

CONDICIONES DE UN AMBIENTE DE APRENDIZAJE PARA LA FORMACIÓN DE UNA CAPACIDAD DE DISEÑO TECNOLÓGICO COMO FUNCIÓN DE CAPACIDADES REPRESENTACIONALES - Contrato IDEP – **DifuCiencia** 88/99

EDGAR ANDRADE LONDOÑO*
Investigador Principal

AMPARO LOTERO BOTERO**
Coinvestigadora

En este proyecto de investigación participaron los siguientes docentes:

GISELLA ALZATE - C.E.D. Nuevo Kennedy; LUISA FERNANDA JIMÉNEZ - Instituto Técnico Industrial Piloto; TERESA MONROY - C.E.D. Arborizadora Baja; JORGE VILLA - C.E.D. Rufino José Cuervo

Antecedentes

Como parte de un programa a mediano plazo de investigación y desarrollo en el campo de la educación en tecnología, que completa ya cinco años, los autores del presente informe han propuesto una estructura curricular para la nueva área de tecnología e informática¹ y diseñado Ambientes de Aprendizaje (AA) en torno a una línea didáctica de construcción de juguetes como sistemas técnicos para los grados de educación básica y media. Adicionalmente, estos diseños han comenzado a ser validados en condiciones de aula, en un macroproyecto de investigación que comprende varias etapas².

Estos esfuerzos hacen parte del desarrollo de un enfoque cognitivo para la educación en tecnología, alternativo al enfoque de metodología del diseño, que se ha demostrado infructuoso, y al que se ha recurrido ampliamente en el mundo para desarrollar un área educativa que tiene, entre otros propósitos, el de fomentar capacidad de diseño en los alumnos.³

En el primero de estos proyectos de validación se planteó a los alumnos logros de conceptualizaciones de principios operativos, en tanto que se esperaba de éstos que lograran aprovechar tales conocimientos para resolver problemas en los que se hacían explícitos el entorno de tarea y el espacio de problema.

Se contaba con la intuición de lo necesario que resultaría que los estudiantes pudieran realizar representaciones gráficas y matemáticas de los operadores con los que debían trabajar, por lo que se efectuaron evaluaciones de entrada en este sentido. Las pruebas revelaron considerables dificultades de los alumnos para valerse de los lenguajes gráfico y matemático, algo que trató de subsanarse

* Profesor Titular del Departamento de Tecnología de la Universidad Pedagógica Nacional. Coordinador de la Maestría en Pedagogía de la Tecnología, UPN. Integrante del equipo académico de DifuCiencia.

** Socióloga. Magister en Pedagogía de la Tecnología, UPN. Integrante del equipo académico de DifuCiencia

¹ Ver: **ANDRADE, Edgar. LOTERO BOTERO, Amparo.** *Una Propuesta Curricular para el Área de T&I.* Revista *Educación en Tecnología*, N° 3, 1998.

² Los proyectos “*Validación de Indicadores de Logro y Kits de bajo costo asociados a una estructura curricular propuesta para el área de T&I*” y “*Validación de un Ambiente de Aprendizaje de la Tecnología conducente a logros asociados a la diferenciación de entornos natural y artificial*”, así como el presente proyecto, hacen parte de este esfuerzo de validación.

³ Validaciones en la práctica de aula del enfoque de metodología han llegado a conclusiones de que éste no responde a la exigencia de desarrollar una capacidad de diseño. En cambio, tiende a resultar en formalismos vacíos carentes de toda utilidad práctica, en un fenómeno que ha sido caracterizado como “revelación y ritual”. (Ver McCormick, 1994. También ANDRADE, E; LOTERO BOTERO, A. , *Evaluación...*, 1997)

solicitando la colaboración de los docentes de dibujo y matemáticas para adelantar actividades de refuerzo.⁴

Los resultados de logro de los alumnos en la investigación de validación de los AA revelaron una tendencia en el sentido de que, únicamente los alumnos con alguna solvencia representacional gráfica y matemática habían logrado de manera apropiada, los conocimientos sobre principios operativos y la solución de los problemas propuestos. Por otro lado también se contaba con datos del campo de la educación, en los que se indica que el aprovechamiento de conocimientos en la solución de problemas requiere de mediaciones que no han sido trabajadas con éxito en la escuela.⁵

Para abordar el estudio propuesto se incorporaron actividades de aprendizaje adicionales en los AA, que pusieran a los alumnos en relación con situaciones problémicas en las que se evidenciara la necesidad de apelar a tales mediaciones representacionales. Aunque con este énfasis se esperaba evidenciar relaciones entre estas capacidades y la de aprovechar conocimientos para solucionar problemas, también estaba en la mira de los énfasis representacionales de los AA la expectativa de que éstos coadyuvaran al fomento de tales capacidades.

Es poco probable que las capacidades representacionales puedan ser aprendidas en el sentido de como, por ejemplo, se efectúa la inferencia para la conceptualización de principios operativos. No obstante, podría esperarse que experiencias en las que se tense la lógica involucrada en la elaboración mental para expresar representaciones, contribuyan al fomento de este tipo de capacidad.

Es probable que la expansión de esta capacidad que aparece como de nivel exclusivamente intelectual, esté estrechamente relacionada con el desarrollo de la inteligencia durante la primera infancia. De esta forma, lo significativo que pueda ser para cada uno de los alumnos este tipo de actividades, orientadas al fomento de las capacidades representacionales, dependerá en buena medida de sus desarrollos cognitivos previos.

La insistencia en el fomento de las capacidades representacionales tendrá que atender además al desarrollo de la metacognición de los alumnos, para que éstos logren comprender que aquello que expresan con dibujos, gráficas o números en el transcurso de los ejercicios planteados es **representación** de algún objeto o situación.⁶

Esta conciencia acerca de la función representacional de códigos y lenguajes se ha vislumbrado fundamental para acceder a la lógica de alto nivel de abstracción que se precisará para pensar la

⁴ Los resultados de estas pruebas de entrada revelaron dificultades con números fraccionarios tanto en lo que se refiere a su valor representacional como a la operatividad con los mismos. Las pruebas de representación gráfica mostraban que un gran número de alumnos, algunos adolescentes, no podía representar objetos tridimensionales. En estas dificultades de los alumnos para valerse de los lenguajes gráfico y matemático llaman la atención dos cosas: i) El dibujo se trabaja por lo general como dibujo técnico, no representacional de contextos; por ejemplo, algunos alumnos trabajaron “letra técnica” durante todo el año lectivo. ii) los alumnos son promovidos en matemáticas grado tras grado, sin que comprendan el sentido representacional de este lenguaje y sin que posean conocimientos aritméticos básicos para operacionalizar con números.

⁵ “Un estudio con estudiantes de vocacionales en la ciudad de Recife, Brasil. ...[mostró que esos estudiantes] No pudieron captar la similitud entre el razonamiento del libro escolar y lo que se les pedía hacer en el taller. Una fórmula de área se aprende en la escuela. Una cantidad de madera se maneja en el taller.” HAGGIS, Sheila. *Las Necesidades Planteadas por la CyT a la Educación*. Documento del Proyecto 2000+ Unesco, traducido en El Mundo de la Ciencia y la Tecnología- Divulgativo Internacional. DifuCiencia, Año 1 No 2, II trimestre de 1995.

