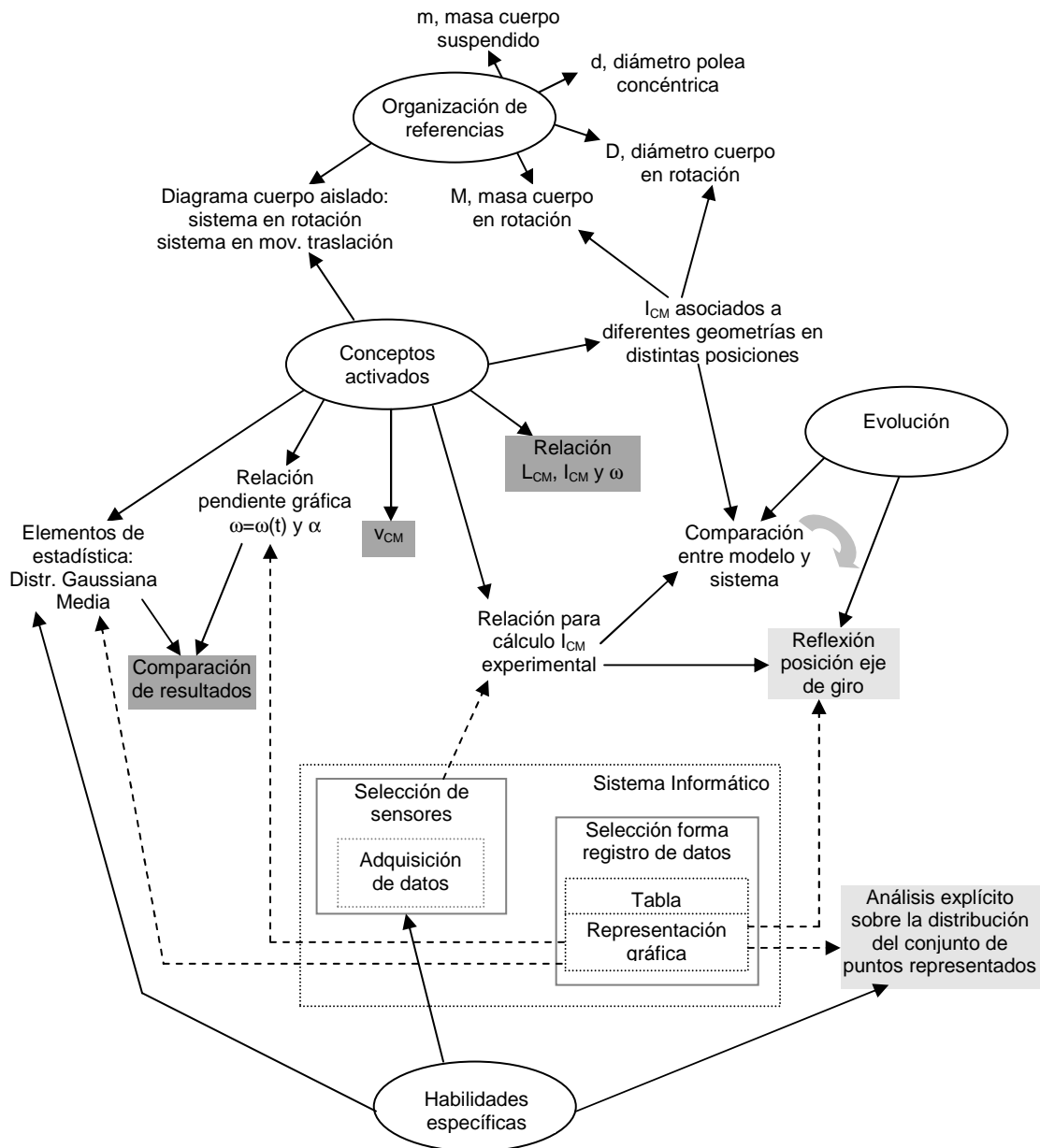


Figura 6.8 Red asociada a la interpretación de la forma de organización desarrollada por los grupos GRP03, GRP06 y GRP09.

Sus producciones ponen en evidencia que las ideas en torno a las representaciones gráficas de la velocidad angular en función del tiempo se actualizaron al:

- otorgar significado a la pendiente de la recta $\omega = \omega(t)$,

- analizar explícitamente la distribución de los puntos representados,
- valorar la variación de la aceleración angular con la posición del eje giro y
- comparar los valores obtenidos de la aceleración angular por asociación con la pendiente de la recta $\omega=\omega(t)$ con los que devienen del cálculo de la media de los valores registrados de $\alpha=\alpha(t)$.

Se observa en estos grupos que desde sus modelos mentales, el cuerpo suspendido queda prácticamente olvidado y, por tanto, no queda representado su movimiento de traslación, sesgando de esta manera el análisis e interpretación del movimiento del sistema en estudio.

No obstante los resultados obtenidos, asociados a las diferentes formas de organización promovidas en los estudiantes cuando abordan actividades experimentales utilizando un sistema de adquisición de datos en tiempo real, dan indicios de la manera en que el uso del sistema informático deja de ser mecánico, constituyéndose en un instrumento de pensamiento para el estudiante. En la mayoría de los casos, el empleo del recurso informático permitió contrastar la abstracción científica con los procesos reales habitualmente más ricos y complejos, introducir modificaciones en variables relevantes para la aplicación de un dado modelo conceptual y establecer criterios de ajuste. Recíprocamente los registros gráficos obtenidos con el ordenador promovieron el análisis de las condiciones que permiten dar cuenta de su evolución. Se establece de esta forma una ida y vuelta, un proceso interactivo históricamente nuevo de compartir cognición entre el sujeto y el sistema informático.

6.3 Análisis de los modelos mentales identificados

La evolución de los modelos mentales analizados en el apartado anterior estuvo limitada por la funcionalidad que adquirirían, permitiendo a los

estudiantes procesar la información y progresar en el desarrollo del experimento. Las diferencias detectadas en tales modelos mentales denotan que quedaron condicionados tanto por sus conocimientos conceptuales y procedimentales como también por su experiencia con el sistema informático de adquisición de datos en tiempo real.

En este sentido, los resultados mostrados en el apartado anterior de la presente investigación permitieron establecer 4 tipologías de modelos mentales en función de las diferentes estructuras internas organizadas al completar la actividad experimental con la elaboración del informe escrito, producto de la tarea realizada.

En la Figura 6.9 se presenta, en un diagrama, el modelo mental inicial que construyeron los estudiantes cuyos elementos básicos son representativos de los elementos físicos que conforman el equipo experimental: cuerpo suspendido, polea, cuerpo en rotación y sistema informático. Sin embargo, en relación con este último los estudiantes apelan a su modelo mental del sistema informático que han ido construyendo desde el trabajo práctico de iniciación (analizado en el capítulo 5) y en actividades experimentales previas a la presente. Los constituyentes del sistema informático, en función de lo discutido en el capítulo anterior, han adquirido estructura interna y relaciones entre ellos que dotan de funcionalidad al modelo mental.

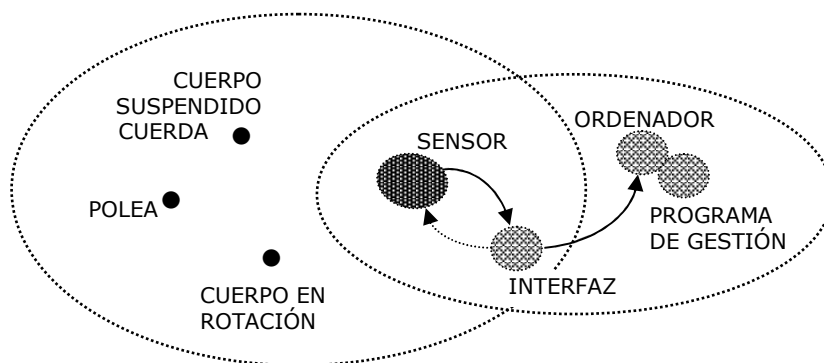


Figura 6.9 Diagrama del modelo mental inicial del equipo experimental.

En la Figura 6.9 se representa el solapamiento entre el modelo mental inicial del equipo experimental para abordar el estudio de la situación (con los tokens aún sin caracterizar) y el modelo mental del sistema informático que integrados conforman un nuevo modelo mental desde el que se analiza el trabajo práctico en su conjunto.

El análisis realizado en el apartado anterior ha permitido reconocer las características asociadas a la manera en que los distintos grupos organizaron sus respectivos modelos mentales de la situación experimental. Se describen a continuación las 4 tipologías que se han identificado:

- ♦ *Modelo mental "mecánico"*, característico de los grupos GRP03, GRP06 y GRP09.

Las relaciones constituidas entre el token cuerpo en rotación y el modelo mental construido para el sistema informático están indicadas mediante flechas con líneas de trazos en la Figura 6.10. Tales relaciones se establecen a partir de la selección de un sensor del sistema informático y la aplicación del programa de gestión que hace posible el procesamiento gráfico, $\omega = \omega(t)$ y $\alpha = \alpha(t)$, de los datos registrados dando sentido a la representación del movimiento del cuerpo en rotación.

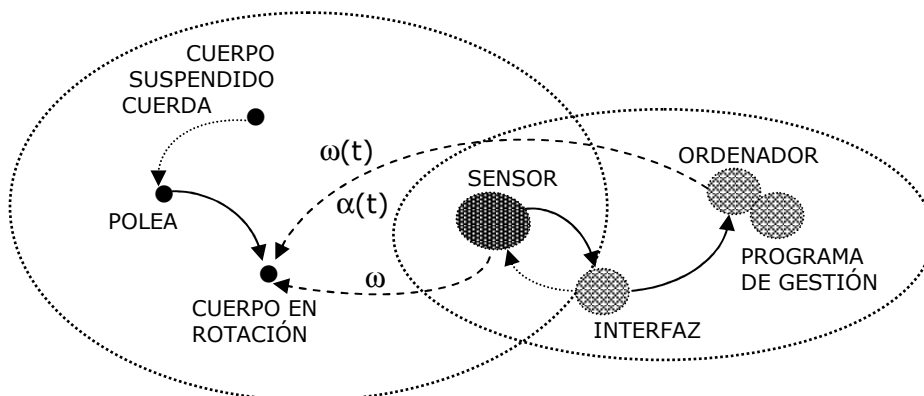


Figura 6.10 Diagrama del modelo mental "mecánico".

La relación entre el cuerpo suspendido y la polea (flecha en línea de puntos) no está representada internamente, es decir, los estudiantes no han incorporado el vínculo establecido por la cuerda. Sin embargo, su efecto "cuerda tensa" queda representado en la relación entre la polea y el cuerpo en rotación.

Los elementos básicos no se modifican respecto del modelo mental inicial mostrado en la Figura 6.9, lo cual puede deberse en el caso del token cuerpo suspendido a que los estudiantes no han avanzado en la representación del movimiento de traslación. Sin embargo, la relación entre la polea y el cuerpo en rotación parece no haber sido suficientemente elaborada por cuanto se advierte que la propiedad momento de inercia no fue internalizada como característica relevante del cuerpo en rotación.

Como modelo de trabajo, esta tipología sugiere que su construcción fue realizada siguiendo *mecánicamente* las consignas formuladas en la guía, con reducida elaboración de interpretaciones del movimiento acoplado entre el cuerpo en rotación y el suspendido. En función de ello se lo designa modelo mental "*mecánico*".

♦ *Modelo mental "básico"*, característico de los grupos GRP02 y GRP05.

El modelo mental construido por estos grupos es más potente que el anterior pues el token cuerpo en rotación, que se indica en la Figura 6.11 con un círculo relleno con trama, pierde su condición de "elemento opaco" alcanzando estructura interna propia a partir de internalizar el momento de inercia como propiedad relevante del cuerpo en rotación, dando cuenta tanto de la distribución de masas como de la posición del eje de rotación.

Estos estudiantes centran su modelo mental para dar significado físico al cuerpo en rotación sin avanzar en el análisis de la información provista por el sistema informático que permite producir explicaciones sobre el movimiento acoplado presente en la situación experimental. Desde este

punto de vista organizan un modelo mental *básico* para estudiar la situación de rotación. Por tal motivo, se lo denomina en esta investigación modelo mental "*básico*".

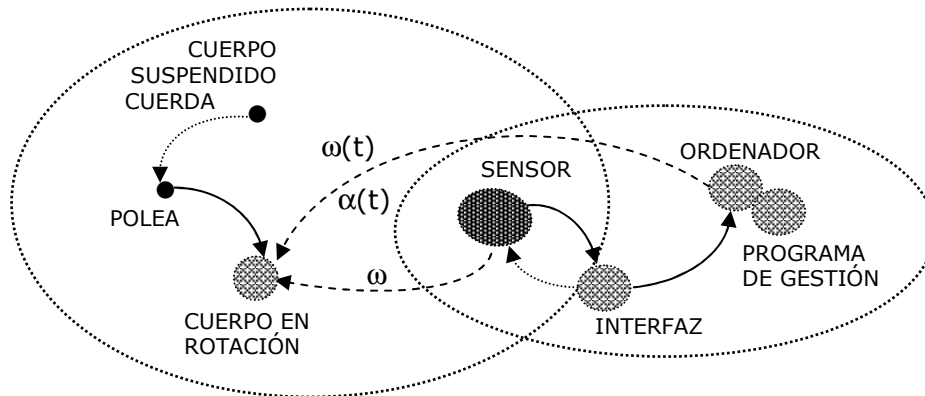


Figura 6.11 Diagrama del modelo mental "*básico*".

- ♦ *Modelo mental "acoplado"*, característico de los grupos GRP08, GRP10 y GRP11.

En la Figura 6.12 se muestran mediante flechas en líneas de trazos, tanto las relaciones entre cuerpo en rotación – sistema informático como entre cuerpo suspendido – sistema informático, denotando que en el modelo mental construido por los estudiantes se representan ambos movimientos del sistema en estudio: traslación y rotación.

A diferencia de las tipologías anteriores, las relaciones establecidas entre el token cuerpo suspendido y el sistema informático, procesadas con el programa de gestión en formato de gráfica: $v=v(t)$ y $a=a(t)$, se constituyeron en objeto de análisis por parte de los estudiantes integrando así, el movimiento de traslación. Por otra parte, las relaciones $\omega=\omega(t)$ y $\alpha=\alpha(t)$ actúan indicando la conexión de un segundo sensor del sistema informático al cuerpo en rotación para representar el movimiento de rotación. Asimismo, los estudiantes reconocen a la cuerda como la que establece el nexo entre el cuerpo suspendido y la polea, otorgando de esta

manera significativo a la condición de rodadura y, en consecuencia, a dar sentido al movimiento *acoplado* de los cuerpos.

