

VALIDACIÓN DE INDICADORES DE LOGRO Y DE KITS DE BAJO COSTO RELACIONADOS CON UNA ESTRUCTURA CURRICULAR PROPUESTA PARA EL ÁREA DE TECNOLOGÍA E INFORMÁTICA (Grados 5o - 7o) Contrato 36/98 IDEP - DifuCiencia

Edgar Andrade Londoño*

Investigador principal

Amparo Lotero Botero**

Carlos Garzón Gaitán***

Coinvestigadores

Docentes participantes en la investigación:

Gisella Eugenia Alzate; Luisa Fernanda Jiménez; Teresa de Jesús Monroy; Jorge Ramiro Villa; Aura Zuleima Rincón; José Eusevio González; Luz Stella Serna; José Eugenio González

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Uno de los dos grandes objetivos propuestos para la educación en tecnología (ET) en el país es el de la formación de los innovadores/ inventores que contribuirán a fortalecer nuestra capacidad como nación de aportar al desarrollo de la tecnología. Esto quiere decir, fomentar en los estudiantes la capacidad de diseño tecnológico. Fomentar esta capacidad de diseño, al contrario de lo que ha tendido a pensarse, implica retos educativos complejos derivados, por una parte, de los niveles alcanzados por la tecnología contemporánea y, por otra, de la naturaleza y el papel social del sistema educativo.¹

Desarrollar posibilidades factibles de atender este reto en la educación requiere de esfuerzos investigativos sostenidos y de largo aliento. Así, DifuCiencia ha estructurado un programa macro de investigación denominado **APROXIMACIÓN A LA DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES COGNITIVAS Y METACOGNITIVAS PARA EL DESARROLLO DE LA CAPACIDAD DE DISEÑO TECNOLÓGICO.**

Una de las primeras etapas de este programa consistió en la formulación de una estructura curricular propuesta para el área de T&I en la educación básica, basada en una delimitación epistemológica de la tecnología y publicada en el No 3 de la revista *Educación en Tecnología*, de la Maestría en Pedagogía de la Tecnología de la UPN. Esta estructura incluye, además de una propuesta de contenidos y una secuenciación de éstos a lo largo de los niveles educativos involucrados, los logros de aprendizaje respectivos.

Ante las carencias de los logros propuestos en la Resolución 2343/96, expedida por el MEN², el programa de DifuCiencia mencionado tuvo que abocar el problema de la

* 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. Ingeniero Mecánico.

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

*** Profesor de la Universidad Nacional de Colombia. Magister en Pedagogía de la Tecnología, UPN. Ingeniero Químico UN. Integrante del equipo académico de DifuCiencia.

¹ Una discusión sobre este aspecto se encuentra en ANDRADE, E., y LOTERO BOTERO, A. *Una Propuesta Curricular para el Área de Tecnología e Informática de la Educación Básica*. Revista *Educación en Tecnología*, No 3, Bogotá, 1998.

² La nueva Ley General de Educación (115/94) establece la autonomía curricular para las entidades de educación básica y media, pero estipula que los logros de aprendizaje deben ser definidos por el Ministerio de Educación Nacional. Para

definición de logros de aprendizaje. Esta definición es una tarea delicada, ya que tiene grandes implicaciones en los objetivos educativos y en lo que se espera como competencias de desempeño de los estudiantes. No se comprende una aproximación de respuesta a este problema sin un riguroso planteamiento teórico y una validación experimental de ese planteamiento.

Este ha sido precisamente el camino del programa macro de investigación mencionado. Las bases teóricas de la propuesta de logros son las siguientes:

- a) Delimitación epistemológica de la tecnología³. El conocimiento tecnológico tiene como categoría principal, el PRINCIPIO OPERATIVO. Este principio tiene dos grandes componentes: Los desarrollos acumulados a lo largo de la historia de la maquinización, unos principios operativos matematizables, concreción de la racionalidad estratégica instrumental. Y, en segundo lugar, las capacidades para planear nuevas disposiciones técnicas, disponer recursos, pero sobre todo de anticipar resultados sobre la base de un propósito definido.
- b) El paralelo entre el desarrollo histórico de la tecnología y el desarrollo cognitivo del individuo. Este principio tiene fundamentos en la historia y la filosofía de la tecnología, y en los avances de la psicología cognitiva.⁴

Sobre estas bases, la estructura curricular mencionada contiene una propuesta de logros que teóricamente tienen dos condiciones principales desde una perspectiva cognitiva:

- Son efectivamente **logros**, en el sentido de que presentan retos de aprendizaje superables para los estudiantes de las edades respectivas. Se adquieren mediante una desequilibración que se resuelve dialécticamente nuevos equilibrios en un nivel superior de desarrollo cognitivo⁵.
- Representan condiciones cognitivas y condiciones metacognitivas que fomentan la capacidad de diseño tecnológico de los estudiantes⁶.

cumplir esa obligación, el MEN expidió en 1996 la Resolución 2343 con unas especificaciones de logros para todas las áreas, elaboradas sin bases teóricas claras y sin que mediara ningún esfuerzo de validación experimental.

³ Una primera aproximación sistemática a esta delimitación epistemológica de la tecnología se presenta en LOTERO BOTERO, Amparo. *La Ciencia y la Tecnología en el Debate sobre la Modernidad*. Memorias Primer Congreso Colombiano y Primero Latinoamericano de Educación en Tecnología. Bogotá, 1996. Una explicación más detallada se encuentra en ANDRADE, E., y LOTERO BOTERO, A. *Una Propuesta Curricular para el Área de Tecnología e Informática de la Educación Básica*. Op. Cit.

⁴ Un estudio profundo de este paralelo puede verse en PIAGET, Jean; GARCÍA, Rolando. Psicogénesis e Historia de las Ciencias. Siglo XXI Editores, México, 3ª Edición, 1982.

⁵ Este proceso de desequilibraciones- equilibraciones corresponde a la idea piagetiana de evolución de la inteligencia, entendida ésta como una facultad que puede desarrollarse y no como una condición innata. Ver: PIAGET, J. Las Formas Elementales de la Dialéctica. Editorial Gedisa, S.A., Barcelona, 1996. También puede verse: 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.

⁶ Esta idea de la capacidad representacional como fundamento de la capacidad de diseño está asociada a la categoría de "Espacio de Problema" como una representación mental de un "Entorno de Tarea" en el que se percibe una necesidad, categorías desarrolladas por Newell y Simon. Ver GOEL, V & PIROLI, P. *Structure of Design Problem Spaces*. Cognitive Science. Vol 6 No 3, 1992. La idea de capacidad representacional también está apoyada en la distinción que ha comenzado a trabajar la psicología cognitiva entre sensación y percepción, siendo esta última una **representación mental** de "lo que está pasando allá afuera". Ver. HUMPREY, N. Una Historia de la Mente. La evolución y el nacimiento de la Conciencia. Gedisa, Barcelona, 1995.

Es claro que sólo una validación experimental puede determinar la viabilidad y efectividad de la propuesta teórica. Éste constituye el aspecto principal de la segunda etapa del proyecto macro de investigación a la que se dio inicio, luego del primero de investigación teórica, con la investigación aquí reseñada. Se propone aquí la validación de un Ambiente de Aprendizaje (AA) basado en la didáctica de *Construcción de Juguetes como Sistemas Técnicos para el Aprendizaje de la Tecnología*. La propuesta de estos AA deriva del marco conceptual y curricular trabajado con anterioridad en la primera etapa del macroproyecto. La didáctica del AA se encamina a poner a disposición del sistema educativo material de bajo costo que apoye el alcance de los logros de aprendizaje propuestos, con base en las siguientes consideraciones:

- La lógica para la operatividad mecánica y la capacidad de pensamiento estratégico se fomentan más adecuadamente cuando se trabaja educativamente dentro de un enfoque sistémico que ponga en tensión las relaciones entre una y otra y que desarrolle en el estudiante una perspectiva de contexto.
- La conceptualización de los principios operativos, así como la solución de problemas prácticos que ejerciten pensamiento estratégico requiere de material de apoyo que permita a los estudiantes acciones, observaciones y simulaciones tangibles sobre las que se apoye el desarrollo de su capacidad inferencial y de pensamiento abstracto.
- La creatividad, la capacidad anticipadora y propositiva de nuevos desarrollos, es una característica individual aunque ocurre en un contexto social⁷. Ello implica que cada estudiante debe ser enfrentado a retos de tareas que pongan en tensión el pensamiento estratégico, con miras a favorecer su propio desenvolvimiento cognitivo y metacognitivo. Por esta razón, el material diseñado debe ser de bajo costo, al alcance individual de los numerosos estudiantes por grupo de la educación pública.