⁶ El objeto o situación puede ser un referente que se piensa o sobre el que se está actuando o trabajando. Ambos casos requerirán examinarse en el medio escolar.

complejidad de la tecnología contemporánea, digital, de comunicación y de control para la automatización, que involucra una intrincada variedad de aspectos lógico simbólicos.⁷

Marco Teórico

La Cuestión de las Capacidades Representacionales

Es conocido que varias especies animales utilizan objetos de la naturaleza para resolver algunos de sus problemas de subsistencia. Esto significa que un cierto nivel de inteligencia práctica no es exclusivo de los seres humanos. Ello ocurre, según Vygotski, porque “ *{...} los comienzos de la inteligencia práctica en el niño (que {Buhler} calificó de “pensamiento técnico”), al igual que las acciones del chimpancé, son independientes del lenguaje.*”⁸

No obstante, el uso del lenguaje modifica radicalmente esta situación:

*Aunque la inteligencia práctica y el uso de los signos puedan operar independientemente la una del otro en los niños pequeños, la unidad dialéctica de estos sistemas en el ser humano adulto es la esencia de la conducta humana compleja. Nuestro análisis concede a la actividad simbólica una específica función organizadora que se introduce en el proceso del uso de instrumentos y produce nuevas formas de comportamiento. {...} Antes de llegar a dominar su propia conducta, el niño comienza a dominar su entorno con la ayuda del lenguaje. Ello posibilita nuevas relaciones con el entorno además de la nueva organización de la propia conducta. La creación de estas formas de conducta esencialmente humanas produce más adelante el intelecto, convirtiéndose, después, en la base del trabajo productivo: la forma específicamente humana de utilizar herramientas.*⁹

Esta **función organizadora** del lenguaje en la actividad de los seres humanos posibilita la generación de un lapso entre el estímulo externo y la respuesta del individuo, que constituye un espacio necesario para que se desarrollen las formas más complejas de la conducta específicamente humana, entre ellas la de solucionar problemas prácticos mediante una anticipación y una planeación previa, que son parte integral de la actividad de diseño:

{...} la función planificadora del lenguaje hace su aparición junto con la ya existente función del lenguaje de reflejar el mundo externo.

*Al igual que un molde da forma a una sustancia, las palabras pueden transformar una actividad en una estructura. No obstante, dicha estructura puede ser modificada o remodelada cuando los niños aprenden a utilizar el lenguaje de modo que les permita ir más allá de las experiencias precedentes al planear una acción futura. {...} La capacidad específicamente humana de desarrollar el lenguaje ayuda al niño a proveerse de instrumentos auxiliares para la resolución de tareas difíciles, a vencer la acción impulsiva, a planear una solución del problema antes de su ejecución y a dominar la propia conducta.*¹⁰

El modelo desarrollado por Newell y Simon sobre la relación entre el *Entorno de Tarea*, como una situación objetiva específica en la cual se presenta una situación problemática, y el *Espacio de Problema*, como una representación mental de ese entorno, resulta congruente con el planteamiento anterior.¹¹

⁷ Una discusión de estas complejidades se encuentra en **LOTERO BOTERO, Amparo**. El Especial Contenido de la Tecnología Contemporánea. Condiciones para su Pedagogía. Tesis de Maestría en Pedagogía de la Tecnología. UPN.

⁸ **VYGOTSKI, L.** El Desarrollo de los Procesos Sicológicos Superiores. (1934) Crítica, Barcelona, 1996. P. 42-

⁹ VYGOTSKI, Op. Cit. Pp 47-48.

¹⁰ Ibid. Pp. 51 -53

¹¹ **GOEL, V. & PIROLI, P.** Structure of Design Problem Spaces. Cognitive Science. Vol. 6 No 3, 1992. Pp 395-429.

Para su análisis, Goel y Pirolli utilizan las categorías de *Entorno de Tarea* (un entorno fuera de la conciencia del sujeto que resuelve problemas y que incluye un propósito, una situación problemática y otros factores externos relevantes) y *Espacio*

Considerada desde esta perspectiva cognitiva, la solución de problemas es un proceso complejo de interacciones dialécticas entre el individuo que busca una solución y el entorno de tarea, proceso que involucra la construcción de una representación mental que va haciéndose más precisa y definida en la medida que progresa el camino hacia la solución. Es importante resaltar que esta construcción mental será más rica y tendrá mayores posibilidades de ser verdaderamente *creativa*, en la medida en que la **memoria** del individuo que soluciona el problema contenga mayor cantidad de información relevante, es decir, en la medida en que quien soluciona el problema tenga una mayor **experiencia** con problemas de tipo similar.¹²

En este sentido, parece claro que la capacidad representacional es a la vez fundamento y producto de la experiencia. Es fundamento en cuanto las representaciones del sujeto relacionadas con un determinado entorno y/o vivencia serán más ricas en contenido cuanto mayor sea el nivel de abstracción del lenguaje en que estas representaciones han sido construídas.¹³ Es producto, en cuanto que representaciones mentales más complejas son posibles sobre la base de anteriores representaciones “cristalizadas” en lo que se ha denominado *experiencia*. Pero esto no es un círculo vicioso, sino una relación dialéctica.

Este proceso dialéctico no puede ser representado fácilmente mediante una metodología secuencial, no obstante el número de conexiones que puedan establecerse hacia adelante o hacia atrás entre las distintas etapas. El problema reside en que las *etapas mismas* no están claramente diferenciadas; se trata de un proceso en el que se dan transiciones mediante las cuales la cantidad se transforma en calidad. Estos saltos ocurren en determinados momentos que no pueden ser precisados de manera sencilla; todo lo que la psicología cognitiva ha podido decir hasta ahora de ese momento de cambio cualitativo es que se trata de “inferencias no deductivas”.¹⁴

Lo avanzado hasta ahora por la psicología cognitiva acerca de los procesos mentales de solución de problemas no avala la idea de un modelo metodológico universal, aunque si tiende a resaltar la importancia del desarrollo de capacidades representacionales, esto es, la capacidad de establecer diferentes, variadas y ricas representaciones mentales mediante determinados sistemas simbólicos o lenguajes, como condición *sine qua non* para la capacidad de solucionar problemas y, por ende, de diseño.

Si el espacio de problema es una representación mental, puede parecer tautológica la idea de que la capacidad de resolver problemas esté estrechamente relacionada con el desarrollo de capacidades representacionales. Sin embargo, no lo es en un sentido importante. La representación mental no surge de manera directa de los datos del ambiente sino que, como ya se ha explicado, está mediada por el empleo de algún sistema simbólico. La representación mental no es una simple y directa sensación y es

de Problema (una formalización de la estructura de procesamiento moldeada por las características del diseñador y del entorno de tarea) propuestas en 1972 por Newell y Simon en su trabajo pionero sobre solución de problemas. En nuestro caso, encontramos útil el uso de estas categorías, aunque no compartamos en su totalidad la concepción original.

¹² Sobre la importancia de la experiencia previa del diseñador puede verse Goel y Pirolli. Op. Cit.

¹³ “La posibilidad de combinar elementos de los campos visuales presentes y pasados {...} en un solo campo de atención conduce, a su vez, a una reconstrucción básica de otra función vital, la **memoria**. A través de formulaciones verbales de situaciones y actividades pasadas, el niño se libera de las limitaciones del recuerdo directo y es capaz de sintetizar el pasado y el presente para seguir sus propósitos” Vygotski, Op. Cit. P 65.