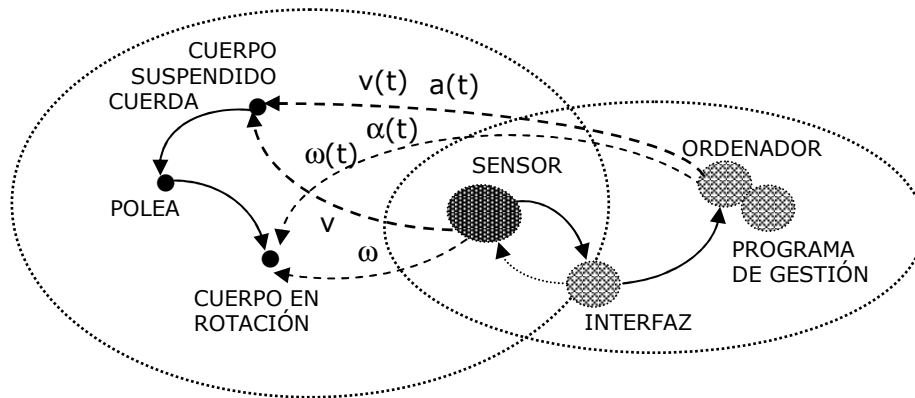


Figura 6.12 Diagrama del modelo mental "acoplado".

No obstante, los elementos básicos no se modifican respecto del modelo mental inicial mostrado en la Figura 6.9, lo cual puede deberse, a que el modelo mental construido les permitió a los estudiantes operar sin inconvenientes alcanzando una funcionalidad estable. Para dar cuenta de los aspectos mencionados anteriormente, se lo nombra en esta tesis modelo mental "acoplado".

- ♦ *Modelo mental "inclusivo"*, característico de los grupos GRP01, GRP04 y GRP07.

Estos grupos organizan un modelo mental con las características básicas del tipo "acoplado" como puede observarse en la comparación entre las Figuras 6.12 y 6.13.

Sin embargo, el análisis explícito sobre el conjunto de puntos registrados en las gráficas $\omega=\omega(t)$ y $\alpha=\alpha(t)$; los elementos de estadística, provistos por el programa de gestión, puestos en juego; las diferencias detectadas al determinar los momentos de inercia de cuerpos con distintas geometrías y la incorporación del momento de inercia como propiedad relevante

evidencia la construcción de un modelo mental de uno de los elementos básicos –cuerpo en rotación– que, en un principio se presentaba como “entidad opaca”, tal como se muestra con un círculo relleno con trama en la Figura 6.13 para dar cuenta de la organización de una estructura interna que refleja que se han internalizado aspectos relevantes del cuerpo en rotación.

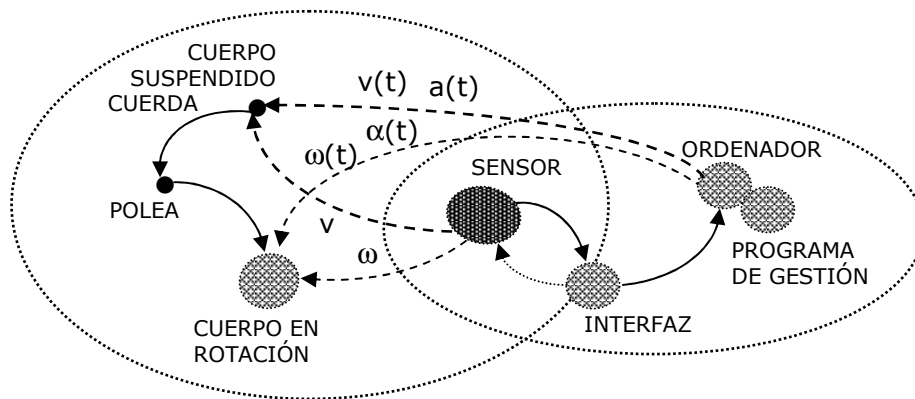


Figura 6.13 Diagrama del modelo mental "inclusivo".

Desde este punto de vista, estos grupos comparten características del modelo mental "acoplado", si bien profundizan en sus análisis sobre el cuerpo en rotación, enriqueciendo su estructura interna. Se evidencia la construcción de un modelo mental donde la situación experimental queda representada en su conjunto *incluyendo* características tanto del modelo mental "básico" como del modelo mental "acoplado", por tal motivo se lo designa como modelo mental "inclusivo".

Finalmente, los modelos mentales construidos por los estudiantes para otorgar significado a la actividad experimental "Estudio de momentos de inercia" y que se designaron en esta investigación como modelo mental "mecánico" y modelo mental "básico" podrían considerarse, de acuerdo a la clasificación propuesta por Johnson-Laird, como modelos mentales "cinemáticos" al compartir las características de éstos de representar cambios y movimientos en las entidades básicas sin presentar

discontinuidades temporales. Asimismo, los modelos mentales denominados como "acoplado" e "inclusivo" que presentan, además, relaciones causales que permiten dotar de significado al efecto que hace rotar a los cuerpos en esta actividad experimental, podrían ser caracterizados como modelos mentales "dinámicos".

Los resultados obtenidos dan evidencias que el sistema informático en tanto instrumento de mediación que comparte aspectos tanto de herramienta física como semiótica, contribuyó a generar un ambiente de aprendizaje que propició la internalización del momento de inercia como una propiedad relevante de los cuerpos en rotación.

7 CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS

"Se tendrían que enseñar principios de estrategia que permitan afrontar riesgos, lo inesperado, lo incierto y modificar su desarrollo en virtud de las informaciones adquiridas. Es necesario aprender a navegar en un océano de incertidumbres a través de archipiélagos de certeza."

Morin, E., 2000

En este capítulo se presentan las conclusiones que conforman las respuestas a las cuestiones que dieron origen a esta tesis, en relación con el marco teórico abordado en el capítulo 2. Se valoran las implicancias y utilidad de los resultados y las perspectivas que quedan abiertas para nuevos trabajos de investigación.

Las dos cuestiones que se constituyeron en los ejes directrices de esta investigación se consignaron en el apartado 1.4 del capítulo 1. Con la primera de ellas se busca identificar las características de las prácticas de laboratorio a fin de dotar de significado a la incorporación de un sistema informático en la resolución de situaciones experimentales planteadas como investigaciones orientadas. La segunda se refiere a la caracterización del sistema de adquisición y procesamiento de datos en tiempo real como instrumento para el desarrollo de habilidades de pensamiento.

La presentación de las conclusiones se organizó de la siguiente manera: en primer lugar se ofrecen aquéllas correspondientes al perfil de los estudiantes que ingresan a la universidad en relación con las prácticas de apropiación y uso del ordenador; luego se presentan las asociadas a las características tanto de las prácticas de laboratorio asistidas por ordenador

como de los modelos mentales construidos por los estudiantes sobre el funcionamiento y uso de un sistema informático. Finalmente, se explicitan las conclusiones referidas a las contribuciones que, en la construcción de los conocimientos, derivan del uso de los recursos informáticos en las prácticas de laboratorio.

7.1 Perfil de los estudiantes que ingresan a la universidad en relación con las prácticas de apropiación y uso del ordenador

La descripción conceptual de las prácticas de apropiación y uso del ordenador de los estudiantes que ingresan a la universidad constituye la base para el análisis de las cuestiones atinentes a su incorporación en el aula universitaria.

Esta descripción proporciona información relevante sobre las estructuras previas de conocimiento y sobre los diferentes grados de apropiación y uso del ordenador con los que los estudiantes inician su formación universitaria. Desde un enfoque ausubeliano, la identificación de estos saberes es fundamental para adecuar la estructura conceptual y proposicional de la nueva información que se desarrolla en el marco de las prácticas de laboratorio asistidas con ordenador en un primer curso de Física.

Apropiarse de un instrumento, en nuestro caso el ordenador, significa que se han formado las acciones y operaciones motrices y mentales necesarias para utilizarlo correctamente. El proceso de apropiación implica el dominio de un objeto cultural, pero también el reconocimiento de las motivaciones y el sentido cultural del conjunto que condensa ese instrumento. En otros términos, apropiarse del ordenador es apropiarse también del régimen de prácticas específico que conlleva su uso culturalmente organizado. De allí que resulta fundamental la apropiación de la naturaleza y el sentido de la actividad que encarna el objeto.

Así, en esta tesis se reconocieron diferentes grados de apropiación, tal como fue presentado en el capítulo 4. Uno de éstos, grado alto **(A+)** identificado en los estudiantes que utilizan el ordenador diariamente o algunas veces a la semana tanto para conectarse a Internet como para realizar todo tipo de actividades -producción, información, servicios y entretenimiento-. Además, conocen la mayoría de las unidades básicas del ordenador que poseen en su casa, es decir, operan como "usuarios avanzados". Un grado medio **(Ao)** fue asignado a aquellos estudiantes que difieren de los anteriores en que sólo conocen algunas de las unidades básicas del ordenador que poseen, o sea, operan como "usuarios integrados". El grado es bajo, **(A-)** en los estudiantes que utilizan algunas veces o sólo una vez a la semana el ordenador tanto para conectarse a Internet como para realizar una o dos cualquiera de las actividades anteriormente mencionadas. Además, estos estudiantes no conocen las unidades básicas de un ordenador, operando como "usuarios intuitivos".

De acuerdo con la escala de gradación construida se detectó que el 53% de los estudiantes de la muestra operan como "usuarios integrados", el 8% se constituyen en "usuarios avanzados" y el 39% restante corresponde a "usuarios intuitivos". Esto indica que un porcentaje importante de ellos (61%) dispone de los conocimientos generales para comenzar a cursar una carrera de Ingeniería que demanda al estudiante responder, desde el inicio, con competencias genéricas independientes de su orientación profesional. Tales competencias serán profundizadas durante la etapa de formación básica en los dos primeros años. En particular, se puede mencionar entre ellas: manejar recursos informáticos (elementos fundamentales de la interfaz gráfica, procesador de textos, planillas de cálculo, base de datos, servicios de Internet) como herramientas auxiliares para la resolución de problemas específicos y la construcción de nuevos aprendizajes.

La formación por competencias implica el aprendizaje a través de la vida por procesos de apropiación y profundización de diferentes conceptos. El

educando debe, de acuerdo a sus intereses y profesión, avanzar en su aprendizaje gradualmente transitando por diversos niveles de complejidad.

Asimismo al apropiarse de las actuales tecnologías y, en particular, del ordenador, los estudiantes se apropian también de sus condiciones de acceso y uso. El acceso refiere al modo de acercarse a algo a fin de conseguir su dominio y está vinculado a la posibilidad de ofrecer recursos para todos los usuarios, es decir, permitirles la entrada o paso. La idea de uso está vinculada tanto al doméstico como en la escuela y a la utilidad/beneficio que proporcionan, es decir, cómo se aprovechan o emplean esos recursos a fin de obtener el máximo rendimiento al realizar ciertas actividades. La apropiación se produce por la participación de hecho en la actividad que se lleva a cabo con el ordenador, realizada generalmente de forma gradual y asistida, pero luego el usuario encuentra caminos propios e independientes para hacer uso de él.

Todos los estudiantes manifiestan que recurren al ordenador ya sea en su casa, en un cibercafé o en la Facultad. El 94% de ellos lo hace diariamente o algunas veces a la semana (cabe aclarar que en este porcentaje se han incluido los denominados "usuarios intuitivos" que utilizan el ordenador algunas veces a la semana). Sólo el 6% restante reporta que lo utiliza una vez a la semana o en muy raras ocasiones.

El estudio permitió también registrar diferentes niveles en el uso doméstico del ordenador, de acuerdo a la frecuencia de uso y las actividades desarrolladas. Se consideró que el uso doméstico es alto (**UD+**) en aquellos estudiantes que utilizan el ordenador diariamente o algunas veces a la semana tanto para conectarse a Internet como para realizar todo tipo de actividades –producción relativa a áreas no académicas, información general, servicios, socialización y entretenimiento-. El uso doméstico es medio (**UDo**) en los estudiantes que utilizan el ordenador algunas veces a la semana tanto para conectarse a Internet como para realizar dos cualesquiera de las actividades aludidas y es bajo (**UD-**) en estudiantes

que utilizan una vez a la semana el ordenador tanto para conectarse a Internet como para realizar una cualquiera de las actividades mencionadas.

De acuerdo a esta escala se detectó que predomina un uso doméstico del ordenador de grado alto representado por el 61% de los encuestados. Es decir, los estudiantes despliegan diversas estrategias de uso relacionadas con la socialización y el entretenimiento, con las posibilidades que ofrece Internet y con el manejo de distintos tipos de software. Manifestaron que usan sobre todo el correo electrónico, el mensajero (msn), las comunidades virtuales para hacer amigos, bajar música, videos y películas, con fines de socialización, convirtiéndose éste en el uso fundamental.

En cuanto al uso en la escuela se consideró que es medio (**UEo**) en estudiantes que si bien utilizaron el ordenador durante el ciclo escolar secundario, lo hicieron con poca frecuencia en varias asignaturas correspondientes al área de Ciencias Sociales. Es bajo (**UE-**) en estudiantes que lo utilizaron pocas veces en una asignatura específica -Informática-.

Un resultado significativo de esta tesis, en función del uso del ordenador como recurso en la actividad experimental prevista para el curso de Física I, fue reconocer que la totalidad de los encuestados que accedieron a carreras de Ingeniería en la Universidad Nacional de Rosario no desarrollaron prácticas educativas que definan un uso escolar alto (**UE+**).

Los resultados obtenidos en esta fase de la tesis son consistentes con los comunicados por Covi Druetta (2007) que efectuó un estudio diagnóstico sobre acceso, uso y apropiación de las TIC considerando sólo Internet y los ordenadores. En el mismo participaron 80 estudiantes universitarios de licenciatura de cuatro áreas de conocimiento (Humanidades y Artes, Ciencias Sociales, Ciencias Físico-Matemáticas y Ciencias Biológicas y de la Salud) de la Universidad Nacional Abierta de México, tanto de los primeros como de los últimos semestres. Sus resultados muestran que los estudiantes recurren más a sus hogares o cibercafés para usar el ordenador

e Internet que a la UNAM y la mayoría de ellos los utiliza con fines de socialización y entretenimiento. Asimismo, identificó que la apropiación está sujeta al acceso a la infraestructura tecnológica y a las habilidades en el uso de las mismas, presentándose de manera diversa entre los estudiantes según el área de conocimiento. Para aquéllos de las áreas Biológicas y de la Salud y Físico-Matemáticas, son instrumentos fundamentales en las actividades académicas y la vida en general; para los de Ciencias Sociales son instrumentos de socialización y para los de Humanidades y Artes son herramientas secundarias tanto en lo académico como en la socialización. Covi Druetta (op. cit.) destaca que los estudiantes de Ciencias Biológicas y de la Salud manifestaron una mayor apropiación de las TIC en el ámbito académico y expresaron, además, un fuerte interés en el conocimiento y actualización de las tecnologías. Por su parte, los de Ciencias Sociales, demostraron mayor apropiación en materia de socialización.

En función de estos acuerdos en los resultados, pareciera conveniente al programar actividades experimentales en las que se incorporan las actuales tecnologías que no sólo se jerarquicen los contenidos disciplinares fundamentales sino también que se consideren aquellos aspectos que permitan el desarrollo de habilidades motrices y cognitivas propias del proceso de apropiación de las tecnologías.