Así pues, al tiempo que se sometió a validación los indicadores de logro, se validó el papel de materiales didácticos de bajo costo en el contexto de un Ambiente de Aprendizaje diseñado para estudiantes entre 9 y 14 años, período que abarca el tránsito del pensamiento operatorio concreto al pensamiento formal, de acuerdo con la teoría piagetiana.

Las Variables del Proyecto

La calidad del AA constituyó la variable principal del proyecto, el que además involucró las variables docentes y alumnos. El planteamiento de Ambiente de Aprendizaje fue desarrollado por DifuCiencia, junto con sus materiales didácticos, de manera previa al presente proyecto de investigación. A continuación se examinan estas variables con relación a la pregunta clave para un AA:

¿Qué proporciona el AA a los alumnos para alcanzar los logros propuestos?

⁷ De esta interacción con el contexto social, Vygotski infiere el concepto de Zona de Desarrollo Próximo de inteligencia práctica del niño, como el potencial de su desarrollo, es decir, como los problemas prácticos que puede resolver el niño bajo la tutela de un adulto o persona de mayor capacidad. Ver. VYGOTSKI, L. El Desarrollo de los Procesos Sicológicos Superiores. (1934) Crítica, Barcelona, 1996. Ejercicios en la ZDP requieren de material de simulación de problemas prácticos.

Primera Variable:

EL AMBIENTE DE APRENDIZAJE

Estructurado en dos grandes momentos:⁸

<p>I- ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE y</p>	<p>II- TALLER DE CONSTRUCCIÓN DE JUGUETES (actividades de deconstrucción, construcción y reconstrucción)⁹</p>
<p>↓</p>	<p>↓</p>
<p><u>Objetivos :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Logros cognitivos de conceptualización de principios operativos. • Comprensión de Sistema Técnico. Enfoque sistémico. <p><u>Medios didácticos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Módulos de mecanismos, de bajo costo. • Guías escritas para la formalización lógica de lo observado en el trabajo con los módulos. • Otros propuestos por los docentes: películas, otros modelos, etc. 	<p><u>Objetivos :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Profundización en conceptualización de principios operativos. • Fomento de competencias para resolver problemas con operadores en diferentes situaciones prácticas. • Fomento de la capacidad de diseño.¹⁰(eventualmente para desempeños futuros) <p><u>Medios didácticos:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kit para construcción de prototipo de juguete. • Cuaderno de guías escritas para la formalización lógica de las labores de deconstrucción, construcción y reconstrucción.
<p>Segunda variable:</p> <p>EL DOCENTE (N = 8)</p> <p>↓</p>	<p>↓</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Labor de actualización y refuerzo de su propia comprensión conceptual de principios operativos. Se familiariza con el material didáctico y hace consciente los objetivos de logros de conceptualización. • Trata de identificar el nivel de desarrollo intelectual y de conocimientos de sus estudiantes mediante aplicación de Evaluaciones de Entrada (Diseñadas por DifuCiencia) • Implementa las actividades propuestas en el Ambiente de Aprendizaje y plantea actividades adicionales para que los alumnos logren los conocimientos previos necesarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Realiza proceso de taller práctico. Construye su prototipo y hace consciente los logros de competencias.

⁸ En la actualidad se han discriminado tres momentos para los AA de acuerdo con exigencias representacionales que se plantean a los alumnos. Ver: “Condiciones de un AA para la Formación de una Capacidad de Diseño Tecnológico como Función de Capacidades Representacionales” Investigación también reseñada en este volumen.

⁹ Los tres prototipos cuyos kits se validan en este proyecto son “Parque de Diversiones” (operadores mecánicos: poleas, ruedas dentadas, cigüeñal) “Monos Juguetones” (operadores mecánicos: leva- seguidor, biela- manivela) y “Carro Electromecánico que simula la Compuerta Lógica OR” (Operadores mecánicos: polea, engranajes de dientes rectos; operador eléctrico: circuito en paralelo; operador lógico: tabla de verdad de la compuerta OR). Como se explicará más adelante, este último kit y sus logros asociados fueron excluidos; además, con los alumnos de los grados 5º se trabajó un kit más sencillo, el “Vagón de los Animales”. Todo ello en un replanteamiento que fue necesario efectuar durante el desarrollo del proyecto debido al bajo nivel de logro de los estudiantes en las actividades de aprendizaje, como se explicará más adelante.

¹⁰ Las actividades del Taller de Construcción de Juguetes están secuenciadas con la mira de establecer un ciclo explicativo, que comienza por la observación directa del juguete real y completo - construido por el docente - para luego realizar un análisis de cada una de las partes componentes y cómo éstas transmiten movimiento - **de**construcción. A continuación, el estudiante elabora su propio juguete con ayuda del kit y lo pone en funcionamiento - **con**strucción. La actividad final está guiada por preguntas de *¿Qué sucedería si...?* para que el estudiante efectúe una **re**construcción y, previsiblemente, esté en condiciones de desarrollar propuestas de solución de problemas, propias de las edades propuestas, a partir del bagaje adquirido en estas actividades.

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Elabora estrategias para valerse de la mejor forma posible del material didáctico, en las circunstancias concretas de su institución educativa. <p>Aquí es sujeto “supraordenador” para que los alumnos alcancen formalizaciones de pensamiento y puedan así conceptualizar los principios operativos involucrados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realiza evaluaciones de consecución de logros de manera individual. | <ul style="list-style-type: none"> • Elabora logística del taller de construcción. Elabora estrategias para aprovechar las guías de forma que los estudiantes puedan realizar nuevas disposiciones del juguete para solucionar problemas que plantea el Ambiente de Aprendizaje, e idealmente proponer diseños nuevos. • Realiza evaluaciones de consecución de logros de manera individual. |
|---|--|

Tercera Variable:**LOS ALUMNOS (N = 256)**

Niños de estratos 1, 2, 3; Grados 5o a 7o. Edades entre los 10 y los 14 años. Ambos géneros.

- Rango más o menos amplio de edades por grado escolar.
- Tiende a haber una paridad cuantitativa por género en los grados seleccionados para la investigación. La excepción la constituyen un grupo predominantemente masculino en el Instituto Técnico Industrial Piloto y un grupo completamente femenino en el CEDIT “Jaime Pardo Leal”
- De acuerdo con su edad cronológica, se esperaría que estuvieran en la transición del pensamiento operatorio concreto al pensamiento operatorio formal.
- Escaso interés por el conocimiento y baja capacidad de concentración, reportados por los docentes participantes.
- Problemas asociados a dificultades económicas, conflictos afectivos propios del ingreso a la adolescencia, etc.

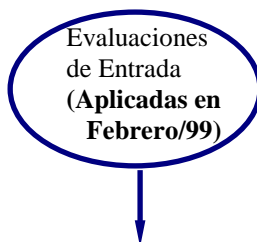
Las anteriores variables examinadas apuntaron a describir el contexto y las condiciones “reales” en que los estudiantes se enfrentaron al reto de alcanzar los logros propuestos. La validación se planteó sobre tales circunstancias, y no sobre circunstancias “ideales”.

Se procuró controlar la variable **Institución Educativa** acordando con los directivos el compromiso en lo concerniente a los siguientes aspectos:

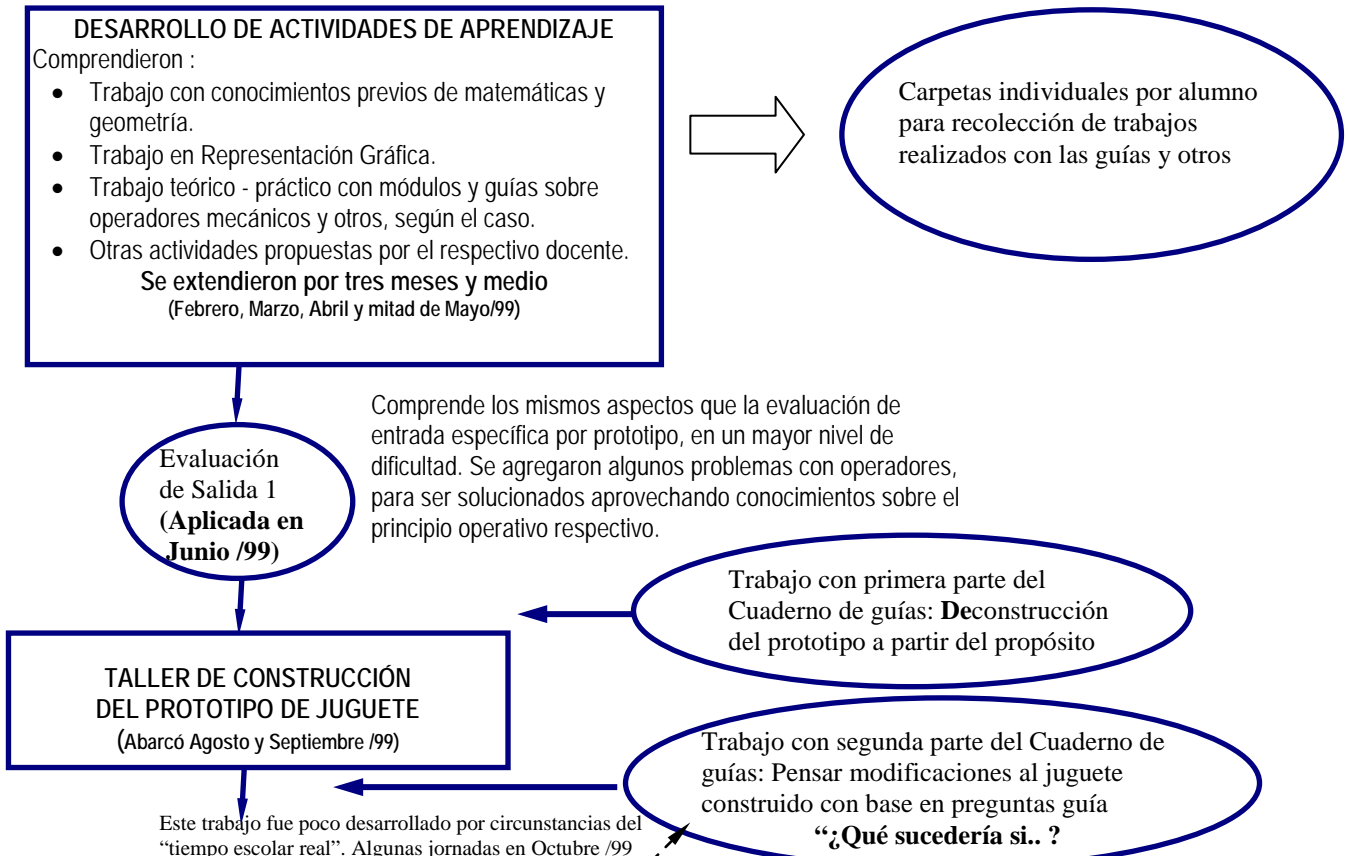
- Asignación horaria mínima de cuatro horas semanales para el curso de la experiencia.
- Tiempo para la asistencia de los docentes a las reuniones de coordinación.
- Asignación de espacios físicos, mesas y herramientas para el taller de construcción.

Metodología Propuesta

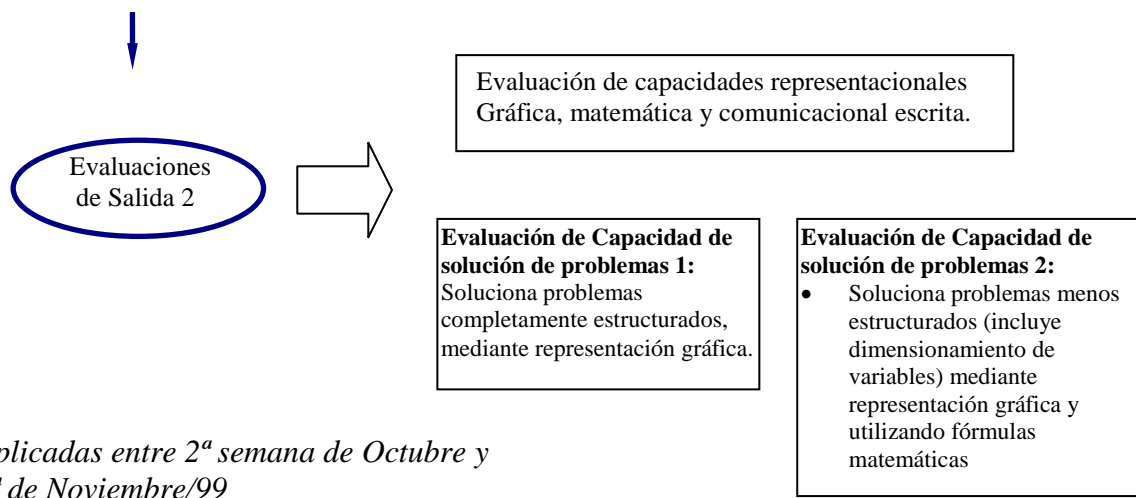
Con posterioridad a la etapa de inducción y preparación de los docentes, que comprendió los meses de noviembre y diciembre de 1998 y enero y febrero de 1999, el trabajo propuesto en el aula incluyó las etapas que se presentan a continuación (enmarcadas en un rectángulo). Se indican también los momentos de recolección de información (enmarcados en un óvalo):

Comprendieron :

- Evaluaciones sobre capacidad representacional gráfica y matemática (esta última referida al manejo de fraccionarios) y de conocimientos básicos de geometría euclidiana.
- Prueba específica según prototipo, referida a capacidad de razonamiento mecánico y conocimientos de operadores.



A partir del paso siguiente, la metodología propuesta se modificó debido al replanteamiento que se hizo necesario dadas las dificultades de orden cognitivo encontradas en los estudiantes, las que se presentan en el apartado siguiente. En lo fundamental, la variación consistió en abandonar la idea de la actividad de diseño de un juguete por los niños (decisión obligada por el bajo nivel de logro mostrado por los estudiantes en las actividades de aprendizaje) y en cambio aplicar una serie de instrumentos de evaluación para determinar el nivel de logro alcanzado en varios aspectos, como se indica a continuación.



Aplicadas entre 2ª semana de Octubre y 1ª de Noviembre/99

DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DE LOS ALUMNOS, ENCONTRADAS EN DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

Presupuestos Teóricos para el Análisis Cualitativo de la Información

El análisis de los datos que proporcionan las evaluaciones de entrada y de salida, así como las guías de actividades de aprendizaje, trabajadas por los estudiantes, se efectuó con la perspectiva de aproximarse a un conocimiento sobre las dificultades de orden cognitivo más relevantes que enfrentan los alumnos en el camino hacia la conceptualización de los principios operativos de la tecnología, planteados en los logros. Para este examen no se procedió con el criterio de muestra representativa de una población, ya que en este caso no se trataba de examinar tendencias de comportamiento o de opiniones diversas en un conglomerado de individuos, sino que ante todo se procuró comprender dificultades en los procesos de aprendizaje de los estudiantes, que se revelaron generalizadas.

El análisis de las dificultades en los procesos de aprendizaje relacionadas con las conceptualizaciones que requiere la comprensión de principios operativos, se sustenta en principios establecidos por la epistemología genética,¹¹ es decir, en el presupuesto de que las construcciones características de los procesos cognitivos constituyen una facultad propia de los seres humanos como especie. Por tal razón, el análisis para los resultados preliminares se efectuó de manera individual en aproximadamente cien alumnos, considerando sus correspondientes carpetas con evaluaciones de entrada y guías de trabajo.

De acuerdo con lo anterior, los resultados del análisis brindaron una comprensión sobre dificultades de aprendizaje de los alumnos del grupo seleccionado para la experiencia, de quienes se esperaba en principio que pudieran alcanzar de manera expedita los logros planteados, ayudados por el AA y el material didáctico propuesto. Es necesario señalar en este punto que el AA planteado para esta experiencia fue altamente motivador, como se desprende de lo expresado por los docentes, y que representó en intensidad horaria, en trabajo de aula y en cantidades de material didáctico proporcionado, una experiencia excepcional en las aulas de la educación pública.

El Desarrollo del Pensamiento Individual: Los Objetos y las Acciones

Los trabajos piagetianos se muestran particularmente relevantes para el problema que plantea la estructuración de ambientes de aula cuyo objetivo apunta a que los jóvenes comprendan los principios de la lógica implícita en el desarrollo de la maquinización y, al mismo tiempo, a que puedan aprovechar los objetos creados con esta lógica instrumental y, más allá, a lograr solucionar problemas de este orden.

Los mecanismos, aún los más sencillos, se presentan al individuo como un conjunto de partes mecánicas variables que transfieren movimiento en determinadas formas, esto es, que presentan “implicaciones entre acciones”, implicaciones establecidas como principios operativos. El individuo sólo comprenderá estos principios a condición de poder establecer relaciones de sentido entre dichas partes.

¹¹ PIAGET, J. Las Formas Elementales de la Dialéctica. Editorial Gedisa, S.A., Barcelona, 1996; y PIAGET, J. La Toma de Conciencia. Ediciones Morata, S.A., Madrid, 1985.

Pero, ¿cómo relacionar las partes de un mecanismo para otorgar sentido conceptualizador de principio operativo? Veámoslo en términos piagetianos: “(...) *se trata de variables que la mente pueda relacionar y aislar a un tiempo, ya que sus relaciones suponen su previa y continua distinción al mismo tiempo que el establecimiento de sus interacciones.*”¹²

La comprensión de los principios operativos planteada en los logros para estudiantes de 5º, 6º y 7º de educación básica, implican el entendimiento de principios de transmisión de movimiento y una mirada sistémica de los mecanismos como máquinas sencillas. El que los estudiantes logren alcanzar esta comprensión, implica que puedan establecer relaciones, como las que acaban de describirse.