¹⁴ Goel & Pirolli. Op. Cit.

más compleja que la percepción.¹⁵ Si esto es así, representaciones mentales complejas sólo podrían configurarse como resultado de procesos de aprendizaje en los que entran en juego las experiencias, la memoria y las codificaciones simbólicas.¹⁶

Los planteamientos de Vygotski acerca de la *Zona de Desarrollo Próximo* apuntan también en esta dirección. En este aspecto coincide Piaget:

*Cincuenta años de experiencia nos han enseñado que no existe conocimiento alguno resultante de un simple registro de observaciones, sin una estructuración debida a las actividades del sujeto. No obstante, tampoco existen (en el hombre) estructuras cognoscitivas a priori o innatas: únicamente es hereditario el funcionamiento de la inteligencia, y éste sólo engendra estructuras a través de una organización de acciones sucesivas ejercidas sobre los objetos.*¹⁷

Así pues, la simple observación no genera conocimiento alguno. Entre la percepción y la representación media esa “estructuración debida a las actividades del sujeto”, una estructuración que se inicia en el pensamiento sensorio - motriz, que pasa por la separación entre el aparato motor y lo sensorial gracias al lenguaje para permitir las operaciones mentales, inicialmente mediadas por objetos concretos presentes, luego operaciones con conceptos abstractos.¹⁸

Como se verá más adelante, nuestro propio trabajo fortalece estas ideas al tiempo que se exponen algunas diferencias entre nuestros planteamientos y los de Newell & Simon, Goel & Pirolli. La construcción del Espacio de Problema **no** puede surgir de manera inmediata de los datos del entorno de tarea. La construcción de significado no es directa ni inmediata por cuanto se trata de una representación mental que se configura y expresa mediante sistemas simbólicos.

La solución de problemas prácticos es una exigencia nueva para la escuela. Se ha hecho más acuciente en la medida en que los entornos inmediatos de niños y jóvenes se han alejado de los procesos y procedimientos de transformación de todo lo que sustenta la existencia material de los seres humanos, como resultado de la división social del trabajo.

El medio artesanal proveía al niño ejemplos concretos en su vida de estos procesos de transformación. El niño que crece en ambientes urbanos está normalmente alejado de estas experiencias. La escuela debe proporcionar al niño estas experiencias que, por un lado, le permiten comprender su entorno inmediato, natural y artificial, y por otro, le permiten construir entornos mediatos, es decir, su propia experiencia.

Las representaciones mentales de los diversos entornos, que se van “cristalizando” en la experiencia del individuo, también constituyen el proceso de génesis y desarrollo de la inteligencia. Este proceso, como hoy se sabe, pasa por estadios diferentes hasta llegar a la capacidad de pensamiento formal, es decir, la capacidad de realizar operaciones mentales con conceptos abstractos.

¹⁵ HUMPRHEY, N. Una Historia de la Mente. La evolución y el Nacimiento de la Conciencia. Editorial Gedisa, Barcelona, 1995.

¹⁶ “Por razones hasta aquí poco claras, la dotación global de genes ha permanecido constante y relativamente débil en el curso de la evolución de los mamíferos.. Sin embargo, la complejidad del sistema nervioso ha aumentado. Al hacerse cada vez más difícil la programación interna del sistema, el determinismo genético se rompe y la redundancia de la conectividad se amplifica. Podemos considerar el aprendizaje como el resultado de una complejidad creciente del sistema con un número constante de genes”. CHANGEUX, J. P. Conjuntos Neuronales. En: **PIAGET y otros. Teorías del Lenguaje, Teorías del Aprendizaje**. Editorial Crítica. Barcelona, 1983 P 242

¹⁷ Piaget, Jean. La Psicogénesis del Conocimiento y su Significado Epistemológico. En: **PIAGET, J y otros. Teorías del Lenguaje, Teorías del Aprendizaje. El Debate entre Jean Piaget y Noam Chomsky**. Op. Cit.. P 51

¹⁸ Piaget, Jean. La Psicogénesis del Conocimiento y su Significado Epistemológico. Op. Cit, p 53.

En este proceso, se generan en la mente del niño diversos modelos mentales del mundo objetivo, que deben ir ganando en detalle y en complejidad. Estos modelos mentales están relacionados con los datos que proporcionados por el aparato sensorial, pero también con lo que se ha interiorizado del entorno cultural.

En el presente proyecto se estudiarán con particular énfasis las capacidades representacionales gráfica y matemática, en razón de la evidente relación de estos sistemas simbólicos con el conocimiento tecnológico.

Diseño Experimental

El Modelo de Ambiente de Aprendizaje

La trayectoria de trabajo expuesta someramente en los Antecedentes nos ha permitido proponer un *Modelo General de Ambiente de Aprendizaje* que se presenta a continuación, concebido éste como una serie de actividades que se desarrollan en un entorno físico, con una dotación específica de recursos didácticos por actividad. El AA comprende tres momentos bien diferenciados en lo que se refiere a las siguientes consideraciones:

- En cuanto poner en contacto a los alumnos de manera vivencial para el aprendizaje, con los dos aspectos del conocimiento tecnológico: Por un lado, el aprendizaje conceptual sobre principios operativos de creciente nivel de abstracción; y por el otro, la capacidad de pensamiento estratégico a fin de aprovechar esos conocimientos en la solución de problemas práctico – operativos.
- En cuanto enfatizar y poner en tensión los diferentes niveles representacionales propuestos en las actividades del AA.

Momento 1: Actividades de Aprendizaje	Momento 2: Actividades de Contextualización de Principios Operativos (Taller de Construcción del Juguete)	Momento 3: Actividades de solución de problemas, aprovechando conocimiento de principios operativos.
<ul style="list-style-type: none"> • Generar desequilibrios y equilibrios cognitivos para la conceptualización de principios operativos • Suministrar nueva información 	<ul style="list-style-type: none"> • Deconstruir un “sistema técnico” dado (Prototipo de juguete) • Reconstruir el mismo sistema (Construir y proponer modificaciones al juguete) 	<ul style="list-style-type: none"> • En variados niveles de estructuración • Con sugerencia de estrategias de solución

Los recursos didácticos del AA, que se han diseñado con el criterio de bajo costo, se proponen para que sean aprovechados de manera individual por los alumnos.¹⁹

¹⁹ Las diferentes experiencias de validación han comprobado el valor educativo de esta orientación: fomento de la autonomía, mejor aprendizaje, sentido de logro autoevaluable, desarrollo de autoestima y la responsabilidad, entre otros.

El presente trabajo de investigación se desarrolló con dos grupos, uno de 7° grado, con 50 alumnos de estratos 1 y 2; y otro de grado 8°, con 39 estudiantes de estrato 2, principalmente. Para estas edades, el Modelo General fue especificado en el Ambiente de Aprendizaje que se describe a continuación.

Logro: Resuelve problemas con operadores mecánicos

Antes de iniciar el trabajo con las guías, los estudiantes desarrollaron una evaluación de entrada **X0** en dos partes, una referida a la capacidad representacional gráfica y la otra a la representacional matemática.

Momento 1: Actividades de Aprendizaje (A1)

Nivel de lo Representacional: Representación inmediata del concreto material. Referente presente

Dos tipos de actividades de aprendizaje. Las primeras, referidas al fomento de las capacidades representacionales matemática y gráfica.

- **Relaciones de Tamaño:** Los estudiantes construyen las regletas de diferente tamaño, siguiendo indicaciones de relaciones de tamaño y representan matemáticamente diversas relaciones entre ellas, utilizando la simbología de números fraccionarios.
- **Representación gráfica:** Los alumnos se familiarizan con los elementos básicos de la perspectiva con punto de fuga, la perspectiva isométrica y las proyecciones ortogonales. Utilizando estas reglas básicas, los estudiantes deben desarrollar ejercicios de representación gráfica de objetos concretos, con la ayuda de cuadrículas, ortogonal e isométrica. En estos ejercicios prima la construcción de significado sobre la destreza técnica; se utilizan cuadrículas para facilitar el trazo sin necesidad de recurrir a instrumentos de dibujo.

El segundo tipo de actividades está relacionado con el aprendizaje de los principios operativos de los mecanismos u operadores bajo estudio. Se utilizan módulos desarmables para construir mecanismos de poleas, ruedas dentadas y biela – manivela, con sus respectivas guías de trabajo

Momento 2: Taller de Construcción del Juguete (A2)

Nivel de lo Representacional: Componentes del referente concreto. Anticipación de cambios del referente en el nivel de lo simbólico.