7.2 Características de las prácticas de laboratorio asistidas por ordenador

El problema trazado en esta tesis en el apartado 1.4 quedó delimitado por dos cuestiones que se constituyeron en los ejes directrices de esta investigación. A continuación se transcribe la primera de ellas a fin de sintetizar las respuestas encontradas en función del trabajo realizado.

✓ ¿Qué características deben tener las prácticas de laboratorio correspondientes a los programas de Física de primer curso de universidad en carreras de Ingeniería para evitar el uso del ordenador como una "caja negra" que entrega productos acabados?

Con esta pregunta se busca identificar las características de las prácticas de laboratorio a fin de dotar de significado a la incorporación de un sistema de adquisición y procesamiento de datos en tiempo real en la resolución de situaciones experimentales planteadas como investigaciones orientadas.

A partir de los resultados obtenidos en las fases II y III de esta investigación se considera relevante:

1. Iniciar las actividades de laboratorio con un trabajo práctico que incluya un contenido físico sencillo, en nuestro caso, determinación del período de un péndulo, incorporando el uso del sistema informático –interfaz, sensores, ordenador, programa de gestión- de modo de centrar la tarea en la familiarización con dicho dispositivo y en el conocimiento de la función y uso asociado a cada componente. Esto permite que el estudiante construya un modelo mental del funcionamiento de un sistema informático que desvela el carácter de "caja negra" para un "usuario intuitivo" en instrumento de medición y procesamiento para un "usuario avanzado". De esta forma el trabajo práctico se constituye en una estrategia que propicia el avance del desarrollo de las competencias genéricas requeridas al futuro ingeniero, según fuera señalado en el apartado 7.1.
2. Organizar las actividades experimentales siguientes incorporando el dispositivo informático con otros sentidos de uso, por ejemplo, en esta tesis se ha propuesto el uso como sistema de adquisición y procesamiento de datos en tiempo real, en el estudio de momentos de inercia de cuerpos homogéneos con distintas geometrías y rotando alrededor de diferentes ejes de simetría. Asimismo, su empleo posibilita

contrastar la abstracción científica con los procesos reales habitualmente más ricos y complejos, introducir modificaciones en variables relevantes para la aplicación de un dado modelo teórico y establecer criterios de ajuste. Recíprocamente los registros gráficos obtenidos con el ordenador promueven el análisis de las condiciones que permiten dar cuenta de su evolución. Se establece de esta forma una ida y vuelta, un proceso interactivo históricamente nuevo de compartir cognición entre el sujeto y el ordenador.

En relación con los modelos mentales sobre el funcionamiento y uso de un sistema informático, construidos por los estudiantes, se observó que alcanzaron diferentes niveles de diferenciación, tal como se mostró en el apartado 5.1 del capítulo 5.

En la Figura 7.1 se presenta un esquema en el que se sintetiza el análisis que permitió reconocer las características relevantes construidas por los estudiantes sobre el funcionamiento y uso del sistema informático. Las mismas resultaron de la definición de categorías teóricas concebidas como analíticas y conceptuales, del enunciado de ejes de análisis y de los indicadores emergentes del procesamiento de datos.

El análisis por categorías permitió detectar las diferentes fisonomías de un mismo objeto de estudio que los estudiantes reconocieron (categoría Dispositivo simbólico); la manera en que incorporaron al sensor y sus relaciones con los componentes del sistema informático dando sentido a éste como instrumento de medición (categoría Instrumento de medición); los aspectos y variables a través de las cuales establecieron las semejanzas y diferencias durante el proceso de comparación entre un instrumento tradicional, en nuestro caso un cronómetro, y el sistema informático (categoría Comparación entre instrumentos de medición) y las argumentaciones en torno al significado que los estudiantes atribuyen al sistema informático en la realización de experimentos y a las dificultades, aportes y limitaciones que devienen de su uso (categoría Regulación de la

tarea). En lenguaje de Johnson-Laird implica tener un modelo mental, un modelo de trabajo como un análogo estructural mental del objeto en estudio.

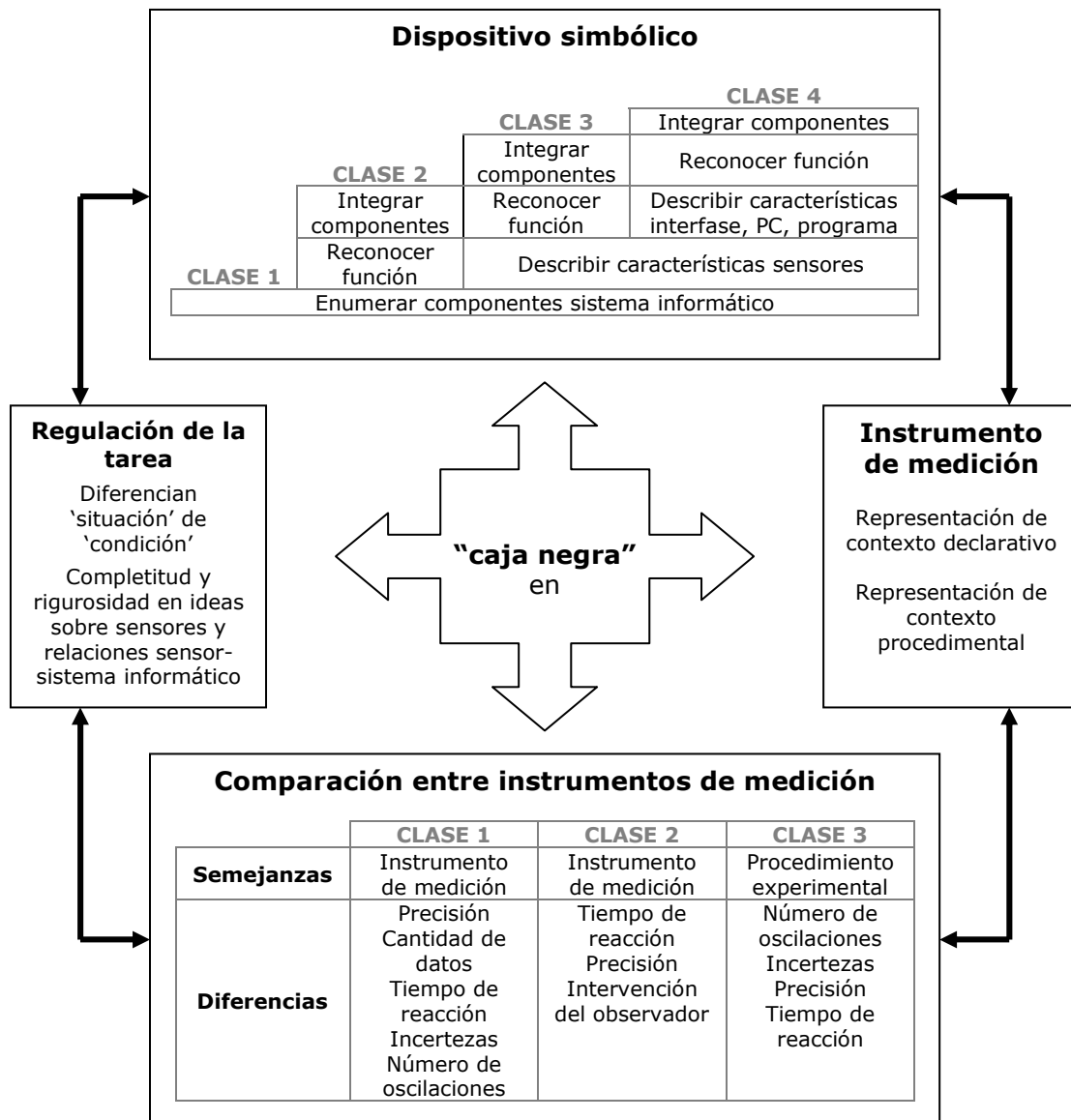


Figura 7.1 Síntesis de las características relevantes construidas por los estudiantes sobre el funcionamiento y uso del sistema informático.

A fin de efectuar un análisis más detallado aún de los resultados de la fase II de esta investigación, en la Tabla 7.1 se sintetizan las actuaciones de los estudiantes asociadas a cada categoría.

Tabla 7.1 Síntesis de las actuaciones de los estudiantes asociadas a cada categoría (en color gris).

Dispositivo Simbólico		Instrumento de medición		Comparación entre instrumentos de medición			Regulación de la tarea				
		Contexto declarativo	Contexto procedimental	Indican entre 4 y 7 diferencias	Indican entre 3 y 5 diferencias	Indican entre 2 y 4 diferencias	No comparan	Diferencian situac-condic.	No mencionan condiciones	Compleitud y rigurosidad ideas sensores	Compleitud y rigurosidad ideas relac. S-SI
CLASE 1	GRP11										
	GRP17										
	GRP31								(GRP31)		
CLASE 2	GRP02										
	GRP10										
	GRP12										
	GRP16										
	GRP20										
	GRP21								(GRP21)		
	GRP22										
	GRP23										
	GRP26										
GRP29											
CLASE 3	GRP03										
	GRP05										
	GRP07										
	GRP09										
	GRP13										
	GRP15										
	GRP18										
	GRP24								(GRP24)		
	GRP25										
	GRP32										
	GRP33										
GRP34									(GRP34)		
CLASE 4	GRP01										
	GRP04										
	GRP06										
	GRP08										
	GRP14										
	GRP19										
	GRP27										
	GRP28										
	GRP30										
	GRP35										

Al describir cada componente del sistema informático, reconocer las funciones de cada uno e integrar los mismos para conformar una unidad, se activan ideas unificadoras e inclusivas de modo que se constituyen en puentes cognitivos en el proceso de adquisición y organización de significados más específicos en la estructura cognitiva. Dado que sobre estas ideas se elaboraron las clases de la categoría Dispositivo simbólico, se consideró pertinente tomar dichas clases como base para elaborar la síntesis que se presenta en la Tabla 7.1.

Cabe aclarar que por razones de espacio en el encabezamiento de las columnas correspondientes a la categoría Regulación de la tarea, incluidas en la Tabla 7.1, se utilizó la siguiente codificación: "Diferencian situac-condic." para indicar "Diferencian situaciones de condiciones en las que se utilizan sensores"; "No mencionan condiciones" para notar "No mencionan condiciones en las que se utilizan sensores"; "Compleitud y rigurosidad ideas sensores" para notar "Articulación entre un nivel de completitud amplio y un nivel de rigurosidad predominante en las ideas sobre sensores" y "Compleitud y rigurosidad ideas relac. S-SI" para indicar "Articulación entre un nivel de completitud amplio o en exceso y un nivel de rigurosidad predominante en las ideas sobre las relaciones entre el sensor y los demás componentes del sistema informático".

Además, en la columna con encabezamiento "No mencionan condiciones" la codificación (GRP21) indica "Confunden situación con condición en las que se utilizan sensores" y en los grupos (GRP24), (GRP31) y (GRP34) para notar "No realizan la tarea demandada".

Del análisis de la Tabla 7.1 se reconocen las características relevantes de los modelos mentales construidos por cada uno de los estudiantes. Sin embargo, se buscaron tendencias en función de la afinidad de dichas características a fin de efectuar aportes para contribuir a generar teoría en un área poco desarrollada en el ámbito de la Educación en Física.

Así, se detectaron las siguientes particularidades en los modelos mentales contruidos por los grupos correspondientes a cada clase:

- CLASE 1, (8%), presenta el nivel de representación más elemental. Los estudiantes apelan a la enumeración de los elementos que componen un sistema informático, que adoptaron el carácter de tokens del modelo mental, focalizando básicamente la construcción de sus ideas en el sensor como instrumento de medición desde un "contexto procedimental" (dos grupos) y desde un "contexto declarativo" (un grupo). Dos de los grupos logran consignar las ideas referidas al funcionamiento del sensor con un nivel de completitud amplio y un nivel de rigurosidad predominante. Se observan sesgos en la identificación de las condiciones bajo las cuales se utilizan los sensores en las situaciones experimentales. En la Figura 7.2 se reproduce el diagrama del modelo mental correspondiente a esta clase que fue presentado en el apartado 5.1 del capítulo anterior.

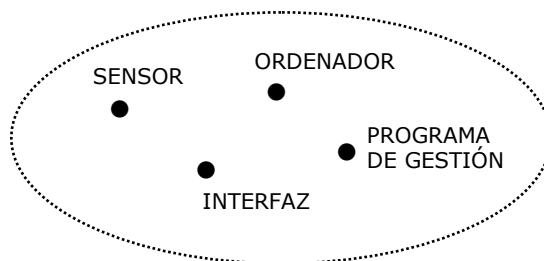


Figura 7.2 Modelo mental elemental correspondiente a la Clase 1.

- Clase 2, (29%), la enumeración de los elementos básicos del sistema informático que integran sus modelos mentales adquirió significado a partir de reconocer las funciones de cada uno, a través del uso o del rol desempeñado, y de establecer relaciones entre ellos, integrándolos en un sistema. La mitad de los grupos reconoce al sensor como instrumento de medida desde un "contexto procedimental" y la otra mitad lo hace desde un "contexto declarativo". Al comparar entre instrumentos de medida, la

mayoría de los estudiantes, especificaron como diferencias las asociadas a los conceptos de precisión, incerteza y tiempo de reacción y a consideraciones que implican una toma de decisión, en este caso, determinar el número de oscilaciones a tener en cuenta en la determinación del período. Un número menor de éstos explicita, además, como diferencia el registro de mayor cantidad de datos cuando se utiliza un sistema de adquisición de datos en tiempo real. Sólo dos grupos logran diferenciar las situaciones experimentales en las que se utiliza el sensor de las condiciones bajo las cuales se los usa; la mayoría de los estudiantes se limita a especificar las situaciones sin mencionar las condiciones de su uso. Si bien la mitad de los grupos logra consignar las ideas referidas al funcionamiento del sensor con un nivel de completitud amplio y un nivel de rigurosidad predominante, sólo uno de estos grupos conserva los mencionados niveles al explicitar las relaciones entre éste y los demás componentes del sistema informático. Los modelos mentales construidos, cuyo diagrama se reproduce en la Figura 7.3, están sustentados en acciones -reconocer e integrar- vinculadas a estrategias de reorganización y transformación de la información que favorecieron el proceso de comparación entre instrumentos de medida.

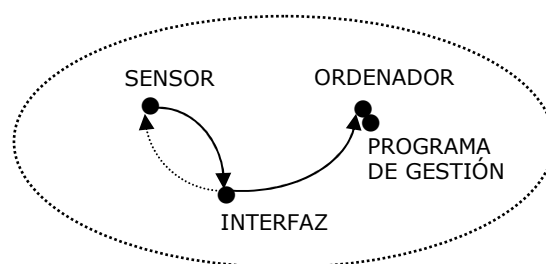


Figura 7.3 Modelo mental relacional asociado a la Clase 2.