Las actividades de aprendizaje del AA propuesto se encaminan a que los alumnos logren conceptualizar a partir de la observación de situaciones concretas y particulares que se presentan al accionar los mecanismos de diferentes maneras. Estas situaciones suministran datos de cada una de las diferentes acciones, las que deben relacionarse y representarse matemáticamente. En el esfuerzo exitoso por integrar los datos que proporcionan las diferentes acciones en una sola relación generalizante o principio operativo que explique los resultados de las acciones, se configura un proceso de pensamiento tipificado en el análisis piagetiano como “implicación entre acciones”. Esta comprensión constituye una formalización abstracta.

Como se verá a continuación, la conformación de ese modelo¹³ a partir de la interpretación de observables que implican relaciones que deben considerarse como necesarias unas a otras, no pudo ser abordada por la gran mayoría de estudiantes participantes en la experiencia.

Dificultades de Orden Cognitivo Observadas

El examen de los datos que proporcionaron las evaluaciones de entrada y las guías correspondientes al trabajo con operadores mecánicos revela varias dificultades de pensamiento lógico en los alumnos. Estas dificultades se exponen a continuación, relacionándolas con cada tipo de instrumento.

Dificultades en la Conceptualización de Principios Operativos

Con el objetivo de brindar una mejor comprensión de las dificultades enfrentadas en el camino hacia los logros de aprendizaje, en el aspecto de conceptualización, a continuación se presenta una descripción de las relaciones de transmisión de movimiento que se establecen entre los diferentes dispositivos que componen los mecanismos. En el caso del AA en mención, el mecanismo está representado en un módulo accionado por el estudiante.

Los dispositivos operadores son los componentes principales del mecanismo. La conceptualización atañe a la comprensión del principio operativo del mecanismo. En este

¹² Piaget, J. Las Formas Elementales de la Dialéctica. Op. Cit. pag. 122.

¹³ El módulo de mecanismo, empleado como apoyo didáctico en las actividades de aprendizaje del ambiente, en su apariencia no dice nada sobre las relaciones que se derivan de sus transmisiones de movimiento. Las significaciones que se establecen al observar y relacionar los diferentes movimientos conforman un modelo en la mente del estudiante.

caso, el principio operativo se refiere a las relaciones de transmisión de movimiento entre los componentes del mecanismo.

- **Módulo Mecanismo polea-correa.**

Dos poleas de diferentes diámetros. Se relativizan sus posiciones como “polea motriz” o “polea movida”. Se esperaba que estas relaciones y las conclusiones generales a que conducen pudieran ser inferidas por los estudiantes a partir de la operación concreta con el módulo y bajo la orientación de los docentes.

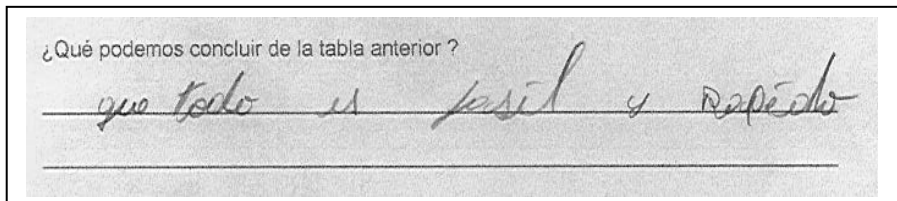
En los módulos presentados, las relaciones de transmisión de movimiento entre sus partes no son de directa aprehensión por observación, por lo que se precisa de un proceso de asimilación y equilibración dialéctica de pensamiento¹⁴. Para darnos una idea del reto que plantea al estudiante la conceptualización del principio operativo, veamos las diferentes relaciones que plantea el mecanismo de poleas:

- 1- Relaciones de tamaño que aquí se plantean como relaciones entre diámetros.
- 2- Situaciones relativas de la “polea motriz” y la “polea movida”.
- 3- Una tercera relación que necesariamente debe incluir a las dos anteriores, se refiere a la velocidad o número de vueltas en función del tamaño y la posición relativa de las poleas motriz y movida.

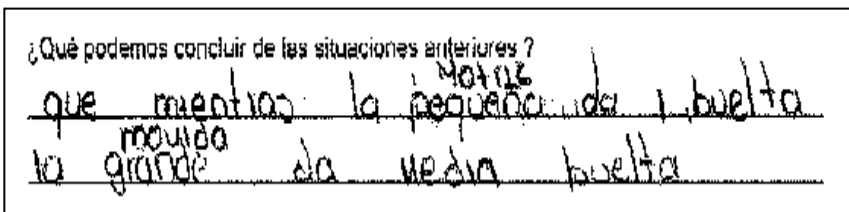
Para lograr esta tercera relación, es preciso realizar una inferencia. Esta inferencia o equilibración dialéctica plantea un reto cognitivo adicional para niños y jóvenes puesto que la relación de velocidad o número de vueltas es inversa al tamaño de las poleas. El examen de las guías trabajadas durante las actividades de aprendizaje en el punto en el que se concreta el logro de conceptualización, revela varias dificultades de orden lógico en los estudiantes examinados.

Entre las aproximadamente cien carpetas consideradas, se observa que en sólo tres casos se logró un nivel apropiado de relación inferencial. A continuación se ejemplifica con algunos casos las diferentes formas como trabajaron los estudiantes el punto de conclusiones de la guía correspondiente al módulo del mecanismo de poleas. En el siguiente caso, lo concluido no guarda ninguna relación con las situaciones observadas.

*Alumno Grado 5
Edad 10 años*



En el ejemplo que sigue se observa que se logra conjugar los tres niveles de relación, pero en un sólo sentido. No se plantea el inverso, por lo que no se llega a una generalización.



*Alumna Grado 7º
Edad 12 años*

¹⁴ PIAGET, J. Op. Cit.

A continuación se presenta un ejemplo en el que excepcionalmente un alumno de 10 años logra equilibrar los tres niveles de relación en una sola relación sintetizadora que explica los resultados de las acciones observables, o en términos de Piaget, “implicación entre acciones”. La conclusión lograda por este estudiante es una totalidad integradora y general, en la que se explica la acción velocidad en función de tamaño y posición relativa de las poleas como motriz o movida. En otras palabras, se conceptualiza el principio operativo o de transmisión de movimiento, luego de un proceso de inferencia a partir de situaciones concretas observadas.

¿Qué podemos concluir de las situaciones anteriores ?
 que mientras la polea motriz es mas pequeña
 la polea movida dara menos vueltas.
 Pero mientras la polea motriz sea mas grande
 la polea movida dara mas vueltas

Alumno Grado 6
 Edad 10 años

Sólo en tres casos, entre casi el centenar examinado, se logró este nivel de equilibración. Podría objetarse que los logros de conceptualización de principios de transmisión de movimiento con operadores mecánicos sencillos están más allá de las posibilidades de pensamiento de alumnos de colegios públicos del Distrito Capital de grados 5° y 6° con edades entre 10 y 12 años, una hipótesis por fuera de las previsiones de la psicología cognitiva, cuyos estudios experimentales han encontrado para tales edades manifestaciones de pensamiento formal. Sin embargo, alumnos mayores, de grado 7o entre 12 y 14 años, tampoco alcanzaron el nivel de inferencia requerido para las conclusiones.

Dificultades para Comprender un Enfoque Sistémico Sencillo

En general, los operadores mecánicos pueden constituir máquinas sencillas a condición de que se les adicione algún dispositivo que permita la realización de una tarea específica. Este dispositivo que concreta la operatividad del mecanismo en una tarea práctica concreta se conoce con el nombre de “herramienta de trabajo”. Pero para que este dispositivo “herramienta de trabajo” pueda realizar su función de trabajo, por ejemplo, martillar, moler, calcular, se necesitan otros dispositivos que, al igual que la herramienta de trabajo, realizan su propia función. Todos estos dispositivos componentes de la máquina, cada uno con su propia función, deben actuar apropiadamente para alcanzar la función de trabajo de martillar, moler, calcular, etc. De manera general, toda máquina tiene los siguientes dispositivos con sus propias funciones o roles necesarios para su operatividad como máquina:

MOTOR + MECANISMO DE TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO + HERRAMIENTA DE TRABAJO

Como puede verse, la máquina es un sistema en tanto agregado de dispositivos que coordinados entre sí operan hacia una función de trabajo.¹⁵

¹⁵ Con mucha razón David Layton, citando a Polanyi, señala que el **principio operativo** es la categoría fundamental del conocimiento tecnológico. Ver LAYTON, D. *Technology's Challenge to Science Education*. Oxford University Press, 1994.