El grado 7o construye el prototipo denominado “Monos Juguetones” y el grado 8° “El Parque de diversiones”.

Momento 3: Actividades de Solución de Problemas (A3)

Nivel de lo Representacional: Representación simbólica sin referente material.

Como actividades de evaluación se presentaron a los estudiantes dos problemas, de diferente nivel de complejidad.

- **X1: “Un Molino para el Monasterio”:** Se trata de un problema en el que los estudiantes deben ayudar a dos monjes a diseñar un nuevo molino. Desde el punto de vista cognitivo, el problema implica construir representacionalmente el escenario del molino, a partir de los datos aislados de un entorno de tarea constituido por una descripción escrita de la tarea que enfrentan los dos monjes. Luego, deben estructurar también como representación el *espacio de problema*. A continuación deben examinar el seguimiento de una estrategia que conduce a que los alumnos utilicen el algoritmo correspondiente al *paso* para calcular el número de dientes de una de las dos ruedas dentadas, luego de proponer este valor para la otra rueda.
- **X2: “Máquinas para Medir el Tiempo”:** Aquí los estudiantes también se enfrentan a construir representacionalmente el escenario a partir del cual deberán estructurar el espacio de problema. La mayor complejidad de este problema con respecto al anterior estriba en que plantea un espacio de problema con mayores componentes. (Eje intermedio, cambio de plano y cálculo de número de dientes de cada rueda de engranaje)

En resumen, el desarrollo de las actividades siguió la siguiente secuencia:

Grupo Experimental $G_{1,2}$ X0 A1 A2 A3: (X1, X2)

Formalización de Variables

Según la hipótesis investigación, la capacidad para solucionar problemas está estrecha y directamente relacionada con el nivel de abstracción en el que un individuo puede elaborar representaciones mentales de situaciones, es decir, de diferentes contextos problemáticos. Los niveles logrados en cada una de las representaciones necesarias en los contextos bajo estudio (gráfico y matemático), se correlacionaron con los niveles de solución de los problemas planteados, en un intento por indagar cómo cada una de estas capacidades representacionales incide en la capacidad para resolver problemas. Para evaluar la capacidad de solucionar problemas, cada problema se ha dividido en una parte en la cual el estudiante construye de manera gráfica su representación del contexto del problema. En cada uno de los problemas (X1 y X2), este contexto tiene una serie de componentes cuya presencia representacional fue puntuada con un punto, para obtener así el respectivo resultado parcial, que se presenta como RG_n , en donde n = número del problema, 1 o 2, en las tablas que se muestran más adelante. Otra parte está constituida por los pasos de la estrategia matemática. Cada respuesta acertada frente a cada paso de la estrategia recibirá un punto. La suma corresponderá al resultado parcial RM_n . El problema 2 contiene otros dos aspectos, uno de transferencia de resultados a otro contexto (RT_n) y una pregunta directa de conocimiento. El primero de estos dos recibirá un punto por respuesta acertada, mientras que la segunda será utilizada sólo como control y sin ninguna puntuación. La suma de los anteriores aspectos constituirá una medida de la solución del problema R_n .

Se efectuó un análisis de correlación múltiple, empleando el coeficiente de Pearson, entre las distintas variables así definidas.

Los Resultados del Trabajo de los Estudiantes

En este apartado se discutirán algunos de los aspectos más relevantes derivados de los datos obtenidos en la tabulación de las anteriores variables.

La Tabla 1 resume los promedios alcanzados por los estudiantes de los dos grupos en las dos evaluaciones de salida, discriminados por solución gráfica (RGn) y el seguimiento de la estrategia matemática de solución (RMn).

TABLA 1. - PROMEDIOS PRUEBAS DE SALIDA X1 Y X2
Escala 0 - 1

Prom. Grupo	Edad Prom.	PROB LEMA 1			PROB LEMA 2		
		RG1	RM1	R1	RG2	RM2	R2
G1 (Grado7)	11.78	0.29	0.26	0.32	0.40	0.37	0.38
Desv.		0.28	0.19	0.18	0.29	0.21	0.18
G2 (Grado 8)	13.67	0.52	0.56	0.54	0.81	0.75	0.78
Desv.		0.34	0.55	0.17	0.17	0.21	0.15
Antiguos * (G 2)	13.30	0.55	0.56	0.56	0.82	0.80	0.82
Nuevos (G2)	14.36	0.49	0.55	0.51	0.80	0.66	0.70

Es notorio que ambos grupos mejoran su desempeño entre el problema 1 y el problema 2. Esta mejoría es mayor en la capacidad representacional gráfica que en la matemática, como lo ponen de presente los respectivos promedios y desviaciones estándar. No obstante, el grupo 2 muestra un rendimiento mucho mejor que el grupo 1. Este hecho no se debe sólo a la diferencia de edades sino también, y de manera considerable, a una acusada carencia de herramientas matemáticas mostrada por el primero de los dos grupos.

El primer análisis de correlación múltiple, efectuado con los datos para el total de los grupos 1 y 2 no arrojó más que correlaciones obvias como Rn con sus respectivas RGn y RMn. No aparecieron correlaciones cruzadas entre los dos tipos de problemas, con excepción de la correlación entre los promedios del Grupo 1 en la solución de los dos problemas (R1 y R2). Pero este resultado, dado el bajo promedio del Grupo 1, es poco interesante.

Antes de continuar, es preciso advertir que el equipo de investigación es consciente de las vicisitudes del tratamiento estadístico de datos provenientes de resultados de pruebas de estudiantes. Ya desde los comienzos de los esfuerzos por medir la inteligencia humana en los años 1920's, Spearman había advertido que los resultados de los estudiantes en las diferentes pruebas no dependen exclusivamente de una aptitud general del sujeto, que podría denominarse *inteligencia*, sino también de factores específicos relacionados con la naturaleza de las diversas pruebas y con otras situaciones no controlables (estados de ansiedad, duda, tensión, etc.).²⁰

* En la tabla se separan los datos correspondientes a los alumnos que participaron el año anterior en la experiencia de validación del AA, de los de aquellos alumnos que fueron luego incorporados al grupo de tal experiencia.

²⁰ Sobre esta base, Spearman desarrolló lo que aún se conoce como el coeficiente que lleva su nombre, y es definido como

En este punto entra en juego la consideración de que las hipótesis derivadas de referentes teóricos son necesarias para apoyar lo que el procesamiento estadístico no puede mostrar por sí mismo. Si la capacidad de solución de problemas de un sujeto es función directa de su capacidad para representar los aspectos gráficos y matemáticos del contexto de problemas del tipo considerado aquí,²¹ como lo supone nuestro enfoque, es altamente probable encontrar correlaciones significativas en aquellos estudiantes que demostraron una mayor capacidad de solución de problemas, medida por los puntajes R.