- CLASE 3, (34%), el modelo mental se sustenta en la diferenciación de algunas características básicas del sensor a la vez que se advierten regularidades en su funcionamiento y en el reconocimiento de las

funciones de cada componente del sistema informático las que luego integran para otorgarle a éste significado de conjunto. Los estudiantes organizaron sus ideas haciendo uso de vocabulario específico. La mayoría de ellos reconoce al sensor como instrumento de medida desde un “contexto procedimental” con las implicancias ya consignadas en la clase anterior. En relación con el proceso de comparación entre instrumentos de medida -en nuestro caso con un cronómetro- los estudiantes establecieron un limitado número de diferencias asociadas al concepto de precisión en la resolución de las mediciones y a la interacción del observador que realiza la medición, en particular, al tiempo de reacción y a la forma en que interviene durante el proceso de medición. En sus producciones se detecta un reconocimiento implícito acerca del nivel de operatividad que se alcanza en el experimento cuando se utiliza un sistema informático que no es factible de obtener con métodos de trabajo manuales. La mayoría de los estudiantes se limita a especificar las situaciones experimentales en las que se utiliza el sensor sin mencionar las condiciones de su uso. Los grupos restantes, GRP24 y GRP34, no hacen ninguna referencia al respecto (Tabla 7.1). Finalmente, sólo un número reducido de grupos logra consignar con un nivel de completitud amplio y un nivel de rigurosidad predominante las ideas referidas al funcionamiento del sensor. Si bien los modelos mentales construidos quedan determinados por la diferenciación de características significativas del sistema informático en tanto instrumento de medida, se detectan sesgos en relación con la identificación de las condiciones bajo las cuales se utilizan los sensores en las situaciones experimentales y la determinación de las interconexiones entre los elementos que conforman el sistema informático. En la Figura 7.4 se reproduce el diagrama del modelo mental de esta clase.

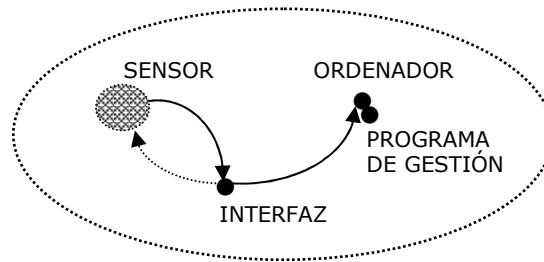


Figura 7.4 Modelo mental relacional correspondiente a la Clase 3.

- CLASE 4, (29%), con el mayor nivel de representación, está compuesta por grupos que además de reconocer las funciones de cada uno de los elementos básicos de un sistema informático e integrar los mismos para conformar una unidad, efectuaron una descripción particularizada de todos sus elementos utilizando expresiones específicas del lenguaje técnico-científico. La mayoría de los estudiantes construye el significado del sensor como instrumento de medida desde un "contexto procedimental" que implicó la producción de inferencias para expresar relaciones entre conceptos, el desarrollo de un razonamiento deductivo en el que involucraron conceptos organizadores básicos para representar un determinado hecho observable y la asociación de información previa vinculada al proceso de medición con conceptos nuevos referidos al rango de funcionamiento del sensor. El proceso de visualización de datos favoreció la identificación de los elementos físicos relevantes que intervienen, la selección de las propiedades más significativas de los mismos, la especificación de un cierto orden y sistemática y la secuenciación temporal del proceso. Asimismo, al efectuar la comparación entre instrumentos de medida pusieron en juego un importante número de diferencias asociadas a los conceptos de precisión, incerteza y tiempo de reacción; a las aportaciones más inmediatas y notorias de estos sistemas, en particular, al registro de mayor cantidad de mediciones de intervalos de tiempo para obtener el período del

péndulo y a una toma de decisión, en este caso, determinar el número de oscilaciones a tener en cuenta en la determinación del período. Finalmente, sólo dos grupos logran diferenciar las situaciones experimentales en las que se utiliza el sensor -en nuestro caso fotopuerta digital- de las condiciones bajo las cuales se los usa; la mayoría de los estudiantes se limita a especificar las situaciones sin mencionar las condiciones de su uso. No obstante, la mitad de los grupos logra consignar con un nivel de completitud amplio y un nivel de rigurosidad predominante las ideas referidas al funcionamiento del sensor. Sólo dos de estos grupos mantienen estos niveles al consignar las relaciones entre éste y los demás elementos del sistema informático. Los procesos desarrollados les demandaron un elevado nivel de comprensión de lo actuado denotando que aprender con la tecnología supone aprender con distintos tipos de aplicaciones permitiendo realizar acciones diferenciadas. En el modelo mental construido, cuyo diagrama se reproduce en la Figura 7.5, los elementos básicos adquieren estructura interna propia y el significado del sensor se tornó más inclusivo al relacionarlo y contrastarlo con otros instrumentos de medición.

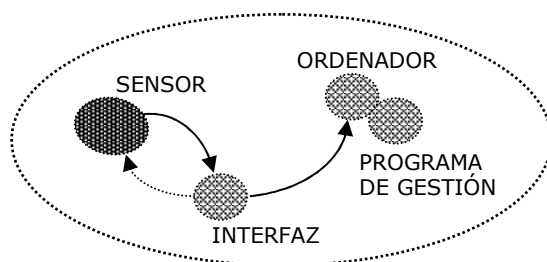


Figura 7.5 Modelo mental dinámico correspondiente a la Clase 4.

Los resultados obtenidos en esta fase de la tesis constituyen un aporte genuino en la producción de conocimientos en enseñanza de las ciencias teniendo en cuenta que el estado de situación de la investigación asociado a esta temática, presentado en el apartado 1.6, muestra que aún no han sido

suficientemente exploradas las ideas que poseen los estudiantes sobre las características, función y principios tecnológicos que regulan el funcionamiento de un sistema informático a fin de evitar su uso mecánico.

Las 4 tipologías detectadas sugieren una gradación que va desde la construcción de modelos mentales elementales que incluyen únicamente elementos básicos (tokens), pasando por modelos mentales relacionales que integran tales entidades básicas y por otro, más desarrollado, donde el "token" sensor adquiere estructura interna propia, hasta modelos mentales dinámicos donde todos los "tokens" pierden su condición de "elemento opaco" alcanzando su propia estructura interna.

En este sentido, no se trata de la culminación de un estudio, sino de los 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.

7.3 Los recursos informáticos como instrumentos para el desarrollo de habilidades de pensamiento

En la resolución de situaciones experimentales asistidas por ordenador se produce una interacción entre los procesos de pensamiento del estudiante y los recursos informáticos. Éstos captan información en tiempo real, dan evidencias de efectos aleatorios no siempre distinguibles y, en función de lo requerido por el estudiante para el tratamiento de la información, muestra gráficamente relaciones y, recíprocamente, promueve inferencias en el estudiante y nuevos procesos de razonamiento.

Desde esta perspectiva, la segunda cuestión eje de esta investigación fue:

✓ *¿En qué medida y de qué modo el uso de los recursos informáticos en las prácticas de laboratorio, planteadas como investigaciones orientadas, pueden iniciar y consolidar la construcción de los conocimientos? ¿Cuáles son los elementos de esa construcción que sostienen?*

Para responder a esta pregunta en la fase III de esta investigación se trabajó sobre una actividad experimental asociada al estudio de momentos de inercia de cuerpos homogéneos con distintas geometrías y rotando alrededor de diferentes ejes de simetría. En esta práctica de laboratorio, el sistema de adquisición y procesamiento de datos en tiempo real contribuyó a:

- *Tomar decisiones en los arreglos experimentales*, en particular, la selección de sensores para efectuar mediciones tanto de velocidad y aceleración lineal como de velocidad y aceleración angular del sistema en estudio. En este sentido, los estudiantes pusieron en juego su conocimiento no sólo relativo al funcionamiento de los sensores a fin de seleccionar el adecuado a los requerimientos de la medición que deben realizar, sino también de las características esenciales del programa de gestión que les permite ejecutar la secuencia de pasos para la visualización de los datos en la pantalla del ordenador. Esta derivación fortalece las aseveraciones indicadas en otras investigaciones, en particular, Ferrini y Aveleyra (2006) que destacan que al tomar decisiones en los arreglos experimentales los estudiantes se acercan al trabajo profesional del ingeniero.
- *Contrastar las propiedades del modelo conceptual con las del sistema en estudio*. La posibilidad que brinda el ordenador de decidir la secuencia de pasos a seguir, de realizar rápidas y oportunas repeticiones de las

experiencias para confirmar o modificar las hipótesis elaboradas y de explorar relaciones matemáticas rápidamente visualizables favoreció el desarrollo de modelos mentales diferenciados consistentes con el análisis de la fricción en el eje y la condición de rodadura sin deslizamiento. Las producciones elaboradas por los estudiantes muestran un uso del ordenador como recurso para contrastar supuestos de base de la teoría, su alcance en relación con la situación experimental y su rango de validez en función de las mediciones realizadas. Como se ha discutido en el capítulo 6, apartado 6.3, los modelos mentales construidos por los estudiantes en torno al trabajo práctico fueron caracterizados como 4 tipos diferentes. Dos de ellos -modelo mental "*mecánico*" y modelo mental "*básico*"- se organizan específicamente centrados en el estudio del cuerpo en rotación, si bien se evidencian diferencias en la profundidad del tratamiento realizado de los registros e información elaborada por el sistema informático. Así, se observó en la tipología "*mecánico*" que, aunque los estudiantes han logrado organizar su modelo mental de sistema informático con un desarrollo de la estructura interna de los elementos básicos y estableciendo las relaciones entre ellos, efectúan una aplicación mecánica del mismo cuando está integrado al equipo experimental, dando indicios de una actuación como nativos digitales que se constituyen en "*usuarios intuitivos*". Aquellos estudiantes que organizaron modelos mentales "*básicos*", en cambio, despliegan la potencialidad reconocida en el sistema informático para profundizar en la estructura interna del "token" cuerpo en rotación que deja de ser un elemento "opaco". En ellos se observa un comportamiento correspondiente a los nativos digitales que se constituyen en "*usuarios integrados*" al utilizar el sistema informático a fin de dar respuestas a las consignas del trabajo práctico. Ambas tipologías corresponden a modelos mentales cinemáticos por cuanto se construyen focalizando básicamente el análisis en la caracterización del movimiento del cuerpo en rotación atendiendo a la manera en que se distribuye su masa alrededor del eje

en rotación, dando claros indicios de un aprendizaje significativo del momento de inercia. Las cuestiones vinculadas con las interacciones requeridas para producir la rotación quedan relegadas a un plano secundario en la elaboración de sus informes. En el caso de los estudiantes cuyos modelos mentales responden a las tipologías "acoplado" e "inclusivo" se observa que, a diferencia con los anteriores, sus modelos mentales integran las relaciones entre el sistema informático y el equipo experimental, procesando y dando significado a los registros de ambos sensores (asociados, uno, al desplazamiento del cuerpo suspendido y operando sobre ellos en forma completa y, el otro, al cuerpo en rotación) a fin de realizar un estudio del movimiento del cuerpo en rotación en forma completa tanto de las características intrínsecas del mismo como de las interacciones que lo producen o afectan. Desde este punto de vista, sus modelos mentales tienen un perfil dinámico, si bien con distinto nivel de profundidad. Sus actuaciones corresponden a nativos digitales que se constituyen en "usuarios avanzados" haciendo un uso amplio e intensivo del recurso informático. Este resultado constituye un aporte interesante en tanto que ofrece una posible respuesta a las dudas, sobre los efectos del uso de los sistemas de adquisición de datos en tiempo real, planteadas por Bernhard y Lindwall (2003) y Bernhard (2003 y 2007).

- *Tomar decisiones en las fases de registro y procesamiento de datos.* Se evidenció en el uso de determinadas opciones del programa de gestión: la selección de la forma de representación de los datos (tablas y/o gráficas); la elección de las variables a representar; la optimización de la visualización de las gráficas (repetición de la toma de datos, cambio de escalas en los ejes, uso del efecto "zoom", etc.) y la obtención de cálculos estadísticos (media, desviación estándar, ajuste lineal, etc.). Esto facilita la correcta comprensión e interpretación de las gráficas y con ello del fenómeno. Las diferencias en la selección de formas de

representación y la elección de las variables distinguen claramente las 2 tipologías de modelos mentales construidas: cinemática y dinámica, mientras que la optimización en la visualización de relaciones y el tratamiento estadístico operan en la profundización de la estructura interna de los modelos mentales correspondientes a ambos tipos.

- *Desarrollar habilidades cognitivas específicas.* El control del proceso experimental a través de la apropiada selección de los sensores, la comunicación interactiva que se generó al seleccionar la forma de representación de los datos, el análisis explícito sobre la distribución del conjunto de puntos representados y los elementos de estadística puestos en juego denotan que los estudiantes utilizaron al sistema informático como un medio para ampliar su capacidad de comprensión y de razonamiento. También favoreció la organización del sistema de símbolos con los cuales el recurso informático se modela mentalmente para dar sentido a la interacción con el mismo mediante la asociación establecida entre los elementos básicos del modelo mental construido y los elementos físicos correspondientes. Asimismo, los registros gráficos obtenidos con el ordenador promovieron el análisis explícito de las condiciones que permiten dar cuenta de su evolución. En la información activada se reconoce que el pensamiento se orientó hacia lo posible y no sólo hacia lo real, con excepción de lo observado en los grupos que corresponden a la tipología "mecánico". Lo expresado muestra un valioso panorama del estado de situación de la investigación en esta problemática en el nivel universitario básico ya que, teniendo en cuenta la información presentada en el apartado 1.6, la mayoría de las investigaciones han sido efectuadas en cursos de Física básica de nivel secundario y, en particular, sobre las habilidades asociadas a las representaciones gráficas (Testa, Monroy & Sassi, 2002; Kwon, 2002; Sassi, Monroy & Testa, 2005).

- *Aproximar el trabajo experimental al quehacer científico.* El análisis de la presencia de pequeñas irregularidades en las gráficas en tiempo real obtenidas con el ordenador muestra que los estudiantes consideraron la posibilidad de ampliar el rango de aplicación de alguna propiedad del modelo conceptual utilizado, en busca de una mayor correspondencia con las observaciones. Pasar continuamente desde el sistema al modelo conceptual y viceversa para controlar la correspondencia recíproca y la adecuación del modelo conceptual al sistema, es acercarse a la actividad científico-investigadora. Este proceso promueve en cada estudiante la construcción de modelos mentales que, en la interacción grupal, se negocia y enriquece para aproximarse al modelo conceptual deseable en el aprendizaje de una Física universitaria y que se orienta desde lo didáctico.
- *Promover una postura crítica durante el análisis de la situación experimental.* Esta actitud se observó en las sucesivas repeticiones de la situación experimental para determinar la precarga necesaria para equilibrar el rozamiento en el eje del sistema en rotación, en el tratamiento exhaustivo de la relación entre las aceleraciones -lineal y angular- y al comparar los resultados experimentales obtenidos con el ordenador con los derivados de la aplicación de los contenidos teóricos. La forma selectiva evidenciada en las 4 tipologías diferencia las miradas sobre las que se centra la comparación en el momento de elaborar el informe de laboratorio. Este aspecto y el indicado anteriormente amplían los aportes, señalados por Sassi (2001) como significativos, derivados del uso de experimentos en tiempo real en el marco de la enseñanza de la Física.

7.4 Algunas posibles implicancias

A continuación se señalan algunas consecuencias que pueden resultar interesantes para futuros trabajos de investigación.