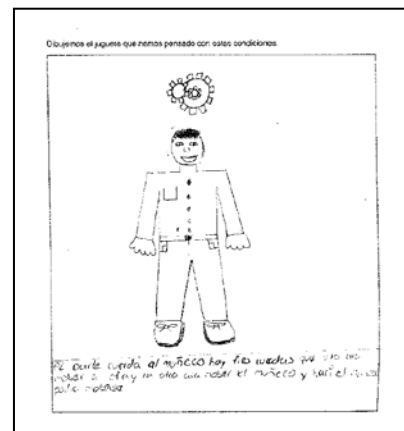
Este enfoque sistémico facilitará posteriormente a los jóvenes la comprensión de una máquina compleja como las computadoras o los sistemas autómatas en los que se ha incorporado un dispositivo nuevo con la función de CONTROL y en los que además la herramienta de trabajo se diseña lógicamente como un sistema simbólico abstracto.¹⁶

Aproximar al estudiante a la comprensión sistémica de la máquina y del papel de la herramienta de trabajo constituyó el sentido de las dos últimas actividades que se trabajaron con las guías. Esta aproximación a un enfoque sistémico a partir de pensar las partes del mecanismo asignándoles su rol principal y dependiente, debe concluir en la funcionalidad de la máquina, en el propósito de esa máquina que se manifiesta en la herramienta de trabajo. Este último aspecto se vuelve tanto más importante si se tiene en cuenta que cualquier diseño debe partir de un propósito o finalidad, y para el caso del diseño tecnológico este propósito no es otro que la función de trabajo que realiza la máquina por medio del dispositivo herramienta de trabajo.

El ejercicio que se plantea al estudiante de sugerir la herramienta de trabajo pensando en un juguete permite examinar su capacidad propositiva atendiendo primero que todo a la finalidad de una herramienta de trabajo. El siguiente ejemplo es representativo de lo que en la gran mayoría de los casos examinados los estudiantes pudieron proponer. Es evidente que no se piensan relaciones entre las partes del mecanismo y lo que éste hará mover.

*Alumno Grado 6
Edad 12 años*

*"Al darle cuerda al muñeco hay tres
ruedas que una hace mover a otra y la
otra ara mover el muñeco y haci el
muñeco podra moverse"*



Dificultades de Orden Comunicativo

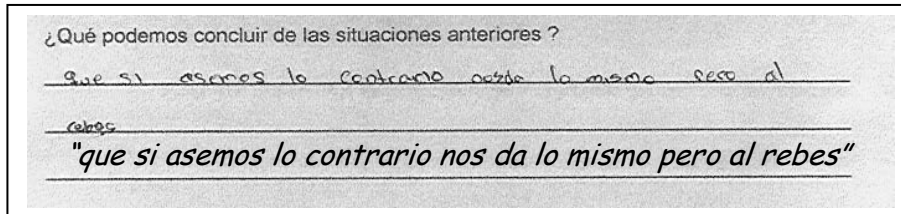
El examen de las guías trabajadas por los estudiantes revela un precario desarrollo de competencias de lenguaje y matemáticas. Estos dos aspectos fundamentales del desarrollo cognitivo fueron evaluados para alumnos del Distrito Capital de colegios públicos y privados, en los grados 3o y 5o, en el segundo semestre de 1998.¹⁷ Los resultados obtenidos en esta ocasión muestran igualmente un bajo logro en la utilización de estos sistemas de códigos fundamentales, por parte de los alumnos.

Dificultades de Lenguaje Escrito

¹⁶ Este aspecto se explica con mayor profundidad en LOTERO BOTERO, A.; ANDRADE, Edgar. Fundamentos Epistemológicos y Pedagógicos de la Tecnología. En preparación.

¹⁷ Secretaría de Educación del Distrito Capital. *Evaluación de competencias Básicas en Lenguaje y Matemáticas*. Primera aplicación, octubre – noviembre de 1998. Resultados, Febrero de 1999

En general, la dificultad para comunicar por medio de lenguaje escrito puede observarse en la forma como los alumnos consignan textualmente sus conclusiones en las guías. A continuación se presenta un ejemplo en este sentido. Se trata de una notoria dificultad comunicativa del niño para plantear la operatividad inversa en la transmisión de movimiento, la que parece comprender. Lo expresado sólo podrían comprenderlo quienes hubieran compartido con él en el mismo momento, en el contexto de la experiencia.

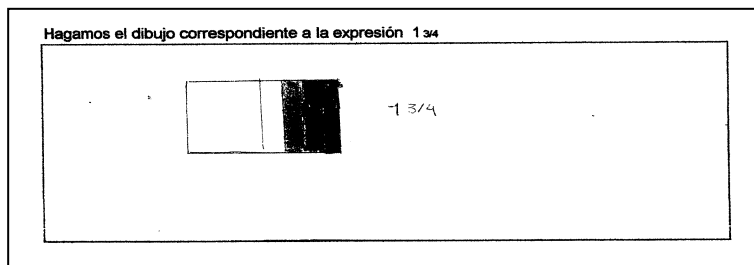


*Alumno Grado 6
 Edad 10 años*

Dificultades de Representación Matemática

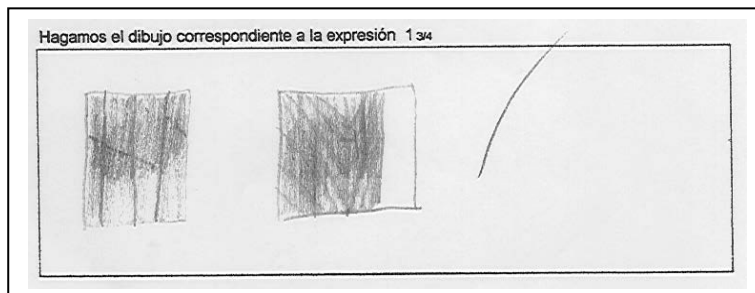
La evaluación de entrada sobre este aspecto se limitó a examinar la capacidad de los alumnos para comprender números fraccionarios, ya que con esta clase de números se representan matemáticamente algunas de las relaciones de transmisión de movimiento que se observan al accionar los operadores mecánicos de poleas y de engranaje de ruedas dentadas. Los alumnos desde el comienzo de la experiencia mostraron poca comprensión y disposición para trabajar este tipo de representación matemática.

Al solicitar a los alumnos la representación de $1\frac{3}{4}$ en general se encuentran soluciones inapropiadas como la que se expone a continuación:



*Alumna Grado 7
 Edad 13 años.*

De las cien carpetas estudiadas, sólo tres alumnos lograron efectuar de manera apropiada la representación $1\frac{3}{4}$ como se muestra a continuación. Es necesario anotar que estos alumnos pertenecen al Instituto Industrial Piloto, en donde los niños deben presentar un exigente examen de admisión para ingresar al grado sexto:



*Alumno Grado 6
 Edad 11 años*

Estas dificultades de representación matemática con números fraccionarios son aún más notorias cuando se intenta representar las relaciones de transmisión de movimiento. En general este punto de las guías no pudo ser abordado con éxito.

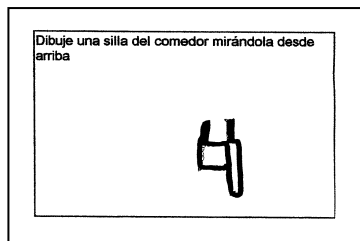
Dificultades de Representación Gráfica

En general, los alumnos se encuentran en el tránsito de independización del observador respecto del objeto, pero no se logra una adecuada representación desde el punto de vista del observador. Por ejemplo:



*Alumno Grado 7
Edad 12 años*

Un aspecto que llamó la atención en esta prueba es que un número considerable de alumnos en el punto en el que se pide: “Dibuje una silla del comedor mirándola desde arriba” dibujaron la silla patas arriba, algo que no podría atribuirse a una errónea interpretación por algún factor de aula, ya que este comportamiento aparece en alumnos de diferentes escuelas. Un ejemplo de este curioso comportamiento se presenta a continuación.



*Alumna Grado 7
Edad 13 años*

RESULTADOS FINALES Y CONCLUSIONES

Antes de comenzar este punto y en vista de las variadas interpretaciones del término competencia en lo que se refiere al currículo escolar, es necesario dejar establecido el sentido con el que se asume en este trabajo. Es indudable que una extensión cualitativa del aprendizaje de los estudiantes acerca de un concepto o principio es configurar la posibilidad de que este conocimiento pueda ser aprovechado por el estudiante en situaciones y contextos diferentes.¹⁸ Más aún, si se considera que aprovechamiento de conocimientos en contextos diferentes al de aprendizaje plantea situaciones que por lo general son de carácter problemático, entonces lo que aquí se requiere es un desempeño especial. Se trata de asumir el aprendizaje fundamentalmente como una posibilidad constructiva y creativa, en sentido práctico y teórico.