Entonces, los resultados obtenidos se ordenaron de mayor a menor de acuerdo con el puntaje alcanzado en la solución del problema 2. Luego, para ambos grupos, se seleccionaron los alumnos cuyo puntaje estuvo a una desviación estándar o más hacia la derecha del promedio ($R_2 > \text{ó} = \text{Promedio} + \sigma$) y se calculó el coeficiente de Pearson para esta muestra parcial. El resultado se presenta en la siguiente Tabla 2 (Los valores significativos en itálica)

TABLA 2. - COEFICIENTES DE CORRELACIÓN

Estudiantes con Promedio $> \text{o} = a X_{(R_2)} + \sigma$

GRUPO 1

Z0GT	Z0GP	Z0M1	Z0M2	Z0MT	ZRG1	ZRM1	ZR1	ZRG2	ZRM2	ZRT2	ZR2
Z0GT	<i>0.918</i>	<i>0.431</i>	-0.207	-0.052	-0.156	0.008	-0.086	0.046	<i>0.410</i>	0.100	<i>0.411</i>
Z0GP		<i>0.445</i>	0.152	0.280	-0.055	0.092	0.012	0.177	0.243	0.207	<i>0.448</i>
Z0M1			0.112	<i>0.420</i>	-0.233	-0.017	-0.145	-0.354	<i>0.537</i>	0.356	0.033
Z0M2				<i>0.949</i>	<i>0.436</i>	0.256	0.377	<i>0.443</i>	-0.069	0.016	0.206
Z0MT					0.324	0.229	0.298	0.293	0.107	0.127	0.199
ZRG1						<i>0.774</i>	<i>0.954</i>	<i>0.763</i>	0.265	-0.171	<i>0.810</i>
ZRE1							<i>0.928</i>	<i>0.700</i>	0.036	-0.196	<i>0.674</i>
ZR1								<i>0.779</i>	0.175	-0.195	<i>0.795</i>
ZRG2									-0.036	-0.553	<i>0.686</i>
ZRE2										0.004	<i>0.470</i>
ZRT2											-0.003

GRUPO 2

Z0GT	Z0GP	Z0M1	Z0M2	Z0MT	ZRG1	ZRM1	ZR1	ZRG2	ZRM2	ZRT2	ZR2
Z0GT	<i>0.993</i>	0.369	<i>0.536</i>	<i>0.536</i>	-0.260	-0.629	-0.478	-0.437	-0.028	-0.217	-0.253
Z0GP		<i>0.412</i>	<i>0.582</i>	<i>0.588</i>	-0.173	-0.580	-0.407	-0.398	0.013	-0.120	-0.192
Z0M1			<i>0.540</i>	<i>0.806</i>	-0.148	-0.560	-0.382	<i>0.562</i>	-0.542	0.262	0.181
Z0M2				<i>0.933</i>	-0.202	-0.480	-0.367	-0.131	-0.281	-0.058	-0.286
Z0MT					-0.193	-0.575	-0.414	0.143	-0.415	0.080	-0.109
ZRG1						<i>0.757</i>	<i>0.934</i>	0.194	<i>0.752</i>	0.808	<i>0.768</i>
ZRE1							<i>0.940</i>	0.080	<i>0.679</i>	<i>0.587</i>	0.335
ZR1								0.145	<i>0.763</i>	<i>0.742</i>	<i>0.584</i>
ZRG2									-0.456	<i>0.397</i>	<i>0.474</i>
ZRE2										<i>0.508</i>	<i>0.394</i>
ZRT2											<i>0.662</i>

En la tabla anterior se encuentran varias correlaciones significativas interesantes haciendo a un lado las correlaciones negativas que aparecen, las cuales sólo pueden ser debidas a los “factores específicos” de que hablaba Spearman, así como las correlaciones obvias.

$Z_{ij} = a_i F_i + e_{ij}$, donde Z es el puntaje obtenido por un estudiante i en una prueba j. El coeficiente “a” pondera la importancia de la aptitud F y la función “e” el peso de los factores específicos. Desafortunadamente, la fórmula anterior es más descriptiva que predictiva, dada la gran dificultad de establecer valores para “F” y “e”

²¹ Problemas práctico – operativos.

En primer lugar, (correlaciones sombreada ■ en ambas partes de la tabla), es notorio que mientras el peso específico de la representación gráfica es similar al de la representación matemática para el caso del problema 1, en el caso del problema 2, de mayor complejidad, la representación gráfica tiene mayor peso que la representación matemática.

En segundo lugar, (correlaciones sombreadas ▨ en ambas partes de la tabla), esta muestra, a diferencia de los grupos en su conjunto, presenta una correlación significativa entre los puntajes obtenidos en la solución de ambos problemas, lo cual indicaría que estos puntajes corresponden más a la “aptitud general” F_i que a un impacto de “factores específicos”. Es decir, que se trata de una capacidad del sujeto.

En tercer lugar, (correlaciones sombreada ▩ en ambas partes de la tabla), aunque el comportamiento de los dos grupos no es idéntico, aparecen unas correlaciones significativas “cruzadas” entre capacidad de representación gráfica y matemática. Mientras en la muestra del Grupo 1, RG1 resulta significativamente correlacionado con RG2, en la muestra del Grupo 2 esta correlación desaparece pero se aprecia la correlación significativa entre RM1 y RM2, que no se encuentra en el Grupo 1. Sería demasiado esperar de la estadística que aparecieran en ambas muestras todas las correlaciones significativas “cruzadas” posibles entre las RGn 's y las RMn 's. No obstante, la evidencia encontrada apunta en el sentido de que éstas (las RGn 's y las RMn 's) se refieren a capacidades individuales que se manifiestan, aunque de diversa manera, en dos entornos de tarea diferentes como lo son los dos problemas, en el mismo sujeto.

Es claro que las diferencias entre la cantidad de correlaciones significativas encontradas en uno y otro caso se deben, esencialmente, a diferencias entre capacidades individuales de los estudiantes y no a factores específicos, según la terminología de Spearman. Pero, ¿cuáles capacidades individuales, en particular de las dos capacidades bajo estudio, la representacional gráfica y la representacional matemática?

En un esfuerzo por precisar las diferencias de rol entre representación gráfica y matemática, de las cuales el análisis estadístico tiende a conceder una mayor importancia a la primera en el proceso de solución de problemas de los estudiantes con mayores capacidades, se examinaron detalladamente las carpetas de trabajo de los estudiantes de la muestra parcial correspondiente al percentil superior (Prom. $+ \sigma$) y se compararon con las pertenecientes al percentil inferior (Prom. $- \sigma$) de ambos grupos, 22 en total. Los aspectos destacables resultado de este análisis son los siguientes.

- Los estudiantes con mejor promedio efectúan una representación gráfica que tiene las siguientes características: i) Ubican espacialmente las posiciones relativas de los diferentes elementos involucrados en el problema según la descripción contenida en los datos del entorno de tarea dado en la guía. ii) Presentan de manera clara y precisa las implicaciones entre acciones de los distintos dispositivos que componen el sistema técnico. iii) Identifican más o menos claramente nombres y dimensiones de los diferentes elementos. iv) Aunque son claros, no necesariamente tienen un buen trazo ni cumplen de manera completa con las normas del dibujo técnico. Adicionalmente, estos estudiantes son capaces de seguir adecuadamente los pasos de la estrategia matemática propuesta, efectuar las operaciones respectivas e indicar clara y precisamente sus respuestas.

- Un segundo grupo también es capaz de efectuar representaciones gráficas con las características del grupo anterior. Pero, aunque muestra capacidad para seguir los pasos de la estrategia matemática, no es consistente a lo largo de todo el desarrollo matemático y presenta pequeños errores u omisiones que les impiden llegar a la respuesta en el nivel del grupo anterior.
- Un tercer grupo, bastante parecido en su desempeño gráfico al anterior, es también capaz de efectuar excelentes representaciones gráficas, curiosamente con un trazo mejor que los del primer grupo. A pesar de ello, denota mayores dificultades en lo concerniente a que lo gráfico represente el contexto apropiado a partir de los datos dados. Este grupo muestra igualmente dificultades con la estrategia matemática.
- Un cuarto grupo presenta dificultades con la representación gráfica así como con la matemática. Las representaciones gráficas²² son imprecisas e incompletas; la ubicación espacial es deficiente y tienen pocas y poco precisas identificaciones de designación y dimensión. La representación matemática es prácticamente nula, por lo que no pueden seguir la estrategia propuesta. Cuando efectúan operaciones, éstas no aparecen asociadas a lo gráfico, por lo que carecen de sentido.