Retomando lo analizado en relación con el acceso, uso y apropiación de las actuales tecnologías, un aspecto de interés en esta línea de investigación es efectuar estudios similares en otras áreas, en particular, en carreras de formación y en actividades de actualización de profesores en distintas disciplinas. Debido a la influencia directa que ellos tienen en el desarrollo y enriquecimiento profesional de los universitarios compete a los docentes de Física otorgar un lugar importante a la sensibilización de los estudiantes hacia el uso de las tecnologías de información y comunicación como práctica permanente. En este sentido debería considerarse que sistematizar una práctica permanente de las TICs es semejante a la manera de desarrollar el lenguaje como un instrumento de comunicación y construcción de ideas inherentes a la disciplina.

Otro aspecto relevante es indagar sobre estrategias que permitan una mayor incorporación, integración y aprovechamiento de las tecnologías en los distintos niveles del sistema educativo de manera que el sector académico pueda aprovechar sus fortalezas, disminuir sus debilidades y superar los obstáculos que impiden utilizar completamente el potencial de los recursos informáticos en educación, ciencia y tecnología. Es también importante relevar las demandas e inquietudes entre estudiantes, profesores e investigadores para proponer acciones correctivas e iniciativas que permitan fomentar el acceso, uso y apropiación de las actuales tecnologías, en particular, de los sistemas para adquisición de datos en tiempo real en el nivel superior.

Asimismo, sería recomendable continuar los estudios sobre las representaciones mentales que construyen los estudiantes en relación con el uso y función de los distintos elementos que componen un sistema

informático con el fin de evitar un uso mecánico. Dado que es frecuente observar este último comportamiento en los estudiantes, los lineamientos establecidos en esta tesis, pueden utilizarse como insumos para orientar actividades escolarizadas en las clases de ciencias.

Finalmente, otra temática que sería importante retomar es la vinculada al reconocimiento del abanico de habilidades cognitivas específicas que devienen del uso de un sistema informático en las prácticas de laboratorio. Esta línea de investigación ofrecería la posibilidad de extender el campo del conocimiento de las habilidades cognitivas teniendo en cuenta que los recursos informáticos permiten abordar el estudio de fenómenos o conceptos físicos desde las características concretas del mismo, hasta llegar de forma progresiva a sus características más abstractas. Este proceso de interiorización a través del cual se forman las ideas en el plano mental demanda a los estudiantes el desarrollo de capacidades intelectuales específicas incluyendo la aptitud para comprender y utilizar el lenguaje.

7.5 Nuevos interrogantes

Los resultados alcanzados en la presente investigación han dado lugar al planteamiento de nuevos interrogantes, susceptibles de ser respondidos con futuros estudios sobre la temática que nos ocupa. Así, sería interesante continuar indagando:

- ✓ ¿Qué estrategias de aprendizaje ponen en juego los estudiantes al desenvolverse en entornos tecnológicos?
- ✓ ¿Qué actividades favorecen la incorporación de los sistemas informáticos como herramienta fortalecedora de habilidades metacognitivas?
- ✓ ¿Qué características deben tener los entornos de aprendizaje en los que se incorporan sistemas informáticos para lograr que los estudiantes sean mucho más que consumidores de tecnología y contenidos y se tornen en

creadores e innovadores a partir de sus propias capacidades tecnológicas?

- ✓ ¿Qué cambios deben implementarse en los diseños curriculares a fin de utilizar todo el potencial brindado por los sistemas de adquisición de datos en tiempo real en la resolución de problemas?

Las respuestas a estos interrogantes aportarán elementos valiosos, tanto teóricos como prácticos, en la interpretación de problemas y situaciones que cada día emergen en el sistema educativo ante una realidad en permanente cambio.

7.6 A la manera de un pequeño epílogo

Cada cultura proporciona, a los miembros de una sociedad, los instrumentos y saberes necesarios que las generaciones más jóvenes deben apropiarse para controlar y modificar su entorno -físico y social- y a sí mismos. La apropiación del modo de uso y del significado sociocultural de dichos instrumentos y saberes constituye un aspecto relevante en el desarrollo psicológico de cada sujeto miembro de la cultura. Sería entonces de interés considerar las metas educativas en función de lo que la cultura en particular determina como valioso y esencial para que lo aprendan los miembros más jóvenes. Sin embargo, dichos procesos educativos no son posibles sin el apoyo de otros más capaces, cuya ayuda y participación es imprescindible, puesto que, en su ausencia se haría difícil la apropiación de los instrumentos y saberes que el medio sociocultural ofrece. Además, como se ha puntualizado, tal apropiación de saberes por parte de los estudiantes, es una actividad substancialmente creativa, innovadora y original que permite que, en algún momento, los saberes, instrumentos y tecnologías sean enriquecidos, parcial o totalmente, por la influencia de las nuevas generaciones, lo cual alterará el proceso de acumulación socio-histórica hasta entonces conseguida.

Las personas analizan y perciben lo que la cultura les aporta, con los instrumentos psicológicos e intelectuales que les ha facilitado la familia, el sistema educativo, el grupo de pares, etc. Es el sistema educativo el que debe potenciar en los más jóvenes una capacidad crítica y ayudarles a organizar lo que las actuales tecnologías de la información y comunicación facilitan de modo disperso. Pero, fundamentalmente, debería colaborar en la lucha contra la naturalización de nuestras condiciones de existencia como las únicas posibles.

REFERENCIAS

- Astolfi, J. P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12, pp. 206-216.
- Atar, H. (2002). Examining students' and teacher's perceptions of microcomputer based laboratories (MBLs) in high school chemistry classes. [www.ictc.org/T01_Library/T01_182.PDF, retrieved 10.09.2005]
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología Educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Baquero, R. (1996). *Vygotsky y el aprendizaje escolar*. Buenos Aires: Aique.
- Barberá, O. y Sanjosé, V. (1990). Juegos de simulación por ordenador: un útil para la enseñanza a todos los niveles. *Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), pp. 46-51.
- Barberá, O. y Valdés Castro, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), pp. 365-379.
- Beichner, R. (1996). The impact of video motion analysis on kinematics graph interpretation skills. *American Journal Physics*, 64 (10), pp. 1272-1277.
- Berg, C. & Phillips, D. (1994). An investigation of the relationship between logical thinking structures and the ability to construct and interpret line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, pp. 323-344.
- Bernhard, J. (2003). Physics Learning and Microcomputer Based Laboratory (MBL) – Learning effects of using MBL as a technological and as a

- cognitive tool. *Science Education Research in the Knowledge Based Society*, pp. 313-321.
- Bernhard, J. (2007). Perspectives on use of artifacts in education. Some contributions from philosophy of technology and engineering science. *Abstracts of the Workshop on Philosophy & Engineering 2007*, pp. 70-71.
- Bernhard, J. & Lindwall, O. (2003). Approaching Discovery Learning. *The ESERA 2003 Conference. Research and the Quality of Science Education*.
- Blanchot, M. (1969). *El libro que vendrá*. Caracas: Monte Avila Editores.
- Bliss, J. (1990). Student's reactions to undergraduate science: laboratory and project work. *The student laboratory and the science curriculum*. Londres: Routledge.
- Brickhouse, N.W., Stanley, W.B. & Whitson, J.A. (1993). Practical reasoning and science education: implications for theory and practice. *Science and Education*, 2, pp. 363-375.
- Bruner, J. (1988). *Realidad mental y mundos posibles*. Barcelona: Gedisa.
- Brungardt, J. and Zollman, D. (1995). Influence of Interactive Videodisc Using Simultaneous-Time Analysis on Kinematics Graphing Skills of High School Physics Students. *Journal of Research in Science Teaching*, 32 (8), pp. 855-869.
- Buchan, A. S. & Jenkins, E. W. (1992). The internal assessment of practical skill in science in England and Wales 1960-1991: Some issues in historical perspective. *International Journal of Science Education*, 14, pp. 367-380.
- Campanario, J.M. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: Estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), pp. 369-380.
- Carrasco Dávila, A. (2006). Las TIC en la vida de los jóvenes. III Congreso online del observatorio para la cibersociedad. <http://www.cibersociedad.net/congres2006>

-
- Chadwick, C. y Rivera, N. (1991). *Evaluación formativa para el docente*. Barcelona: Paidós.
- Cisia-Ceresta (1998). SPAD integrado, Versión 4. Centre Internacional de Statistique et d'Informatique Appliquées. París, Francia.
- Colás Bravo, M. P. y Buendía Eximan, L. (1994). *Investigación educativa*. Sevilla: Alfar.
- Cook, T. D. y Reichardt, Ch. S. (1997). *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Cortini, G. (1992). The use of the computer as a laboratory instrument in teaching experimental physics. *Physics Education*, 27.
- Creus, E., Massa, M. y Cortes, A. (1998). *Mecánica*. Rosario, Argentina: UNR Editora.
- Crovi Druetta, D. (2007). *Diagnóstico acerca del acceso, uso y apropiación de las TIC en la UNAM*. http://www.alaic.net/alaic30/ponencias/cartas/COMUNICACION_Y_EDUCACION/ponencias/GT6_3Crovi.pdf
- De Camargo, P., Ketzer Saul, C. & Pazini, A. (2002). Sensors: the motivation for learning, teaching and innovating. *Proceedings of 10th IOSTE Symposium*, pp. 128-133.
- De Jong, T., Martín, E. & Zamarro, J.M. (1999). The Integration of Computer Simulation and Learning Support: An Example from the Physics Domain of Collisions. *Journal of Research in Science Teaching*, 36 (5), pp. 597-615.
- De Vega, M., Carreiras, M., Gutierrez Calvo, M. y Quecuty, M. (1990). *Lectura y comprensión. Una perspectiva cognitiva*. Madrid: Alianza Psicología.
- Denzin, N. & Lincoln, Y. (1994). *Handbook of qualitative research*. En Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Ediciones Aljibe.

- Díaz Barriga, F. (2006). Principios de diseño instruccional de entornos de aprendizaje apoyados con TIC: un marco de referencia sociocultural y situado. *Revista Tecnología y Comunicación Educativa*, 41.
- El cajero automático es el principal punto de relación con el banco o caja. (2006, 27 de junio). Diario elEconomista.es, [http:// www.economista.es](http://www.economista.es)
- Ferrini, A. y Aveleyra, E. (2006). El desarrollo de prácticas de laboratorio de Física básica mediadas por las NTIC's, para la adquisición y análisis de datos, en una experiencia universitaria con modalidad b-learning. *Revista de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*, 1 (1).
- Feyerabend, P. (1977). Contra el método. En Krebs Pereira Regner, A. (1997). La Filosofía de la Ciencia de Paul Feyerabend: El anarquismo epistemológico. *Revista de Enseñanza de la Física*, 10 (2), pp. 49-55.
- Flavell, J.H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En Resnick, L.B. (ed.). *The nature of intelligence*. Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Friedler, Y., Nachmias, R. & Linn, M. C. (1990). Learning scientific reasoning skills in microcomputer-based laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 27 (2), pp. 173-191.
- Gallego, A., Lowy, E. y Robles, J. (1991). *Laboratorio asistido por ordenador*. Madrid: Phywe España.
- García Barros, S., Martínez Losada, C. y Mondelo Alonso, M. (1998). Hacia la innovación de las actividades prácticas desde la formación del profesorado. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (2), pp. 353-366.
- García Sastre, P., Insausti, M. J. y Merino, M. (1999). Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de Física en el nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), pp. 533-542.
- Gardner, P. & Gauld, C. (1990). Labwork and students' attitudes. *The student laboratory and the science curriculum*. Londres: Routledge.

- Gea, M., Hoyos, D., Javi, V., Pocovi, C., Aluralde, E., Cadena, C., Gramajo, C., Lozano, R., Passamai, V. y Saravia, L. (1995). Desarrollo de un sistema computarizado para experiencias de cinemática. *Memorias IX Reunión Nacional de Educación en la Física*, pp. 424-433.
- Gil Pérez, D., Carrascosa, J., Furio, C. y Martínez Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Gil Pérez, D. y González, E. (1993). Las prácticas de laboratorio de Física en la formación del profesorado (I). *Revista de Enseñanza de la Física*, 6 (1), pp. 47-61.
- Gil Pérez, D. y Valdés Castro, P. (1997). La resolución de problemas de Física: de los ejercicios de aplicación al tratamiento de situaciones problemáticas. *Revista de Enseñanza de la Física*, 10(2), pp. 5-20.
- Goetz, J.P. y Lecompte, M.D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Gómez Crespo, M. A. (1994). Influencia de la enseñanza asistida por ordenador en el rendimiento y las ideas de los alumnos en electricidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp. 355-360.
- Haddon, L. (2002). Juventud y móviles. El caso británico y otras cuestiones. *Revista de Estudios de Juventud*, 57, pp. 116-124.
- Hamne, P. & Bernhard, J. (2001). Educating pre-service teachers using hands-on and microcomputer based labs as tools for concept substitution. In R. Pinto and S. Surinach (eds), *Physics Teacher Education Beyond 2000*, pp. 663-666. Paris: Elsevier.
- Hennessy, S., Twigger, D., Driver, R., O'Shea, T., O'Malley, C., Byard, M., Draper, S., Hartley, R., Mohamed, R. & Scanlon, E., (1995). Design of a computer-augmented curriculum for mechanics. *International Journal of Science Education*, 1 (17), pp. 75-92.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2008). *Metodología de la investigación*. Chile: McGraw-Hill Interamericana.
- Herrán Martínez, C. y Parrilla Parrilla, J. L. (1994). La utilización del ordenador en la realización de experiencias de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp. 393-399.
- Herrán Martínez, C. y Alonso, A. (1995). La utilización didáctica de la hoja de cálculo. *Revista Española de Física*, 9 (3), pp. 49-54.
- Herzog, R. (2000). Las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC) en la enseñanza y la ciencia: experiencias de Argentina. *Ponencia presentada en la Cumbre Anual de la ADLAF 2000*.
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp. 299-313.
- Izquierdo, M. y Sanmartí, N. (2000). Enseñar a leer y escribir textos de Ciencias de la Naturaleza. En *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las área curriculares* (pp. 181-200). Barcelona: ICE/Editorial Síntesis.
- Johnson-Laird, P. (1983). *Mental models*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Jonassen, D.H., Reeves, T.C., Hong, N., Harvey, D. & Peters, K. (1997). Concept mapping as cognitive learning and assessment tools. *Journal of Interactive Learning Research*, 8 (3/4), pp. 289-308.
- Kelly, G. (1963). *A theory of personality. The psychology of personal constructs*. En Moreira, M. A. (1995). Monografía nº 10 de la serie *Enfoques Teóricos*. Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS.
- Kelly, G. & Crawford, T. (1996). Students' interaction with computer representations: analysis of discourse in laboratory groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (7), pp. 693-707.