¹⁸ Ver LEGENDRE-BERGERON, M. "Una Concepción Dinámica de la Inteligencia" Op. Cit.

Como ya se ha mencionado, las dificultades analizadas en el apartado anterior obligaron a un replanteamiento de los logros de aprendizaje, los cuales quedaron finalmente de la siguiente manera:

TABLA 1 - LOGROS DE APRENDIZAJE EN TECNOLOGÍA
Grados 5°, 6° y 7° ; Edades 10 a 14 años

<p>Grado 5° Edades 9 - 13</p>	<p>Prototipo: Vagón de los Animales <u>Comprensión del Principio Operativo</u> del mecanismo biela - pistón. Sin representación matemática. En lo concreto funcional. <u>Competencia de Solución de problemas</u> Subnivel 1: En el mismo contexto. Cambio en el mecanismo para que los animales suban más. Subnivel 2: En otro contexto. Lograr aprovechar el conocimiento acerca del mecanismo para que un muñeco pedalee.</p>
<p>Grados 6° y 7° Edades 10 - 14</p>	<p>Prototipos: Parque de Diversiones / Monos Juguetones <u>Comprensión del Principio Operativo</u>, se limitó al mecanismo de polea - correa.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En lo concreto, referido al contexto del juguete. • En lo abstracto, como un principio universal de transmisión de movimiento. <p><u>Comprensión del Sistema Técnico</u>, solamente en el mecanismo polea - correa de la rueda de Chicago del Parque de Diversiones y de uno de los Monos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En lo funcional, indica la función de cada componente del mecanismo en el contexto del juguete. • En lo Categorical, ubica cada componente en una categoría general dentro del sistema (fuente de energía, motor, etc.) <p><u>Competencia de Solución de problemas</u> Subnivel 1: Problema estructurado, contexto restringido. Se resuelve aplicando directamente conocimiento de principio operativo. Caso: Situar aspas de un ventilador. Subnivel 2: Problema débilmente estructurado, varias opciones de solución, contexto diferente. Para solución además de conocimiento de principio operativo se requiere de estrategia. Se sugieren los pasos de una estrategia. Caso: Contador para el juego de "las escondidas"</p>

Para cuantificar los resultados del trabajo de los estudiantes, se estableció una escala para cada ítem de las evaluaciones, así: No intenta = 0; Intenta sin éxito 0 1; Intenta con éxito = 2. En el diseño original de la investigación se propuso establecer correlaciones entre las distintas actividades que desarrollaron los estudiantes, pero la dispersión de los datos fue tan amplia que hizo preveer la inutilidad de este intento, como efectivamente se pudo establecer en ensayos preliminares, por lo que se abandonó tal idea. Adicionalmente, los datos de los grupos 5os presentan una mayor dispersión que los otros grupos. El análisis cuantitativo se centró, entonces, en los promedios alcanzados por los estudiantes de los grados 6° y 7° en las diferentes evaluaciones.

Es posible que esa gran dispersión se deba a que el término de ocho meses, tiempo que duró el desarrollo del AA, sea todavía breve para causar un impacto más diferenciado en los estudiantes, respecto de la situación inicial de éstos.

La interpretación cualitativa de los resultados se efectuará desde las diferentes variables del contexto de investigación, a saber, la calidad del ambiente de aprendizaje, los alumnos y los

docentes. Se comenzará con la exposición de los resultados en términos de adquisición de logro por los estudiantes.

Evaluación de los Niveles de Logro de los Estudiantes

En lo que se refiere a los alumnos, las preguntas que este trabajo debe responder son: En el AA propuesto ¿es factible el aprendizaje de los principios operativos propuestos en los grados y edades elegidos? Y, en caso de que se suceda ese aprendizaje, ¿en los grados y edades propuestos, los alumnos pueden aprovechar ese conocimiento para resolver problemas?

Adquisición de los Logros de Orden Conceptual

En lo que se refiere a la primera pregunta hay que señalar que la comprensión de los principios operativos como principios universales implica desarrollo de pensamiento abstracto en los estudiantes. De acuerdo con los hallazgos de la psicología cognitiva, con una amplia base experimental, para el rango de edades de los estudiantes participantes en la experiencia, entre los 10 y los 14 años, los alumnos deberían estar en condiciones de asumir el tipo de conceptualizaciones como las que se plantearon en los objetivos de logro. Lo anterior constituye uno de los presupuestos de la estructura curricular que antecede a este proyecto e igualmente, un supuesto de este trabajo de investigación.

Las dificultades de orden cognitivo mostradas por la gran mayoría de los alumnos desde el comienzo del desarrollo de la experiencia en el Ambiente de Aprendizaje, así como los vacíos en conocimientos básicos y capacidades de representación, fue una circunstancia que motivó la preocupación acerca de la calidad de la educación y de la pérdida de oportunidad de niños y jóvenes para lograr un adecuado desarrollo intelectual. Ésto, porque ninguna razón con peso científico puede argüirse para sustentar que los niños y jóvenes que integraron el grupo de la experiencia¹⁹ no posean la facultad genética para desarrollar su capacidad intelectual en los niveles en que pueden hacerlo niños y jóvenes de otras latitudes, que han sido sujetos de estudios experimentales de psicología cognitiva.

Un hecho a favor de este planteamiento lo constituye el que los alumnos del Instituto Técnico Industrial Piloto (ITIP), como lo mostraron desde el comienzo de las evaluaciones de entrada, poseen un nivel de desempeño intelectual superior al promedio encontrado en el resto de alumnos de la experiencia. Estos alumnos alcanzaron el promedio superior en la capacidad de comprender el principio operativo como una abstracción universal, además de su capacidad para manejar las categorías abstractas del sistema técnico. Del mismo nivel socioeconómico que los otros grupos de la experiencia, lo único que distingue a los estudiantes del ITIP es que han debido pasar un exigente examen de selección para ingresar a la secundaria en el Instituto, lo que sólo puede ser alcanzado por niños que debido a diferentes circunstancias han tenido mejores oportunidades de desarrollo intelectual.

Adicionalmente, como puede observarse también en la Tabla 2, consistentemente los estudiantes de todos los grupos de la experiencia tuvieron mayores dificultades con los

¹⁹ En cierta forma, el grupo de estudiantes que participó en la experiencia es representativo de los alumnos de las instituciones públicas del Distrito Capital.

logros conceptuales de carácter más abstracto (es decir, los ya mencionados referentes a comprender el principio operativo como una abstracción generalizante y a comprender las categorías abstractas del sistema técnico).

TABLA 2. - PROMEDIOS DE ADQUISICIÓN DE LOGROS CONCEPTUALES POR GRUPO
Escala 0 - 1

	EDAD	Razonamiento Mecánico	Logro conceptual:	Principio Operativo	Logro conceptual:	Sistema Técnico
			Como secuencia causa-efecto	Como Implicación entre acciones	Funcional	Categorial
PROMEDIO TOTAL	12,14	0,68	0,69	0,54	0,72	0,58
desvest	0,90	0,22	1,09	0,90	0,23	0,20

Es claro que los alumnos tienen la capacidad de obtener logros conceptuales y que esa posibilidad es mayor con logros conceptuales referidos a situaciones concretas. Sin embargo, es notorio que aunque el promedio total en razonamiento mecánico está en 68%, lo que implicaría que los estudiantes de la experiencia poseen una capacidad de pensamiento formal aceptable, el promedio de logro en los aspectos conceptuales más abstractos apenas si sobrepasa el 50%.

Un hecho que descarta que esa dificultad sea atribuible a razones de edad es que las dificultades para conceptualizar se evidenciaron tanto en los alumnos de 5° y 6°, entre los 9 y los 12 años, lo mismo que en alumnos de 6° y 7° con edades entre los 13 y los 15 años. ¿Qué está sucediendo? ¿Qué circunstancias están motivando algo que no puede denominarse de otra manera sino como un "rezago intelectual" de niños y jóvenes de Bogotá? Esta situación de deterioro de la calidad de la educación, que ya han revelado diferentes evaluaciones, reclama un examen urgente acerca de los diferentes aspectos que pueden estarla configurando.

La evaluación del desarrollo y del desempeño intelectual de los estudiantes, con criterios de racionalidad, es enfrentada hoy por algunos sectores del medio educativo. Esto resulta extraño si se considera que el sentido y razón de ser de la **escuela** es precisamente asumir la socialización de niños y jóvenes en la racionalidad, algo que no corresponde a otros medios de socialización como la familia y espacios para lo axiológico, lo narrativo y lo lúdico.