En resumen, los grupos anteriores pueden catalogarse como sigue:

TABLA 3

	RG buena o aceptable	RG deficiente o inadecuada
RM buena o aceptable	Grupos primero y segundo	
RM deficiente o inadecuada	Grupo tercero	Grupo cuarto

Es notorio que buenas o aceptables representaciones gráficas pueden corresponderse tanto con buenas/aceptables representaciones matemáticas, como con deficientes/inadecuadas representaciones matemáticas. Pero el caso contrario no se presenta. No se registró ni un solo caso de representación gráfica deficiente/inadecuada que se correspondiera con una buena/aceptable representación matemática.

Aunque son concebibles casos en los que la solución de problemas podría efectuarse con excelentes representaciones matemáticas sin tener que pasar por buenas/aceptables representaciones gráficas, estos casos corresponderían a tipos de problema diferentes y a niveles de abstracción mayores de los que serían capaces estudiantes de las edades y en grados de escolaridad como los de la población objeto del presente estudio.

²² A pesar de sus deficiencias, es notable que ninguno de los estudiantes de la muestra efectuó representaciones gráficas disparatadas e inconexas. Representaciones gráficas inconexas fueron bastante frecuentes en todos los grupos al inicio de la experiencia de validación de los AA, a comienzos del año de 1999.

Conclusiones

Información y Significado. El papel de las Representaciones

El examen anterior pone de relieve el papel fundamental, y que pudiera considerarse crítico, del papel de las capacidades representacionales gráficas y matemáticas en un contexto problémico en el que deben aprovecharse conocimientos de tecnología previamente adquiridos, para el planteamiento de una solución.

Lo que aquí constituye el punto de interés, relativo a la formulación hipotética para esta experiencia de investigación, no es la circunstancia de que tanto lo que se considera *entorno de tarea* como *espacio de problema* sean ámbitos representacionales, algo que por supuesto aparece obvio; si no que lo que importa aquí es poner de presente que tales representaciones no están dadas *a priori*, no ocurren de manera espontánea en el momento de abordar una estrategia de solución, sino que, por el contrario, tales representaciones deben ser producto de elaboraciones mentales de las que pueden o no ser capaces los alumnos.

La trascendencia de las determinaciones acerca del papel de la representación, lo revela el hecho de que este aspecto forma parte importante de los debates en el campo de la Inteligencia Artificial, en lo que respecta a las características de los programas expertos. El desarrollo de tales programas, sobre todo, habría generado en muchos la apreciación de que los procedimientos de solución o estrategias serían lo relevante. Tal apreciación habría contribuido a fomentar la expectativa y la búsqueda de procedimientos genéricos para la solución de problemas y diseño, apuntalando la postura que ha influenciado el medio de la educación en tecnología en forma de metodología de diseño también para el aula.

Uno de los críticos del optimismo procedimental metodológico en la proyección de programas expertos y desarrollo de inteligencia artificial ha llamado la atención sobre el desconocimiento de lo representacional:

[...] el verdadero problema [de la IA] radica más profundamente que en los detalles de las simulaciones de redes; debe tener que ver con el concepto de información y la forma en que llega a representarse y transformarse en los sistemas inteligentes que han evolucionado en la naturaleza. [...] en la noción del cerebro como computadora, está el supuesto de que la información existe en el mundo; está justamente ahí, esperando ser manipulada. También está la idea de que el organismo es un receptor más que un creador de criterios que llevan a la información."²³

La perspectiva de conceder importancia a la **elaboración** que requieren las representaciones, orienta a un examen cuidadoso de aquellos procesos en los que se logra organizar variadas informaciones procedentes de un contexto cualquiera, en un todo coherente con sentido. El que hoy tales elaboraciones representacionales continúen en el dominio del diseñador de programas expertos, hace pensar en que éstas constituyen un problema de mucha mayor envergadura cognitiva que los aspectos procedimentales de la estrategia²⁴.

²³ REEKE, George; EDELMAN, Gerald. *Cerebros Reales e Inteligencia Artificial. El nuevo Debate sobre la Inteligencia Artificial*. Gedisa, Barcelona. 1993.

²⁴ Como lo afirmaba Premack en 1975: "Influenciados por el lingüista, por un lado, y por el semiótico, por el otro, no solemos tomar en consideración la capacidad de representación, capacidad, a mi modo de ver, más importante que la sintaxis o la intencionalidad". PREMACK, *Capacidad de Representación y Accesibilidad del Saber. El Caso de los Chimpancés*. En: PIAGET y otros. *Teorías del Lenguaje, Teorías del Aprendizaje*. Op. Cit. P.260.

Para examinar la importancia de la elaboración representacional del *entorno de tarea* y del *espacio de problema*, resulta más conveniente abordar los diferentes aspectos involucrados en el acto de solución de problemas bajo una consideración de prerequisites, antes que como un proceso secuencial de etapas. Es claro que el planteamiento de cualquier estrategia de solución sucede a una apropiada comprensión del entorno de tarea y del espacio de problema, por lo que la estrategia depende necesariamente de la elaboración representacional. En este sentido también apuntan los datos examinados en el apartado anterior.

Si la elaboración que **organiza** la información²⁵ contenida en el entorno de tarea no está dada *a priori* como algo inmediato y natural en el individuo, sino que por el contrario será resultado de una capacidad estrechamente asociada a estructuras de desarrollo intelectual; entonces la cuestión del acto de solución de problemas no se restringirá únicamente a la dilucidación de lo procedimental estratégico, al menos en lo que concierne a los esfuerzos pedagógicos del medio escolar.

Desde una y otra perspectiva también se diferirá en lo que tiene que ver con el estado inicial del acto de solución de problemas. Como se anotó antes, en el campo de la educación en tecnología una gran parte de esfuerzos se han dirigido a modelos y propuestas cuyo **punto de partida** es el conocimiento y puesta en práctica de las etapas que constituyen el procedimiento de solución. En un desconocimiento absoluto de lo fundamental que aparecen las elaboraciones representacionales, en el enfoque de metodología ya mencionado se acostumbra pedir al alumno la ubicación del contexto y la determinación del problema²⁶. Es altamente probable que este enfoque sea el responsable de los precarios resultados que en términos de conocimiento y desarrollo intelectual han reportado experiencias basadas en éste, en las que se han movilizadado gran número de docentes y alumnos, y en las que se han invertido grandes recursos económicos.²⁷

Desde un enfoque cognitivo como el planteado aquí, el asunto se vislumbra menos inmediatista y más complejo, de largo alcance y con incidencia en todo el currículo escolar. Se asume que, como ya se debate en el campo de la inteligencia artificial y a lo que apuntan los resultados avanzados en las experiencias pasada y presente de esta investigación, la capacidad para organizar la información que suministra el entorno de tarea y **lograr** la representación de ésta y del espacio de problema no está dada de manera natural, sino que por el contrario será el resultado de un proceso de elaboración. Como lo muestran los resultados de la presente investigación, estas capacidades representacionales parece no poseerlas un número apreciable de los alumnos del grupo de la experiencia.

La construcción de una representación con sentido a partir de los datos del entorno de tarea antecede al planteamiento de cualquier estrategia. El **estado cero** de la solución de problemas se ubica en dicha capacidad representacional y no en la estrategia.

²⁵ **Procesamiento de información** es un término que se corresponde más con la computación informática en máquina, por lo que aquí se prefiere no utilizarlo referido a lo cognitivo humano.

²⁶ En este enfoque se asume que estos aspectos son los más sencillos de trabajar.