-
- Kimbell, R. (1991). Tackling technological tasks. En *Practical science. The role and reality of practical work in school science*. Milton Keynes: Open University Press.
- Kirschner, P.A., Meester, M., Middlebeek, E. & Hermans, H. (1993). Agreement between students expectations, experiences and actual objectives of practicals in the natural sciences at the Open University of the Netherlands. *International Journal of Science Education*, 15, pp. 175-197.
- Kofman, H. (2004). Integración de las funciones constructivas y comunicativas de las NTICs en la enseñanza de la Física universitaria y la capacitación docente. *Revista de Enseñanza de la Física*, 17(1), pp. 43-50.
- Kozulin, A. (2000). *Instrumentos psicológicos. La educación desde una perspectiva sociocultural*. Barcelona: Paidós.
- Kress, G. & Ogborn, J. (1998). Modes of representation and local epistemologies: the presentation in Science Education. SISC Paper N° 2.
- Kwon, O. (2002). The effect of calculator-based ranger activities on students' graphing ability. *School Science and Mathematics*, 102 (2), pp. 57-67.
- Lajoie, S.P. (1993). Computer environments as cognitive tools for enhancing learning. En Lajoie, S.P. & Derry, S.J. (eds.) *Computers as Cognitive Tools*, pp. 261-288. Hillsdale: L. Erlbaum Ass.
- Lapp, D. & Cyrus, V. (2000). Using data-collection devices to enhance students' understanding. *The National Council of Teachers of Mathematics*, Vol. 93, pp. 504-510.
- Lazarovitz, R. & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. Nueva York: Macmillan.

- Lemke, J. (1998). Multiplying meaning: visual and verbal semiotics in scientific text. In J. R. Martin and R. Veel (eds), *Reading Science*, pp. 87-113. London: Routledge.
- Li, H. (1998). Information-Technology-Based tools for reengineering construction engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 6, pp. 15-21.
- López, V., Montoya, M. y Pancorbo, M. (1997). Práctica de Física aplicando multimedia. *Libro de resúmenes del Primer Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria*. La Habana: Universidad de la Habana.
- Lynch, P.P. & Ndyetabura, V.L. (1984). Students' attitudes to school practical work in Tasmanian schools. *The Australian Science Teachers Journal*, 32, pp. 31-39.
- Marcum-Dietrich, N. & Ford, D. (2002). The place for the computer in the laboratory: an investigation of the effect of computer probeware on student learning. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*.
- Martí Perez, J. (1975). *Obras completas*. Tomo 8. La Habana: Ciencias Sociales.
- Megías, E. (coord.) (2006). *Jóvenes y política. El compromiso con lo colectivo*. Madrid: INJUVE-FAD.
- Moreira, M. A. (1980). A non-traditional approach to the evaluation of laboratory instruction in general physics courses. *European Journal of Science Education*, 2, pp. 441-448.
- Moreira, M. A. (1990). *Pesquisa em ensino aspectos metodologicos e referenciais teóricos*. São Paulo: Ed. Ped. Universitaria.

-
- Moreira, M. A. (1995a). La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel. En *Ensino e Aprendizagem: Enfoques Teóricos*, pp. 61-73. São Paulo: Editora Moraes.
- Moreira, M. A. (1995b). Cerrando brechas en Educación en Física. *Enseñanza de la Física*, 8 (1), pp. 57-65.
- 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. (2000). Investigación en enseñanza: aspectos metodológicos. *Actas I Escuela sobre Investigación en Enseñanza de las Ciencias del PIDEDEC*. Burgos: Universidad de Burgos.
- Moreira, M. A. (2004). Investigación básica em educación em ciencias: una visión personal. *Revista Chilena de Educación Científica*, 3 (1), pp. 10-17.
- Morin, E. (2000). *La mente bien ordenada*. Barcelona: Editorial Seix Barral.
- Moscoloni, N. (2005). *La nube de datos*. Rosario: UNR Editora.
- Newton, L. (1997). Graph talk: some observations and reflections on students' data-logging. *School Science Review*, 79 (287), pp. 49-53.
- Newton, L. (2000). Data-logging in the science classroom: approaches to innovation. *Second International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA) Research in Science Education: Past, Present, and Future*.
- Norman, D. (1987). Doce problemas para la ciencia cognitiva. *Perspectivas de la ciencia cognitiva*. Barcelona: Paidós.
- Norman, D. & Rumelhart, D. (1975). Memory and knowledge. En Norman, D.; Rumelhart, D. & LNR Research Group, *Explorations in cognition*. San Francisco: Freeman.

- Papert, S. (1987). *Desafío a la mente: computadoras y educación*. Buenos Aires: Ediciones Galápagos.
- Pea, R.D. (1993). Practices of distributed intelligence and designs for education. En Salomon, G. (Ed.) *Distributed Cognitions*. N.Y.: Cambridge University Press.
- Pea, R.D. & Kurland, D.M. (1984). On the cognitive effects of learning computer programming. *New Ideas in Psychology*, 2, pp. 137-168.
- Pedrajas Rodríguez, C. y Velasco Toscano, J. (1997). Trabajos prácticos con ordenador en el laboratorio de ciencias: su influencia en el aprendizaje de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias. Número Extra. V Congreso*, pp. 261-262.
- Pérez Serrano, G. (2003). *Investigación Cualitativa. Métodos y Técnicas*. Buenos Aires: Docencia.
- Pintó, R. (1997). La utilización de la nueva tecnología MBL: nuevos retos y nuevos problemas. *Enseñanza de las Ciencias. Número Extra. V Congreso*, pp. 355-356.
- Pol, H., Harskamp, E. & Suhre, C. (2005). Solving physics problems with the help of computer-assisted instruction. *International Journal of Science Education*, 27 (4), pp. 451-469.
- Pontes, A. y Castro, C. (1997). Aprendizaje reflexivo y enseñanza asistida por ordenador: una propuesta metodológica. *Enseñanza de las Ciencias. Número Extra. V Congreso*, pp. 269-270.
- Prensky, M. (2001). Digital Natives, Digital Immigrants. *On the Horizon*. NCB University Press, 9 (5).
- Quivy, R. y Van Campenhoudt, L. (1998). *Manual de Investigaciones en Ciencias Sociales*. México: Limusa.

- Redish, E., Saul, J. & Steinberg, R. (1997). On the effectiveness of active-engagement microcomputer-based laboratories. *American Journal of Physics*, 65 (1), pp. 45-54.
- Resnick, R. y Halliday, D. (1980). *Física*, Parte 1. México: Compañía Editorial Continental S.A.
- Riviere, A. (1986). *Razonamiento y representación*. Madrid: Siglo XXI.
- Rodríguez Palmero, M. L. (2005). La teoría del aprendizaje significativo y el lenguaje. *Actas del PIDECE*, 7, pp. 3-56.
- Romo Beltrán, R. M. (2000). La investigación de corte interpretativo. Aporte a los procesos de producción cultural. *Educar*, 12. <http://educar.jalisco.gov.mx>
- Roth, W. & MacGinn, M. (1997). Graphing: cognitive ability or practice? *Science Education*, 81 (1), pp. 91-106.
- Rubayo, J. y González, C. (1997). Empleo de los métodos numéricos en el cálculo de la función de onda y niveles de energía de sistemas cuánticos unidimensionales. *Libro de resúmenes del Primer Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria*. La Habana: Universidad de la Habana.
- Russell, D., Lucas, K. & McRobbie, C. (1999). Microprocessor Based Laboratory Activities as Catalysts for Student Construction of Understanding in Physics. [www.aare.edu.au/99pap/lvc99196.htm]
- Russell, D., Lucas, K. & McRobbie, C. (2003). The role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in kinematics. *Research in Science Education*, 33 (2), pp. 217-243.
- Russell, D., Lucas, K. & McRobbie, C. (2004). Role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new

- understandings in thermal Physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (2), pp. 165-185.
- Sáez, M., Pintó, R. y García, P. (2005). Relaciones conceptuales en el uso de MBL para el estudio del movimiento. *Enseñanza de las Ciencias. Número Extra. VII Congreso*.
- 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. (1997). Computer-based laboratory to address learning/teaching difficulties in basic physics. *Proceedings of the European Science Education Research Association (ESERA) Summer School on Theory and Methodology of Research in Science Education*. Barcelona, pp. 55-64.
- Sassi, E. (2001). Computer supported lab-work in Physics Education: advantages and problems. En R. Pinto and S. Surinach (eds), *Physics teacher education beyond 2000*. Elsevier, Paris.
- 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: Ed. Asociación de Profesores de la FCEIA - UNR.
- Schütz, R. (2004). Vygotsky & Lenguaje Acquisition. <http://www.sk.com.br/sk-vygot.html>. Consulta 10-02-2009.
- Serway, R. (1998). *Física*, Tomo 1. México: Mc Graw Hill.
- Settlage, J., Jr. (1995). Children's conceptions of light in the context of a technology-based curriculum. *Science Education*, 79 (5), pp. 535-553.

-
- Silverstone, R. (1996). *Televisión y vida cotidiana*. Buenos Aires: Gedisa.
- Stake, R. (1995). *The art of case study research*. En Rodríguez, G., Gil, J. y García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Málaga: Ediciones Aljibe.
- Svec, M. (1999). Improving graphing interpretation skills and understanding of motion using microcomputer-based laboratories. *Electronic Journal of Science Education*, 3 (4), ISSN 1087-3430.
- Tamir, P. & García, M. P. (1992). Characteristics of laboratory exercises included in science textbooks in Catalonia (Spain). *International Journal of Science Education*, 17, pp. 311-323.
- Tao, P.K. & Gunstone, R. (1999). Conceptual change in science through collaborative learning at the computer. *International Journal of Science Education*, 21 (1), pp. 39-57.
- Testa, I., Monroy, G. & Sassi, E. (2002). Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs. *International Journal of Science Education*, 24 (3), pp. 235-256.
- Thijs, G.D. & Bosch, G.M. (1995). Cognitive effects of science experiments focusing in students' preconceptions of force: a comparison of demonstrations and small group practices. *International Journal of Science Education*, 14, pp.381-392.
- Thornton, R. & Sokoloff, D. (1990). Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics*, 58, pp. 858-867.
- Thornton, R. & Sokoloff, D. (1997). Using interactive lecture demonstrations to create an active learning environment. *The Physics Teacher*, 35, pp. 340-347.
- Thornton, R. & Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The force and motion conceptual evaluation and the evaluation of

- active learning laboratory and lecture curricula. *American Journal of Physics*, 66, pp. 338-352.
- Tobin, K. (1986). Secondary science laboratory activities. *European Journal of Science Education*, 8, pp. 199-211.
- Valdés Castro, P. y Valdés Castro, R. (1994). Utilización de los ordenadores en la enseñanza de las ciencias. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), pp. 412-415.
- Valdés Castro, P. y Valdés Castro, R. (1999). Características del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en las condiciones contemporáneas. *Revista de Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), pp. 521-531.
- Vallés, M. (1997). *Técnicas cualitativas de investigación social*. Madrid: Síntesis.
- von Sprecher, R. y Di Santo, M. R. (1999). Efectos de la globalización y el nuevo orden mundial. Tradición, consumos y desajustes en sociedades mediatizadas. *Revista Latina de Comunicación Social*, 13.
- Vreman-de Olde, C. & de Jong, T. (2004). Student-generated assignments about electrical circuits in a computer simulation. *International Journal of Science Education*, 26 (7), pp. 859-873.
- Vygotsky, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Barcelona: Paidós.
- Yanitelli, M., Massa, M. y Creus E. (1991). Organización e implementación del trabajo de Laboratorio en la materia Física I. *Memorias Séptima Reunión Nacional de Educación en Física*, pp. 210 - 215.
- Yanitelli, M., Rosolio, A. y Massa M. (1995). La relatividad del movimiento abordada en un experimento de laboratorio. *Memorias Novena Reunión Nacional de Educación en Física*, pp. 146 - 155.
- Yanitelli, M. y Rosolio, A. (2001). *Estudio de momentos de inercia*. Informe-Guía de Trabajo Práctico. Física I. FCEIA-UNR.

- Yanitelli M., Rosolio A. y Massa M., (2002). ¿Cómo contribuyen los medios informáticos a la construcción de los conocimientos y su consolidación? *Memorias VI Simposio de Investigadores en Educación en Física.*
- Yanitelli M., Rosolio A. y Massa M. (2003). Mecánica de los cuerpos rígidos. Un experimento de laboratorio asistido por ordenador. *Memorias XIII Reunión Nacional de Educación en Física.*
- Yanitelli M., Rosolio A. y Massa M. (2005). Estudio de una colisión entre dos cuerpos rígidos. Un experimento de laboratorio con ordenador. *Memorias XIV Reunión Nacional de Educación en Física.*
- 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.*
- Yanitelli, M., Massa, M. y Moreira, M. (2008). The use of personal computers in the resolution of experimental situations. Aceptado para su publicación en *Proceedings GIREP 2008 International Conference*. Nicosia, Chipre.
- Yanitelli, M., Massa, M. y Moreira, M. (2009). Representaciones sobre la función y uso de un sistema informático en las prácticas de laboratorio de Física. *Memorias X Conferencia Inter Americana de Educación en Física - X CIAEF.*
- Zacharia, Z. (2005). The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in Physics. *International Journal of Science Education*, 27 (14), pp. 1741-1767.

ANEXO 1

**Guía de Trabajo Práctico utilizada en la Fase III
de la investigación**

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA - U.N.R.
ESCUELA DE FORMACIÓN BÁSICA - FÍSICA I 1° CUATRIMESTRE 2007

LABORATORIO

TRABAJO PRÁCTICO N°5 ESTUDIO DE MOMENTOS DE INERCIA

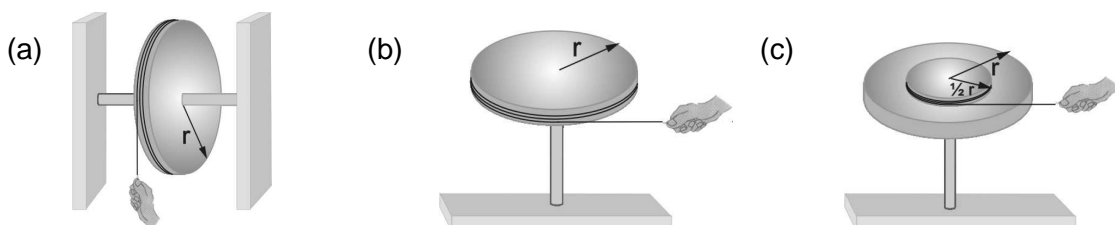
Esta actividad está orientada, por una parte, a la determinación experimental del momento de inercia de diferentes cuerpos homogéneos respecto al eje alrededor del cual giran y, por otra, a la comparación entre los valores experimentales obtenidos y los calculados teóricamente a partir de la masa y las dimensiones de los cuerpos.

Materiales a utilizar:

- Plataforma giratoria
- Disco, aro y sistema de cuerpos pequeños
- Sensores y polea
- Computadora
- Regla
- Calibre
- Balanza, set de pesas

Comencemos profundizando sobre los siguientes aspectos:

- 1-Analiza las fuerzas externas que actúan sobre los discos en las situaciones a, b y c.
- 2-Dibuja el diagrama de cuerpo aislado del disco en cada situación.
- 3-Estima el movimiento resultante y reconoce las magnitudes físicas asociadas al mismo.
- 4-Estima la evolución temporal del movimiento al tirar de la cuerda.