Luego del desarrollo del segundo momento del Ambiente, esto es, el taller de construcción de juguetes, el promedio de logro de conceptualización del principio operativo alcanzó el 65%. No obstante, este resultado hay que matizarlo. La comprensión del principio operativo en la mayoría de los alumnos se logró en lo concreto del mecanismo como una secuencia causa – efecto de movimiento, más que como una abstracción.

Los resultados encontrados en este punto se muestran coherentes con la teoría piagetiana, en el sentido de que los estudiantes que logran la conceptualización, necesariamente han debido lograr antes la descripción secuencial causa - efecto. Como cabe esperar, esta correlación no se presenta en sentido inverso. Por ejemplo, todos los estudiantes del ITIP, que alcanzaron el logro de conceptualización también describieron con gran solvencia las

relaciones causa - efecto. Por otro lado, otros dos grupos, que alcanzaron el logro de la descripción causa – efecto, comparable con los estudiantes del ITIP, muestran niveles apreciablemente menores en la conceptualización.

En lo que se refiere al enfoque sistémico, la mayoría de los alumnos puede señalar el rol que desempeña cada componente del mecanismo en el concreto del juguete. Ubicar la funcionalidad de cada componente como una categoría necesaria y universal de las máquinas y no solo del juguete, plantea una exigencia considerablemente mayor, como se evidencia en los correspondientes promedios totales de la Tabla 2. (Respectivamente 72% para lo funcional concreto y 58% para la asociación a una categoría de sistema técnico).

Adquisición de Logros de Competencia para Solucionar Problemas

En lo que corresponde a la competencia para solucionar problemas, este logro hay que examinarlo teniendo en cuenta los dos subniveles que se introdujeron luego del replanteamiento del proyecto, según lo expuestos en la Tabla 1.

En la Tabla 3, que se presenta a continuación, se resumen los promedios encontrados.

TABLA 3. - PROMEDIOS DE ADQUISICIÓN DE LOGRO DE COMPETENCIA DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS POR GRUPO

	EDAD	Solución Problema Estructurado Subnivel 1	Capacidad de solución de problema débilmente estructurado				Puntaje final Subnivel 2
			Usa conocimiento	Propone magnitudes	Ensayo valores	Explica resultado	
PROMEDIO TOTAL	12,14	0,83	0,70	0,59	0,64	0,60	0,63
DESV	0,90	0,40	0,57	0,59	0,53	0,64	1,82

El primer subnivel no revistió mayor grado de dificultad para los estudiantes de 6° y 7°, quienes alcanzaron un promedio alto de 83% en la solución del problema, como puede verse en la Tabla anterior. Para los alumnos que comprendieron el principio de transmisión de movimiento del mecanismo polea - correa, la solución implicaba trasladar este conocimiento a un mecanismo parecido y organizarlo de una determinada manera para que cumpliera el propósito, y luego presentar la solución en forma gráfica.

Las previsiones de logro para el subnivel 2, de problema menos estructurado, particularmente luego del replanteamiento, eran más bajas de lo que finalmente lograron los estudiantes. Como se aprecia en la Tabla 3, el promedio de logro alcanzado (63%), aunque 20 puntos por debajo del promedio para el subnivel 1, resulta ser interesante.

El reto cognitivo que plantea la solución de problemas del tipo de este último subnivel es una experiencia completamente nueva en el medio escolar. El tipo de problema con el que se relaciona habitualmente a los alumnos se orienta a encontrar un dato a partir de otros datos suministrados en la formulación y por medio de un algoritmo previamente conocido. En el caso de problemas débil o medianamente estructurados el alumno se enfrenta, además de aplicar conocimiento, a comprender un contexto más o menos complejo en el que debe configurar mentalmente tanto el espacio de problema como la solución. La solución, de

acuerdo con la complejidad del contexto, requiere descomponer el problema y plantear entre varias opciones posibles una propuesta de solución que incluye datos que no han sido suministrados previamente.

Tanto el principio operativo del mecanismo como la representación matemática constituían dos aspectos trabajados reiteradamente en las actividades de aprendizaje y en el taller de construcción del juguete y su respectiva cartilla. No obstante, la posibilidad de proponer una solución adecuada no depende únicamente de la comprensión del principio operativo y de la competencia matemática para plantear las relaciones que éste implica. El caso de los alumnos del ITIP es bien ilustrativo. A pesar de sus altos promedios en los logros conceptuales y en el primer subnivel de solución de problemas, su nivel de logro en este caso está por debajo del promedio²⁰. ¿Qué media entre poseer conocimientos y lograr plantear una solución adecuada a problemas débilmente estructurados?

Como ya se anotó, la respuesta a este interrogante está pendiente y muchas investigaciones se adelantan en el momento para encontrarla, un interés que comparte el equipo de investigación que adelantó el presente estudio. Una hipótesis planteada a este respecto se refiere a condiciones cognitivas asociadas a capacidades representacionales matemáticas, gráficas y comunicativa. Sin embargo, este estudio no proporcionó alguna contribución en este sentido, ya que un intento por establecer correlaciones entre estos aspectos y la capacidad de solución de problemas fue infructuoso, dada la gran dispersión de datos, como ya se dijo antes.

En los problemas planteados a los alumnos de grado 5° también se presentan dos niveles. En este caso el primer subnivel tiene que ver con trabajar en un contexto conocido pero abstracto; y el segundo subnivel ubica a los estudiantes en un contexto abstracto y desconocido hasta entonces. En ambos casos el nivel de logro de los alumnos fue bajo. Entre aproximadamente 90 niños, sólo diez pudieron acercarse a plantear una solución adecuada. De estos diez, apenas dos lograron una solución para el segundo nivel de problema. Es necesario anotar que los alumnos de grado 5° que participaron en la experiencia pertenecen a las localidades de Engativá y Usme, con los más bajos promedios en las evaluaciones de competencias de lenguaje y matemáticas realizadas por la SED, cuyos resultados publicados ya fueron citados.

Otros Logros de los Estudiantes Asociados a los Logros Objetivo

Los docentes participantes reportaron reiteradamente un alto nivel de motivación de los estudiantes durante los casi ocho meses de la experiencia.

Además de un mejoramiento en capacidades representacionales gráficas y matemáticas y conocimientos de geometría, como muestra el análisis cuantitativo, los alumnos en general

²⁰ Es ilustrativo más no significativo. Curiosamente, todos los alumnos partieron para su solución de medir en el dibujo de la guía los diámetros de las poleas, aunque este dibujo no está presentado a escala. De esta manera, las magnitudes con que comenzaron están en contraposición con lo planteado en el problema de que una polea **debe ser** mucho más pequeña que la otra, por lo que los niños literalmente comenzaron mal y se perdieron en los pasos de la estrategia. ¿Impacto negativo de algún docente? O ¿alumnos acostumbrados a ceñirse sólo a lo que está en el papel?

mejoraron en capacidad comunicativa, algo que pudo concluirse de un examen de lo consignado textualmente en los diferentes trabajos conservados en las carpetas.

Los docentes presentaron diferentes testimonios acerca de logros relativos a responsabilidad, disciplina para el trabajo y respeto por los materiales de los compañeros, aspecto este último que planteó problemas al comienzo de la actividad de taller de construcción. Igualmente destacaron, no obstante el trabajo individual exigido, la colaboración y solidaridad en el grupo.

De lo anterior podríamos colegir la necesidad de que la actividad académica escolar se desarrollara en Ambientes de Aprendizaje cuidadosamente estructurados como producto de trabajos de investigación en los postgrados de Educación. De esta forma la actividad de aula dejaría de ser resultado de la improvisación, sin metas claras en lo que se refiere al aprendizaje y el desarrollo intelectual de los estudiantes, que en la mayoría de los casos no suscita en éstos un interés por el conocimiento.

El Papel de los Docentes

El análisis cuantitativo de los resultados de la experiencia mostró diferencias en los promedios de obtención de logros en los diferentes grupos de alumnos. Un análisis más detallado de las desviaciones estándar por grupo, como el que se presenta en la Tabla 4, muestra una cierta correspondencia entre una baja desviación estándar y un alto nivel de logro en la solución de problemas del subnivel 2.

TABLA 4 - COMPARACIÓN DESVIACIÓN ESTÁNDAR v.s. PROMEDIO POR GRUPO

GRUPO	Desviación Est. como % Prom.		Puntaje final en Solución Problema (Subnivel 2)
	Actividades sin Solución de Problemas	Solución Problema débilmente estructurado (Subnivel 2)	
G (grado 7o)	35,77	27,02	0,75
Z (grado 7o)	36,33	54,23	0,58
E (grado 7o)	55,46	40,32	0,60
J (grado 6o)	60,26	53,18	0,43
L (ITIP, gr. 6o)	19,57	31,64	0,56
T (grado 6o)	28,68	26,22	0,74

Significativamente, este comportamiento de las desviaciones estándar coincide con la constatación de que las docentes cuyos estudiantes obtuvieron el mayor promedio en la solución del problema de subnivel 2 y la menor desviación estándar en esta actividad, fueron a la vez las más ordenadas con la información de sus alumnos, así como las más insistentes en fomentar en sus estudiantes la autoexigencia y el prestar atención a la lógica de lo que estaban trabajando.