²⁷ Además del caso colombiano del PET 21 evaluado por DifuCiencia y ya mencionado antes, se puede citar el más reciente de Nueva Zelanda. En este país, al evaluar un programa piloto de dos años, que involucró 80 especialistas, más de 300 docentes y 14 escuelas, se encontró que “*los productos del trabajo de los estudiantes están más relacionados con otras áreas (particularmente lenguaje) que con la tecnología*”. Technology Education in New Zealand. Artículo en vías de publicación en el International Journal of Technology and Design Education.

En el caso particular de la educación en tecnología, en el que los problemas se relacionan con disposiciones materiales operativas, aparece relevante la capacidad para expresar las elaboraciones representacionales por medio de los lenguajes gráfico y matemático. Estas representaciones corresponden a formalizaciones más o menos abstractas, de acuerdo con la complejidad del problema y de su solución.

Es importante anotar que del estado cero dependerá la determinación del tipo de conocimiento que pueda ser aprovechado, aunque esta determinación se realice algo más adelante en la secuencia de la estrategia. Lo que se destaca aquí es la relación estrecha de esta determinación del conocimiento a ser aprovechado en concordancia con la representación del espacio de problema. Y, como parecen mostrar los datos examinados antes, la capacidad representacional gráfica, al menos en los niveles de abstracción de que son capaces escolares de los grados 7° y 8°, es prerequisite necesario más no suficiente de la representación matemática, así como de la posibilidad de desarrollar una estrategia.

Así, por ejemplo, en el caso del problema del Molino del Monasterio, poder determinar que lo indicado para este caso es emplear la fórmula que ayuda a encontrar el *paso* igual en dos ruedas de engranaje, sólo se logrará a **condición** de haber ubicado espacialmente en representación gráfica, a las dos ruedas y así proponer valores a los diámetros que se representarán por medio de dicha fórmula.

En el contexto de problemas de disposición material operativa, los conocimientos matemáticos empleados siempre deberán ser representaciones de esa disposición material operativa, ya que, de otra manera, no tendrán sentido en la conciencia del alumno. En efecto, muchos de ellos registran en las guías las fórmulas y operaciones requeridas con valores sin sentido, pues la representación gráfica y la ubicación de valores en ésta no se han logrado.

Lo anteriormente expuesto lleva a la consideración de que la estrategia es algo más que un asunto metodológico de determinación de una secuencia procedimental por etapas. Si bien la estrategia se presenta convenientemente de esta forma, sus determinaciones estarán necesariamente arraigadas en lo que hayan logrado las representaciones iniciales.

Aunque hemos anotado ya en trabajos anteriores que lo que podría denominarse una capacidad estratégica para solucionar problemas de orden técnico parece ser susceptible de aprendizaje²⁸, lo cierto es que tal aprendizaje estaría supeditado a la preexistencia de capacidades representacionales principalmente gráfica y matemática en los alumnos. De esta forma, el problema representacional se sitúa en el asunto del desarrollo intelectual, concerniente no sólo al área de tecnología.

De manera general, para su edad, los alumnos muestran vacíos de conocimientos básicos, pero lo más preocupante de sus problemas de desempeño son los vacíos para otorgar sentido. En esencia, la cuestión representacional parece ser en últimas la de conferir significado, sólo que en algunos casos ese

28 En una experiencia anterior se efectuó el siguiente examen comparativo: Al enfrentar a alumnos de tercer semestre de la carrera universitaria de Diseño Tecnológico de la UPN con el mismo problema débilmente estructurado que los estudiantes de básica secundaria de la muestra, sus resultados se ubicaron en un nivel similar al obtenido por alumnos de grado 7°. A diferencia de los estudiantes universitarios, los alumnos de grado 7° de la experiencia recibieron orientación por parte de su docente durante el desarrollo de los pasos de la estrategia. Ver "Validación de Indicadores de Logro y Kits de bajo costo asociados a una estructura Curricular Propuesta para el Área de T&I" Informe Final. Contrato Idep – DifuCiencia No 36/98.

significado no se configura con inmediatez y también, en otras ocasiones, habrá que expresar ese significado por medio del significante de un lenguaje formalizado.

El análisis de las guías de problemas trabajadas por los estudiantes no sólo reveló la importancia del papel de las representaciones en el acto de solución de problemas, sino que también puso de presente limitaciones de las categorías *entorno de tarea* y *espacio de problema* para el examen de la posibilidad de comenzar a abordar la solución del problema. Con esta perspectiva, fue necesario incorporar una categoría adicional que hemos denominado **representación del escenario**.

Para ilustrar el por qué de la necesidad de adicionar una categoría al análisis del acto de solución de problemas, se traerá a cuento el texto de los dos problemas presentados a los estudiantes en la parte final de la experiencia. En estos problemas, el entorno de tarea está conformado por el texto que se presenta en la guía a los estudiantes. La información que suministran los textos ubica en un entorno, pero para que esa información adquiriera sentido pleno será necesaria una elaboración mental, es decir, una organización en un todo en el que cada aspecto de la información ocupe **su** lugar y, por tanto, adquiriera sentido.

La organización de este todo deberá ser efectuada por el estudiante que **ha comprendido** la lectura del texto. En estos casos, la capacidad para conferir sentido a la información que suministra el entorno de tarea se expresará apelando al lenguaje gráfico²⁹. En estos casos los estudiantes no han tenido una aproximación visual previa al escenario, por lo que es necesario construirlo representacionalmente a partir de los datos que suministra el entorno de tarea. Aquí ya no hay un cuerpo presente del concreto material sobre el que se actuará, como en el caso de los módulos de los mecanismos de las actividades de aprendizaje del AA, ni tampoco cuentan con la evocación de un concreto material manipulado antes, como en el caso del juguete.

Inicialmente el concreto de materialidades tiene existencia sólo en los datos, por lo que hasta aquí es confuso, difuso. Su forma, su sentido completo deben ser dados por el estudiante, quien configurará el escenario y lo expresará por medio de gráficas. Anticipar la actuación operativa de implicación entre acciones de una disposición de materialidades se efectuará, en estos casos, exclusivamente de manera simbólica.³⁰

El entorno de tarea apenas si delimita un contexto específico entre el universo de posibilidades del ámbito en que los seres humanos actúan disponiendo materialidades de manera operativa. Sin embargo, esta delimitación tiene que concretarse aún más, algo así como dibujarse adquiriendo contornos de sentido en la mente y lograr expresarse.³¹ Es poco probable que sin esta configuración de sentido en un escenario pueda abordarse sin más la configuración del espacio de problema, sólo a partir de los datos suministrados en el entorno de tarea. El espacio de problema tiene un lugar determinado en el escenario, un lugar que no sólo será físico sino también de sentido, esto es, tendrá su papel dentro del todo coherente del escenario.³²

²⁹ Esta expresión gráfica se efectuará con más o menos solvencia dependiendo del dominio que el estudiante posea de la geometría descriptiva. Como se anotó en otro lugar, aquí cuenta poco la calidad del trazo.

³⁰ En las guías de las actividades de aprendizaje se enfrentó también a los estudiantes a problemas de este tipo.

³¹ Está más allá de los alcances de este trabajo examinar si de todas formas hay representación mental que no logre expresarse.

³² La construcción del escenario permite determinar si la información suministrada por el entorno de tarea es suficiente para configurar el espacio de problema o si será necesario allegar nuevos datos.

En el caso particular de los problemas presentados a los estudiantes, el todo coherente en el que cada parte tiene su rol determinado es un sistema técnico³³ con algunos elementos adicionales fuera de él. Es de esperar que este todo que configura el escenario tenga mayor sentido para aquellos estudiantes que pueden abordar el todo como un sistema técnico.