Revisemos a continuación, algunos contenidos teóricos ya analizados.

La Figura 1 muestra un dispositivo experimental el cual consta de una plataforma giratoria montada sobre un eje, de radio r . Alrededor del mismo se enrolla un hilo, supuesto inextensible y sin masa. El mismo se hace pasar por una polea de masa despreciable y en su otro extremo se suspende un cuerpo de masa m .

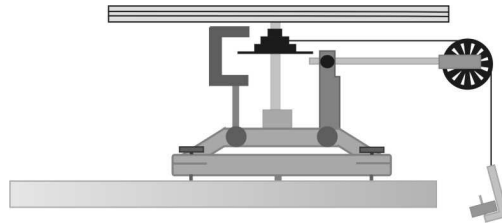


Figura 1 Dispositivo experimental

Sobre el cuerpo suspendido actúan dos fuerzas: la que pone tensa la cuerda T y el peso del cuerpo $m \cdot g$. Si el cuerpo desciende aceleradamente, por el 2º principio de Newton se tiene:

$$m \cdot g - T = m \cdot a$$

Como consecuencia de la fuerza transmitida por la cuerda, el eje adquiere una aceleración angular α , tal como lo expresa la 2º Ecuación Cardinal:

$$T \cdot r = I \cdot \alpha$$

Si suponemos que la cuerda no desliza por la polea, $a = r \cdot \alpha$. Luego, operando con las ecuaciones anteriores se obtiene

$$I = m \cdot \left(\frac{g \cdot r}{\alpha} - r^2 \right)$$

Es momento de realizar las mediciones correspondientes. Para ello te sugerimos que comiences enrollando el hilo alrededor de una de las poleas concéntricas con el eje de giro. Pasa el hilo por la segunda polea y suspende la masa necesaria para equilibrar el rozamiento en el eje. Analiza con tus compañeros de grupo cómo determinar dicha masa para compensar la fricción en el eje.

Suspende del hilo una masa de 50 g y registra utilizando la computadora la velocidad y aceleración angulares adquiridas por el eje en cada uno de los siguientes casos:

1. Disco horizontal, Figura 2.
2. Disco + aro, Figura 3.
3. Disco vertical, Figura 4.

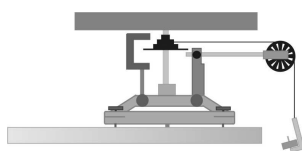


Figura 2

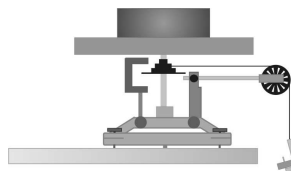


Figura 3

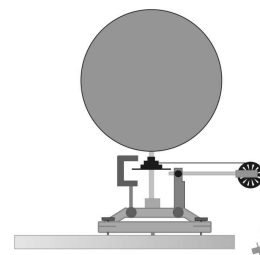


Figura 4

A partir de los registros obtenidos en la computadora, se deben elaborar para cada caso tablas de valores del siguiente tipo:

Tabla A1: Tiempo vs velocidad y aceleración angulares

Análisis de datos

Masa suspendida m :

Radio de la polea concéntrica r :

Masa del cuerpo:

Nº	Tiempo (s)	ω (rad/s)	α (rad/s ²)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Representa gráficamente la velocidad angular y la aceleración angular en función del tiempo para cada caso.

Aplicando los conceptos presentados y los valores medidos, determina experimentalmente el momento de inercia de los cuerpos. No olvides de efectuar la correspondiente estimación de las incertezas de medición.

Compáralos con los valores obtenidos a partir de su masa y los datos de sus dimensiones:

$$I_{\text{Disco horizontal}} = \frac{1}{2} M.R^2$$

$$I_{\text{Disco vertical}} = \frac{1}{4} M.R^2$$

$$I_{\text{Aro}} = \frac{1}{2} M.(R_i^2 + R_e^2)$$

Registra estos valores en la Tabla A2.

Tabla A2: Momentos de inercia

Análisis de datos

Radio interior del aro $R_{A, \text{interior}}$:.....

Radio exterior del aro $R_{A, \text{exterior}}$:.....

Radio del disco R_D :.....

Masa del aro M_A :.....

Masa del disco M_D :.....

$I_{\text{Disco horizontal (experimental)}}$	
$I_{\text{Disco horizontal (teórico)}}$	
% Diferencia $I_{\text{Disco horizontal}}$	
$I_{\text{Disco+Aro (experimental)}}$	
$I_{\text{Disco+Aro (teórico)}}$	
% Diferencia $I_{\text{Disco+Aro}}$	
$I_{\text{Aro (experimental)}}$	
$I_{\text{Aro (teórico)}}$	
% Diferencia $I_{\text{Aro+Disco}}$	
$I_{\text{Disco vertical (experimental)}}$	
$I_{\text{Disco vertical (teórico)}}$	
% Diferencia $I_{\text{Disco vertical}}$	

A partir del análisis de las Tablas A2 y A3, enuncia tus conclusiones incluyendo en las mismas un estudio detallado de las posibles fuentes de incerteza en todas las mediciones realizadas.

**AUTORAS
MARTA YANITELLI
ALEJANDRA ROSOLIO**

ANEXO 2

Encuesta utilizada en la Fase I de la investigación

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO**

Encuesta

**Valoración de la familiarización con las actuales
Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)**

Solicitamos tu colaboración para una investigación en enseñanza de las Ciencias a través de la respuesta a algunas preguntas. Te sugerimos leer atentamente las preguntas ya que pueden tener más de una respuesta u opción.

Título Polimodal

Ciudad/localidad donde cursaste el nivel polimodal

Sexo F M Edad

Marca con una cruz tu respuesta a las siguientes preguntas.

1. ¿Qué medios utilizas diariamente?	¿Cuántas horas?		
	Menos de una hora - Entre una y tres horas - Más de tres horas		
<input type="checkbox"/> Radio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Televisor	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Equipo de música	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> DVD Video	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Videgrabador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Ordenador	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Diarios / revistas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Libros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Otros (especificar)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

2. ¿Qué programas o temáticas te interesan?

<input type="checkbox"/> Informativos	<input type="checkbox"/> Deportivos
<input type="checkbox"/> Películas	<input type="checkbox"/> Políticos
<input type="checkbox"/> De entretenimientos en general	<input type="checkbox"/> Otros (especificar)
<input type="checkbox"/> Culturales

3. ¿Cuáles de los siguientes artefactos posees actualmente?

<input type="checkbox"/> Teléfono inalámbrico	<input type="checkbox"/> Equipos de DVD
<input type="checkbox"/> Teléfono celular	<input type="checkbox"/> Ordenador
<input type="checkbox"/> Equipos de CD	<input type="checkbox"/> Otros (especificar)

4. ¿A cuáles de los artefactos que **no** posees, tienes acceso con frecuencia?

<input type="checkbox"/> Teléfono inalámbrico	<input type="checkbox"/> Equipos de DVD
<input type="checkbox"/> Teléfono celular	<input type="checkbox"/> Ordenador
<input type="checkbox"/> Equipos de CD	<input type="checkbox"/> Otros (especificar)

5. ¿Haces uso de los servicios que utilizan las TIC? Por ejemplo, cajeros automáticos.

<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
-----------------------------	-----------------------------

6. ¿Sabes operar un ordenador?

<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Parcialmente
-----------------------------	-----------------------------	---------------------------------------

<p>7. ¿Tienes en tu casa ordenador?</p> <p><input type="checkbox"/> Si</p> <p><input type="checkbox"/> No</p>	<p>¿Desde cuándo lo tienes?</p> <p><input type="checkbox"/> Desde hace menos de un año</p> <p><input type="checkbox"/> Desde hace más de un año pero menos de tres años</p> <p><input type="checkbox"/> Desde hace más de tres años pero menos de ocho años</p> <p><input type="checkbox"/> Desde hace más de ocho años</p>
---	---

8. ¿Con qué frecuencia utilizas el ordenador ya sea en tu casa, en un ciber o en la facultad?

<input type="checkbox"/> Diariamente	<input type="checkbox"/> Una vez a la semana
<input type="checkbox"/> Algunas veces a la semana	<input type="checkbox"/> En muy raras ocasiones
	<input type="checkbox"/> Nunca

9. ¿Qué tareas realizas con el ordenador?

<input type="checkbox"/> Escritura de textos	<input type="checkbox"/> Uso de correo electrónico
<input type="checkbox"/> Diseño gráfico	<input type="checkbox"/> Uso de juegos
<input type="checkbox"/> Consulta de bases de datos	<input type="checkbox"/> Otras tareas (especificar)
<input type="checkbox"/> Búsqueda de información por Internet

10. ¿Cuáles son las partes o unidades básicas de un ordenador? Sintetiza las ideas que consideras más relevantes.

.....

.....

.....

.....

11. ¿Con qué frecuencia utilizas Internet?

<input type="checkbox"/> Diariamente	<input type="checkbox"/> Una vez a la semana
<input type="checkbox"/> Algunas veces a la semana	<input type="checkbox"/> En muy raras ocasiones
	<input type="checkbox"/> Nunca

12. ¿Utilizaste un ordenador en la escuela?

<input type="checkbox"/> Si, con mucha frecuencia	<input type="checkbox"/> Si, pero pocas veces	<input type="checkbox"/> Nunca
---	---	--------------------------------

¿En qué asignatura/as? Indícalas.

.....

13. ¿En qué actividad?

<input type="checkbox"/> Utilización de procesador de texto para la presentación de trabajos en CD o impresos <input type="checkbox"/> Investigación de temas a través de Internet <input type="checkbox"/> Uso de programas educativos específicos	<input type="checkbox"/> Uso de correo electrónico para intercambio con el docente <input type="checkbox"/> En experimentos de Laboratorio <input type="checkbox"/> Otras actividades (especificar)
---	--

14. ¿Piensas que es útil incorporar el ordenador en las clases en la universidad?

<input type="checkbox"/> Si	<input type="checkbox"/> No
-----------------------------	-----------------------------

¿Por qué? Sintetiza las ideas que consideras más relevantes.

.....

ANEXO 3

**Guía de Trabajo Práctico utilizada en la Fase II
de la investigación**

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, INGENIERIA Y AGRIMENSURA - U.N.R.
ESCUELA DE FORMACIÓN BÁSICA - FÍSICA I 1° CUATRIMESTRE 2007

LABORATORIO

TRABAJO PRÁCTICO N°3

CONSTRUYENDO IDEAS SOBRE CÓMO TRABAJA UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA LA ADQUISICIÓN Y EL TRATAMIENTO DE DATOS EXPERIMENTALES

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.

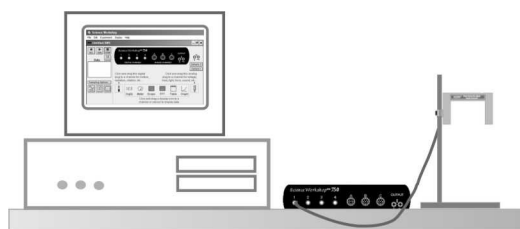


Figura 1 Sistema informático

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.

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.

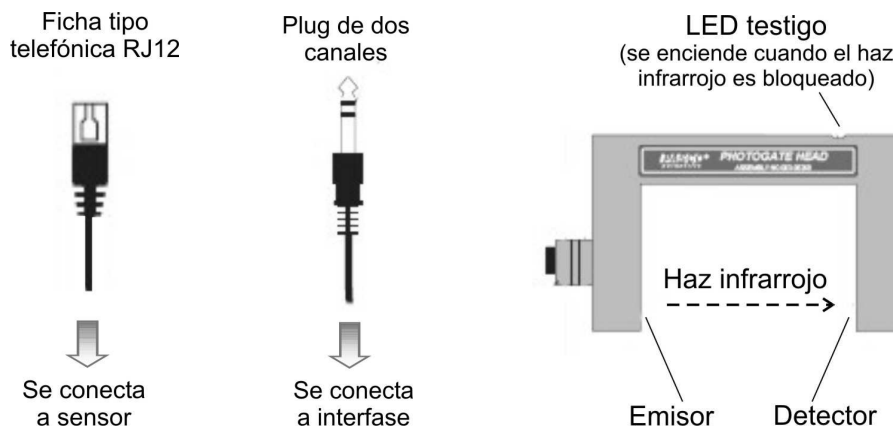


Figura 2 Sensor óptico

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 en la Tabla 1.

Tabla 1: Medición de tiempos utilizando un sensor óptico
Análisis de datos

Diámetro (mm)	Intervalo de tiempo (s)

¿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.

A continuación, te proponemos profundizar sobre las características de los sensores a partir de la comparación entre la medición del período de oscilación de un péndulo simple efectuada con un cronómetro y la efectuada utilizando un sistema informático.

- Medición del período del péndulo con un cronómetro

Describe, detalladamente, el procedimiento para efectuar dicha medición. Te sugerimos tener en cuenta las siguientes consignas:

- Indica la apreciación del cronómetro.
- Explicita qué posición del péndulo tomarás como referencia para la medición del período.
- Evalúa la posibilidad de medir el tiempo de “n” oscilaciones completas en lugar de medir el tiempo de una oscilación completa. Fundamenta tu elección.
- Indica cómo incide el tiempo de reacción del observador en la determinación de la incerteza de la medición.

Procedimiento.

Resultado de la medición.

- Medición del período del péndulo utilizando un sistema informático

Selecciona de la lista con los tipos de sensores existentes el que te permitirá medir el período de oscilación del péndulo.

Explica cómo funciona el sensor para medir el período del péndulo. Para ello, te sugerimos:

- Incluye un esquema del dispositivo indicando cómo está posicionado el sensor para efectuar la medición.
- Establece en qué posición del péndulo el sensor comienza el conteo del tiempo.
- Indica si es posible registrar el tiempo de más de una oscilación completa del péndulo.
- Estima la incerteza de la medición. Fundamenta el criterio adoptado en dicha estimación.

Funcionamiento del sensor.

Valores registrados del período.

Dado que la medición con sensor permite obtener más de un registro del tiempo de una oscilación completa del péndulo,

¿qué puede inferir de la información obtenida?

¿te parece necesario tener en cuenta el tiempo de más de una oscilación completa para obtener el período del péndulo como en el caso de la medición con el cronómetro? ¿por qué?

¿difieren entre sí los valores de tiempo registrados para cada oscilación completa? ¿a qué atribuye esta diferencia?

Síntesis de las respuestas.
Resultado de la medición.

Reflexiona sobre las mediciones efectuadas con cronómetro y con el sistema informático y establece semejanzas y diferencias entre ellas.

	Medición con cronómetro	Medición utilizando un sistema informático
Semejanzas		
Diferencias		

AUTORAS
MARTA YANITELLI
ALEJANDRA ROSOLIO

ANEXO 4

**Archivos de salida del programa SPADN correspondiente
al procesamiento de la Encuesta**

TABLA I. Distribución en frecuencias absolutas y porcentuales de las modalidades asociadas a las variables definidas en función del contenido de las preguntas de la encuesta.