Este resultado parece sugerir que mientras los logros de conocimiento de los estudiantes serían más impactados por características institucionales (algo que estaría corroborado por

el resultado del ITIP, con la desviación más baja en las otras actividades), el aprendizaje de la capacidad práctica estratégica es mucho más sensible a las características individuales del docente. Esto arrojaría algunas pistas para determinar aspectos críticos en el aprendizaje de esta capacidad clave para el desarrollo de la capacidad de diseño, que serán perfilados en nuevos proyectos de investigación. No obstante, este resultado está en concordancia con ese antiguo ideal de maestro como el que sabe guiar mediante la pregunta adecuada.

Aunque no se cuenta con más datos a favor de atribuir tales diferencias al desempeño de los docentes, podrían plantearse en cambio algunos aspectos que interferirían con un mejor aprovechamiento de los recursos del AA:

- Poco dominio de los conocimientos de tecnología involucrados en los logros. Algo explicable si se tiene en cuenta que los docentes con formación para el Área son escasos en el Distrito Capital y en el país. Además, por la experiencia acumulada en los diferentes cursos de formación de docentes, se prefirió en el momento de la elección para esta investigación el criterio de responsabilidad, disposición de estudio y compromiso de los docentes, antes que el criterio único de su formación técnica. Los casos en que se conjugaron ambos requisitos fueron excepcionales.
- El alto nivel de exigencia que plantea para el desempeño del docente un AA claramente direccionado hacia logros de aprendizaje. Resulta paradójico que aunque el diseño del AA proporciona todas las guías y pruebas de evaluación de los alumnos, a diferencia de otras actividades de aula que el docente mismo debe proponer, en esta experiencia el trabajo de los docentes fue excepcionalmente esforzado.
- La exigente carga académica en número de horas y el número de alumnos asignados a cada docente, podrían explicar la poca familiarización de muchos de ellos con la planeación y organización sistemática de las evaluaciones y trabajos de sus alumnos. En el caso de esta experiencia se observa una correspondencia entre promedio de logro y organización de la información sobre los alumnos, algo que puede relacionarse con nivel de compromiso y conciencia acerca del proceso.

Esta experiencia de investigación ha destacado y puesto de presente el importante rol social que compete al docente, en un momento en el que se trata de asignar otros roles al docente, muchos de los cuales corresponderían más apropiadamente a la familia. Aun en el caso en que se preparen Ambientes de Aprendizaje de manera consciente hacia logros de aprendizaje, algo que debería generalizarse, destacaría lo fundamental del rol de los docentes. El diseño cuidadoso de un AA representa sólo una parte del asunto, ya que un complemento esencial lo constituye la interacción cualificada del docente con sus alumnos.

La Calidad del Ambiente de Aprendizaje

Desde un comienzo resultó claro para el equipo de investigación que las actividades del AA eran desequilibradoras en el sentido piagetiano. Por un lado, fueron lo suficientemente motivadoras como para que los alumnos intentaran desarrollarlas, y por el otro, les plantearon retos con los que al parecer estaban poco familiarizados. Pero, además ¿cumplirían con la otra condición de permitir la equilibración en un nuevo nivel cognitivo?

En una primera aproximación a responder este interrogante, era evidente que los docentes jugaban un papel decisivo en el desarrollo del Ambiente de Aprendizaje, por lo que el equipo seleccionó muy cuidadosamente los docentes participantes, como ya se dijo dando prioridad al grado de compromiso sobre el nivel de conocimientos. Así, los docentes

participantes fueron los primeros en enfrentarse a las diversas actividades que conforman el AA, con el doble objetivo de refinar algunos aspectos de forma y presentación, como de que los docentes conocieran muy a fondo los materiales, las guías, las secuencias y los métodos de intervención esperados. En la etapa de trabajo con los estudiantes, el equipo de investigación estuvo atento a prestar asesoría a los docentes participantes en las dudas que sobre contenidos o formas de intervención pudieran presentarse.

Los resultados de logro discutidos en los primeros apartados de este capítulo apuntan en la dirección de que efectivamente la propuesta constituye un Ambiente de Aprendizaje. No sólo se tensionaron aspectos relacionados con los logros objetivo (del área de Tecnología), sino que también se reportaron, como ya se anotó, logros asociados a otras áreas de conocimiento y en aspectos actitudinales. Esto último es contrario a lo que cabría esperar, ya que un ambiente altamente motivante en un área específica genera el riesgo de que los estudiantes abandonen aquellas otras áreas que no les atraen. Podemos pensar que el AA fue motivante no sólo sobre aspectos de la tecnología, sino que también puso en contexto y dio sentido a aprendizajes de otras áreas, particularmente las matemáticas y el lenguaje, lo mismo que despertó en los niños y niñas participantes la idea de que aprender puede ser interesante.

Uno de los aspectos que definitivamente contribuyó a este resultado fue el énfasis en el carácter individual del reto. Cada estudiante debía enfrentarse por sí mismo a los diversos problemas del AA, desde responder las guías hasta armar su propio juguete (que sería propio en caso de que funcionara correctamente). Este énfasis en la responsabilidad individual confirió un sentido de pertenencia a cada alumno pero también, contrariamente a lo que algunos podrían suponer, despertó una gran solidaridad intragrupal.

Como se mencionó también ya, el AA propuso a los estudiantes actividades poco comunes en el medio escolar, como la solución de problemas en diversos grados de estructuración. Este trabajo parece tener una estrecha relación con el fortalecimiento de la capacidad propositiva de los estudiantes, a la vez que es abordado por ellos con gusto. La construcción de un juguete también brindó al estudiante la oportunidad de probar, con un reto alcanzable en un tiempo razonable, de qué es capaz, no contrastando con la mayor o menor subjetividad del maestro, sino contra lo objetivo del logro. Esta actividad, particularmente, parece tener un alto impacto en la autoestima de cada uno de los niños.

En resumen, los presupuestos de diseño del AA parecen estar validados, aunque se requieren ciertos refinamientos. El primero de ellos es que las evaluaciones deben presentarse como otras actividades de aprendizaje, antes que como exámenes o evaluaciones. Algunos estudiantes, incluso una docente, mostraron inquietud e impaciencia ante la extensión del número de evaluaciones finales y la repetición de evaluaciones anteriores, debido al carácter de investigación de esta implementación del AA. Esto puede subsanarse con una cuidadosa integración de las actividades de evaluación como parte de las demás que conforman el AA.

El otro aspecto, que requiere de mayor rediseño, es que las actividades de aprendizaje deberán prestar una mayor atención al fomento de las capacidades representacionales de los alumnos, particularmente en lo referente a poder representar situaciones mediante la geometría descriptiva y las matemáticas.

REFERENCIAS

ANDRADE, E., y LOTERO BOTERO, A. *Una Propuesta Curricular para el Área de Tecnología e Informática de la Educación Básica.* Revista Educación en Tecnología, No 3, Bogotá, 1998.

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

HUMPREY, N. *Una Historia de la Mente. La evolución y el nacimiento de la Conciencia.* Gedisa, Barcelona, 1995

LAYON, D. *Technology's Challenge to Science Education.* Oxford University Press, 1994.

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 BOTERO, A.; ANDRADE, Edgar. Fundamentos Epistemológicos y Pedagógicos de la Tecnología. En preparación.

LOTERO BOTERO, Amparo. *La Ciencia y la Tecnología en el Debate sobre la Modernidad.* Memorias Primer Congreso Colombiano y Primero Latinoamericano de Educación en Tecnología. Bogotá, 1997.

LOTERO BOTERO, Amparo. *Science and Technology in the Debate about Modernity.* Book of Abstracts Jerusalem International Conference on S&T Education JISTEC '96. Jerusalén, 1996.

PIAGET, J. *La Toma de Conciencia.* Ediciones Morata, S.A., Madrid, 1985.

PIAGET, J. Las Formas Elementales de la Dialéctica. Editorial Gedisa, S.A., Barcelona, 1996.

PIAGET, Jean; GARCÍA, Rolando. Psicogénesis e Historia de las Ciencias. Siglo XXI Editores, México, Tercera Edición, 1982.

Secretaría de Educación del Distrito Capital. *Evaluación de competencias Básicas en Lenguaje y Matemáticas. Primera aplicación, octubre – noviembre de 1998. Resultados, Febrero de 1999*

VYGOTSKI, L. El Desarrollo de los Procesos Sicológicos Superiores. (1934) Crítica, Barcelona, 1996.