En este todo sistema se ubica el espacio problémico y está además la posibilidad de representar matemáticamente ese espacio de problema, lo que será expedito si el estudiante posee los conocimientos para esto y si ha logrado tal representación. Aquí, el papel de la representación matemática será la de precisar las implicaciones entre acciones que son relevantes para la solución del problema.

Hasta aquí se ha hecho alusión a problemas en los que el entorno de tarea brinda los datos suficientes para abordar la configuración del escenario y, dentro de éste, del espacio de problema. En estos ejercicios presentados a los estudiantes la estrategia está sugerida paso a paso de una manera secuencial en la que, no obstante, los estudiantes deberán proponer valores conforme a si han logrado las representaciones previas, como ya se examinó. En todos estos casos, se ha reafirmado la importancia del papel de la representación, como fuera sugerido de manera hipotética para el presente trabajo.

Ahora bien, si se piensa en aquellas situaciones identificadas como débilmente estructuradas, en las que está ausente o poco delimitado el entorno de tarea, así como la parte propositiva que constituye el espacio de problema, situación típica del diseño, el asunto de la representación deberá ser examinado bajo los parámetros de la invención creativa. En los casos de invención creativa para el diseño es de suponer un escenario y un espacio de problema configurados primordialmente a partir de la evocación de datos de la memoria del diseñador, dada la baja estructuración del entorno de tarea. También cabe suponer que para que los datos sean relevantes deben poseer un significado adquirido en experiencias pasadas que de alguna manera pudieran relacionarse con experiencias presentes en una conjunción propositiva favorable.

La capacidad propositiva fue estudiada por Piaget en sus trabajos finales sobre la toma de conciencia³⁴, una forma de experiencia individual de tipo cognitivo que ya comenzaría a revelarse desde tempranas edades en las formas elementales de la dialéctica que estructuran el desarrollo intelectual, pero que sólo lograría tomar forma en el transcurso de experiencias en este sentido.

Aunque en el campo de la psicología cognitiva la comprensión de los procesos de toma de conciencia está en sus inicios, en el campo de la educación en tecnología va siendo hora de registrar la certidumbre de que esperar diseños tanto de los niños en los primeros grados escolares, así como de alumnos mayores que no han vivenciado experiencias prácticas significativas de solución de problemas con conocimientos tecnológicos, es poco menos que una ilusión.

Los autores agradecen la lectura cuidadosa y los valiosos comentarios del profesor Jaime Parra Rodríguez, a quien el IDEP asignó como lector del presente trabajo.

³³ El enfoque sistémico se trabaja con los estudiantes tanto en las guías de las actividades de aprendizaje así como en la cartilla que acompaña la construcción del juguete, en los AA

³⁴ **PIAGET, Jean y otros.** La Toma de Conciencia. Op. Cit.

BIBLIOGRAFÍA

- ABBAGNANO, N.; VISALBERGHI, A. Historia de la Pedagogía. Fondo de Cultura Económica. México, Decimotercera reimpresión, 1998
- ANDRADE LONDOÑO, Edgar. *Ambientes de Aprendizaje para la Educación en Tecnología*. En Rev. Educación en Tecnología, Vol.1, No. 1, Bogotá, Semestre I de 1996, pp 1- 10.
- ANDRADE LONDOÑO, Edgar, LOTERO BOTERO, Amparo. *Una Propuesta Curricular para el Área de Tecnología e Informática*. Educación en Tecnología, Bogotá, No 3 Vol. 3, 1er semestre, 1998
- ANDRADE LONDOÑO, Edgar; LOTERO BOTERO, Amparo. EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL PROYECTO ICTEG0 -11 A NIVEL DE INSTITUCIONES BASE Y SECRETARIAS DE EDUCACIÓN INFORME FINAL de un proyecto financiado por el MEN, sin publicar Bogotá, Junio de 1997
- CHANGEUX, J. P. *Conjuntos Neuronales*. En: PIAGET y otros. Teorías del Lenguaje. Teorías del Aprendizaje. Editorial Crítica. Barcelona, 1983.Pp 232- 248.
- GOEL, V. & PIROLI, P. Structure of Design Problem Spaces. Cognitive Science. Vol. 6 No 3, 1992. Pp 395-429.
- HAGGIS, Sheila. *Las Necesidades Planteadas por la CyT a la Educación*. Documento del Proyecto 2000+ Unesco, traducido en El Mundo de la Ciencia y la Tecnología- Divulgativo Internacional. DifuCiencia, Año 1 No 2, II trimestre de 1995
- HUMPREY, N. Una Historia de la Mente. La evolución y el Nacimiento de la Conciencia. Editorial Gedisa, Barcelona, 1995.
- JOHNSEY, Robert. The Design Process - Does it Exist? A critical review of published models for the design process in England and Wales. International Journal of Technology and Design Education. Vol. 5 No 3, 1995. Pp. 199-217.
- LAYTON, David. Technology's challenge to science education. Open University Press, Buckingham, 1993.
- LEGENDRE-BERGERON, M. *Una Concepción Dinámica de la Inteligencia*. El Mundo de la Ciencia y la Tecnología. Informativo Internacional. Publicado por DifuCiencia, Bogotá, No 1, ene-mar, 1995. Traducido de *Vie Pédagogique*, may-jun 1994.
- LOTERO, Amparo. El Especial Contenido de la Tecnología Contemporánea. Condiciones para su Pedagogía. Tesis de Maestría en Pedagogía de la Tecnología. UPN, 2000.
- LOTERO BOTERO, Amparo. *Ciencia y Tecnología en el debate sobre la modernidad*. En : Memorias 1er Congreso Colombiano y Primero Latino-Americano en Educación en Tecnología. Ministerio de Educación Nacional, UPN, et al. Bogotá, 1997.
- LOTERO BOTERO, Amparo. *Science and Technology in the Debate about Modernity*. En : Book of Abstracts. Jerusalem International Conference on S&T Education. JISTEC '96. Jerusalén, 1996.
- McCORMICK, Robert. et al. *Diseño y Tecnología como Revelación y Ritual*. Educación en Tecnología, Vol. 2 No 2, Segundo semestre 1997.
- McCORMICK, Robert. et al. *Problem-solving Processes in Technology Education: A Pilot Study* International Journal of Technology and Design Education , Vol. 4 No 1, Kluwer Academic Publishers, 1994.
- NOVAK, Joseph D. Teoría y Práctica de la Educación. Alianza Editores, Madrid 1982.
- PIAGET, J, La Toma de Conciencia. (1976) Ediciones Morata. Madrid 3ª Edición. 1996
- PIAGET, Jean. Las Formas Elementales de la Dialéctica. Editorial Gedisa, Barcelona, 1996.
- PIAGET, J y otros. Teorías del Lenguaje, Teorías del Aprendizaje. El Debate entre Jean Piaget y Noam Chomsky. Editorial Crítica. Barcelona, 1983.
- PREMACK, David. *Capacidad de Representación y Accesibilidad del Saber. El Caso de los Chimpancés*. En: PIAGET y otros. Teorías del Lenguaje. Teorías del Aprendizaje. Editorial Crítica. Barcelona, 1983. Pp 254 – 285.
- REEKE, George; EDELMAN, Gerald. *Cerebros Reales e Inteligencia Artificial*. El nuevo Debate sobre la Inteligencia Artificial. Gedisa, Barcelona. 1993.
- SPIRKIN, A.G. .Origen del Lenguaje y su Papel en la Formación del Pensamiento. En: Gorski, D.P.: y otros. Pensamiento y Lenguaje. Editorial Grijalbo, S.A. México. 1961
- VYGOTSKI, Lev. Pensamiento y Lenguaje. Ediciones Fausto. Buenos Aires, 1995.
- VYGOTSKI, Lev. El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores. Crítica - Grijalbo Mondadori. Barcelona, 1996.