---- MODALIDADES ----		----- FRECUENCIA -----		
IDENT	ETIQUETA	ABSOLU	%/TOTAL	%/EXPR.

1 - Área de formación previa				
tecn	- técnico	40	28.87	28.87
soci	- sociales	59	41.29	41.29
natu	- naturales	41	29.84	29.84
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

2 - Lugar de procedencia				
Rosa	- Rosario	80	57.14	57.14
me55	- menor 55 km	18	12.86	12.86
ma55	- mayor que 55 km	26	18.57	18.57
opro	- otras prov.	14	10.00	10.00
opai	- otro país	2	1.43	1.43
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

3 - Sexo				
masc	- masculino	120	85.71	85.71
feme	- femenino	20	14.29	14.29
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

4 - Edad				
mi18	- menor o igual 18	115	82.14	82.14
1922	- entre 19 y 22	24	17.14	17.14
ma22	- mayor que 22	1	0.71	0.71
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

5 - Medios				
mdco	- medios diario com	8	5.71	5.71
copc	- com + DVD + compu	56	40.00	40.00
cpcl	- com+ DVD+ comp+ li	60	42.86	42.86
tmpc	- todos menos compu	16	11.43	11.43
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

6 - Tiempo med.				
men1	- menos de una hora	27	19.29	19.29
la3	- entre una y tres hs	67	47.86	47.86
mas3	- más de tres hs	22	15.71	15.71
noud	- no usa diariamente	24	17.14	17.14
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

7 - Programas				
entr	- entretenimiento	26	18.57	18.57
maen	- más entrete q otros	59	42.14	42.14
maot	- menos entret q otros	55	39.29	39.29
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

8 - Artefactos sí				
fono	- teléfonos	6	4.29	4.29
fodv	- teléfonos+ DVD+ VG	8	5.71	5.71
pcot	- compu + otros	126	90.00	90.00
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

Continuación Tabla I.

---- MODALIDADES ----		----- FRECUENCIA -----		
IDENT	ETIQUETA	ABSOLU	%/TOTAL	%/EXPR.

9 - Artefactos no				
noco	- no corresponde	96	68.57	68.57
comp	- computadora	10	7.14	7.14
pcot	- computadora+ otros	4	2.86	2.86
otro	- otros artefactos	30	21.43	21.43
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

10 - Servicios				
user	- usa servicios	66	47.14	47.14
nose	- no usa servicios	74	52.86	52.86
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

11 - Opera PC				
oppc	- opera computadora	119	85.00	85.00
nopc	- no opera computadora	0	0.00	0.00
papc	- opera parcialmente	21	15.00	15.00
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

12 - PC				
came	- casa menos de un año	7	5.00	5.00
cala	- casa más de un año	15	10.71	10.71
ca3a	- casa más tres años	28	20.00	20.00
ca8a	- casa más ocho años	81	57.86	57.86
noca	- no tiene en casa	9	6.43	6.43
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

13 - Frec. PC				
frdi	- frec. diaria	90	64.29	64.29
fals	- algunas veces semana	42	30.00	30.00
funs	- una vez a la semana	5	3.57	3.57
frao	- muy raras ocasiones	3	2.14	2.14
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

14 - Tareas PC				
pise	- prod+ info+ serv	59	42.14	42.14
toda	- todas las tareas	47	33.57	33.57
inpr	- prod+ info	11	7.86	7.86
inse	- info+ serv	18	12.86	12.86
prse	- prod+ serv	2	1.43	1.43
prod	- prod	2	1.43	1.43
sent	- serv+ entretenim	1	0.71	0.71
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

15 - Unid. Básicas				
nuni	- no conoce unidades	93	66.43	66.43
puni	- conoce parcialmente	41	29.29	29.29
sunl	- conoce unidades	6	4.29	4.29
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

16 - Frec Internet				
netd	- internet diariamente	78	55.71	55.71
neta	- internet alg vec sem	51	36.43	36.43
netu	- internet una vez sem	8	5.71	5.71
netr	- internet raras veces	3	2.14	2.14
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

17 - PC escuela				
essi	- uso escuela si	55	39.29	39.29
esav	- uso esc pocas veces	80	57.14	57.14
esnu	- uso escuela nunca	5	3.57	3.57
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

Continuación Tabla I.

---- MODALIDADES ----		----- FRECUENCIA -----		
IDENT	ETIQUETA	ABSOLU	%/TOTAL	%/EXPR.

18 - Asignatura PC				
info	- informática	89	63.57	63.57
cnat	- ciencias naturales	1	0.71	0.71
csoc	- ciencias sociales	8	5.71	5.71
otra	- informát más otras	29	20.71	20.71
noin	- no indica	13	9.29	9.29
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

19 - Act. Esc. PC				
text	- procesador texto	10	7.14	7.14
inve	- investigación	24	17.14	17.14
labo	- laboratorio	27	19.29	19.29
mail	- correo electrónico	72	51.43	51.43
noco	- no corresponde	7	5.00	5.00
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

20 - PC Univ				
unsi	- PC universidad si	123	87.86	87.86
unno	- PC universidad no	17	12.14	12.14
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

21 - Justificación				
apre	- mejora aprendizaje	24	17.14	17.14
faci	- facilitador	29	20.71	20.71
prin	- produc-informac	34	24.29	24.29
prof	- útil profesión	26	18.57	18.57
disp	- dispersa atención	11	7.86	7.86
nore	- no contesta	6	4.29	4.29
maaf	- sólo materias afines	10	7.14	7.14
	ENSEMBLE	140	100.00	100.00

TABLA II. Caracterización de las clases por modalidad.

DESCRIPTION DE LA COUPURE 'b' DE L'ARBRE EN 5 CLASSES
 CARACTERISATION DES CLASSES PAR LES MODALITES
 CHARACTERISATION PAR LES MODALITES DES CLASSES OU MODALITES
 DE COUPURE 'b' DE L'ARBRE EN 5 CLASSES
 CLASSE 1 / 5

V.TEST	PROBA	POURCENTAGES			MODALITES CARACTERISTIQUES	DES VARIABLES
		CLA/MOD	MOD/CLA	GLOBAL		
				52.86	CLASSE 1 / 5	
10.10	0.000	82.22	100.00	64.29	frec. diaria	Frec. PC
9.50	0.000	87.18	91.89	55.71	internet diariamente	Frec Internet
4.23	0.000	58.73	100.00	90.00	compu + otros	Artefactos sí
3.51	0.000	66.25	71.62	57.14	Rosario	Localidad
3.51	0.000	74.47	47.30	33.57	todas las tareas	Tareas PC
3.46	0.000	71.43	54.05	40.00	com + DVD + compu	Medios
3.33	0.000	86.36	25.68	15.71	más de tres hs	Tiempo med.
2.90	0.002	57.72	95.95	87.86	PC universidad si	PC Univ
2.75	0.003	65.67	59.46	47.86	entre una y tres hs	Tiempo med.
2.57	0.005	70.73	39.19	29.29	conoce parcialmente	Unid. Básicas
-2.34	0.010	0.00	0.00	4.29	teléfonos	Artefactos sí
-2.34	0.010	0.00	0.00	4.29	conoce unidades	Unid. Básicas
-2.57	0.005	10.00	1.35	7.14	naturales	Polim
-2.62	0.004	0.00	0.00	5.00	no corresponde	Act. Esc. PC
-2.81	0.002	9.09	1.35	7.86	dispersa atención	Justificación
-2.89	0.002	0.00	0.00	5.71	teléfonos+ DVD+ VG	Artefactos sí
-2.90	0.002	17.65	4.05	12.14	PC universidad no	PC Univ
-3.14	0.001	0.00	0.00	6.43	no tiene en casa	PC
-3.27	0.001	7.69	1.35	9.29	no indica	Asignatura PC
-4.13	0.000	15.38	5.41	18.57	mayor que 55 km	Localidad
-4.61	0.000	0.00	0.00	11.43	todos menos compu	Medios
-5.36	0.000	4.17	1.35	17.14	no usa diariamente	Tiempo med.
-7.91	0.000	9.80	6.76	36.43	internet alg vec sem	Frec Internet
-8.81	0.000	0.00	0.00	30.00	algunas veces semana	Frec. PC
					CLASSE 2 / 5	
V.TEST	PROBA	POURCENTAGES			MODALITES CARACTERISTIQUES	DES VARIABLES
		CLA/MOD	MOD/CLA	GLOBAL		
				5.71	CLASSE 2 / 5	
5.14	0.000	100.00	62.50	3.57	una vez a la semana	Frec. PC
5.03	0.000	33.33	100.00	17.14	no usa diariamente	Tiempo med.
4.34	0.000	62.50	62.50	5.71	internet una vez sem	Frec Internet
4.10	0.000	37.50	75.00	11.43	todos menos compu	Medios
3.15	0.001	40.00	50.00	7.14	sólo materias afines	Justificación
2.51	0.006	37.50	37.50	5.71	teléfonos+ DVD+ VG	Artefactos sí
2.41	0.008	23.53	50.00	12.14	PC universidad no	PC Univ
2.39	0.008	66.67	25.00	2.14	internet raras veces	Frec Internet
2.39	0.008	66.67	25.00	2.14	muy raras ocasiones	Frec. PC
2.37	0.009	33.33	37.50	6.43	no tiene en casa	PC
-2.34	0.010	0.00	0.00	42.86	com+ DVD+ comp+ li	Medios
-2.41	0.008	3.25	50.00	87.86	PC universidad si	PC Univ
-2.61	0.005	0.00	0.00	47.86	entre una y tres hs	Tiempo med.
-2.69	0.004	3.17	50.00	90.00	compu + otros	Artefactos sí
-2.73	0.003	1.11	12.50	64.29	frec. diaria	Frec. PC
-3.05	0.001	0.00	0.00	55.71	internet diariamente	Frec Internet

Continuación Tabla II.

CLASSE 3 / 5						
V.TEST	PROBA	POURCENTAGES			MODALITES	
		CLA/MOD	MOD/CLA	GLOBAL	CARACTERISTIQUES	DES VARIABLES
				27.14	CLASSE 3 / 5	
8.74	0.000	78.57	86.84	30.00	algunas veces semana	Frec. PC
7.46	0.000	64.71	86.84	36.43	internet alg vec sem	Frec Internet
3.00	0.001	72.73	21.05	7.86	prod+ info	Tareas PC
-2.66	0.004	14.29	21.05	40.00	com + DVD + compu	Medios
-2.76	0.003	17.50	36.84	57.14	Rosario	Localidad
-3.31	0.000	0.00	0.00	15.71	más de tres hs	Tiempo med.
-7.06	0.000	3.85	7.89	55.71	internet diariamente	Frec Internet
-7.59	0.000	5.56	13.16	64.29	frec. diaria	Frec. PC
CLASSE 4 / 5						
V.TEST	PROBA	POURCENTAGES			MODALITES	
		CLA/MOD	MOD/CLA	GLOBAL	CARACTERISTIQUES	DES VARIABLES
				8.57	CLASSE 4 / 5	
5.45	0.000	72.73	66.67	7.86	dispersa atención	Justificación
5.20	0.000	100.00	50.00	4.29	conoce unidades	Unid. Básicas
3.84	0.000	41.18	58.33	12.14	PC universidad no	PC Univ
3.41	0.000	18.64	91.67	42.14	prod+ info+ serv	Tareas PC
2.90	0.002	50.00	33.33	5.71	ciencias sociales	Asignatura PC
-2.53	0.006	0.00	0.00	33.57	todas las tareas	Tareas PC
-3.84	0.000	4.07	41.67	87.86	PC universidad si	PC Univ
CLASSE 5 / 5						
V.TEST	PROBA	POURCENTAGES			MODALITES	
		CLA/MOD	MOD/CLA	GLOBAL	CARACTERISTIQUES	DES VARIABLES
				5.71	CLASSE 5 / 5	
6.48	0.000	100.00	87.50	5.00	no corresponde	Act. Esc. PC
5.14	0.000	100.00	62.50	3.57	uso escuela nunca	PC escuela
4.43	0.000	46.15	75.00	9.29	no indica	Asignatura PC

TABLA III. Composición de las clases indicando el código asociado a cada estudiante.

COMPOSITION DE: COUPURE 'b' DE L'ARBRE EN 5 CLASSES

CLASSE 1 / 5														
F02	F03	F05	F06	F13	F16	F18	F19	F20	F23	F24	F25	F27	F30	F32
F33	F34	F36	F38	F40	F41	F44	A04	A05	A06	A07	A11	A13	A14	A15
A17	A18	A19	A21	A23	A24	A25	A26	A27	A29	A30	R01	R02	R03	R04
R05	R06	R07	R08	R11	R13	R14	R17	R19	R20	R21	R23	R26	R27	R29
N01	N02	N07	N10	N12	N15	N21	N24	N25	N29	N30	N31	N32	N34	
CLASSE 2 / 5														
F09	F11	F43	A01	R10	R18	N05	N35							
CLASSE 3 / 5														
F04	F08	F12	F14	F15	F21	F22	F28	F37	F39	F42	A02	A12	A20	A22
A28	A31	R09	R12	R15	R16	R25	R30	N03	N06	N09	N11	N13	N16	N17
N18	N19	N22	N23	N26	N27	N28	N33							
CLASSE 4 / 5														
F01	F07	F10	F17	F26	F29	F31	F35	A08	A10	N08	N20			
CLASSE 5 / 5														
A03	A09	A16	R22	R24	R28	N04	N14							

ANEXO 5

**Procesamiento de datos vinculados a la representación
"contexto declarativo" asociada a la categoría
Instrumento de medición**

**Tratamiento correspondiente a las especificaciones técnicas
efectuado por los grupos inscriptos en la representación
"contexto declarativo"**

Grupo	Resolución temporal			Resolución espacial		
	Correcto	Incorrecto	No menciona	Correcto	Incorrecto	No menciona
GRP01		x			x	
GRP02			x	x		
GRP05	x			x		
GRP08	x					x
GRP10		x				x
GRP16		x		No generaliza		
GRP23	x				x	
GRP28		x		x		
GRP29			x	No generaliza		
GRP30		x			x	
GRP31	x			x		
GRP33		x			x	

ANEXO 6

**Procesamiento de datos vinculados a la representación
"contexto procedimental" asociada a la categoría
Instrumento de medición**

**Tratamiento correspondiente a las especificaciones técnicas
efectuado por los grupos inscriptos en la representación
"contexto procedimental"**

Grupo	Resolución temporal			Resolución espacial		
	Correcta	Incorrecta	No menciona	Correcta	Incorrecta	No menciona
GRP03			x			x
GRP04		x				x
GRP06	x				x	
GRP07	x				x	
GRP09	x			x		
GRP11		x				x
GRP12			x			x
GRP13		x		x		
GRP14		x				x
GRP15	x				x	
GRP17		x				x
GRP18	x			x		
GRP19	x			No generaliza		
GRP20	x			No generaliza		
GRP21	x					x
GRP22	x			x		
GRP24	x					x
GRP25	x					x
GRP26		x		x		
GRP27	x			No generaliza		
GRP32		x				x
GRP34		x				x
GRP35		x			x	