

371.334
MIS

000174

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA
CENTRO DE INFORMÁTICA

Calle 73 No. 11-95
Oficina B-218
SANTAFE DE BOGOTA D.C. COLOMBIA

Conmutador 3 471190
Ext. 237-240

22 de diciembre de 1998

Doctora
Clemencia Chiappe
Directora IDEP
Presente

Apreciada doctora:

Con la presente hacemos entrega del informe final del Proyecto "Razonamiento Espacial para el desarrollo de la capacidad de diseño apoyado por computador" según lo previsto en el contrato 128 del 26 de diciembre de 1977- 135 Universidad Pedagógica Nacional . Como resultado anexamos el informe escrito y 1 CD que contiene los 9 módulos de software programas en la plataforma Asymetrix Multimedia Toolbook 4.0 bajo la plataforma Windows , pantalla SVGA, color verdadero, capacidad 133 MHTZ memoria ram 32 MB :

- 1. Líneas en equilibrio ✓
- 2. Líneas al azar ✓
- 3. Agujeros en equilibrio ✓
- 4. Agujeros al azar ✓
- 5. Rompecabezas de Arnheim ✓
- 6. Rompecabezas de Vassarely ✓

Oscar Hermon Fonseca Domínguez
 Jaime Ibañez Ibañez
 David Maaco Mora
 Nerey Ortega del castillo
 Addy Pino Santiago
 Martha Zubio salas
 Luis Bayardo Sanabria Rodríguez
 Director:
 Luis Faundo Maldonado Granados.

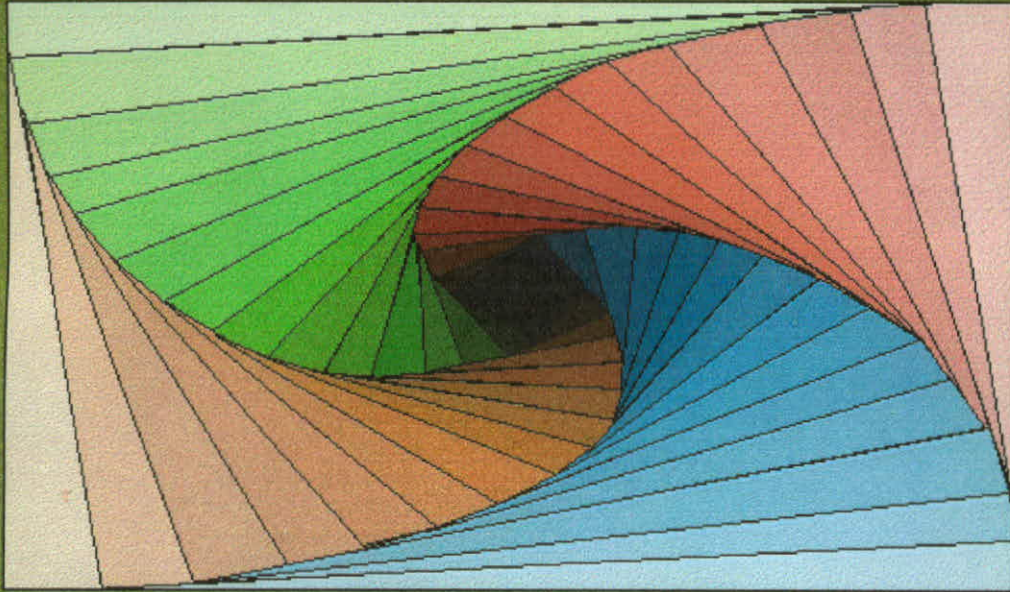
0 0 3 6 9 8



Dis 23 11 01 4. 95

INSTITUTO PARA LA
INVESTIGACION EDUCATIVA
Y EL DESARROLLO PEDAGOGICO

RAZONAMIENTO ESPACIAL Y DISEÑO




7. Posición y dirección
8. Laboratorio de Color
9. Orugas y Mecanismos

Productos contemplados en el contrato de referencia.

Quedamos a la espera de observaciones para los ajustes necesarios.

Atentamente,



Luis Facundo Maldonado Granados
Director del Proyecto

Anexo: Informe escrito y 3 CDS



DIRECTOR

Luis Facundo Maldonado Granados, Ph.D.

EQUIPO DE INVESTIGACION

Oscar Hernán Fonseca Ramírez

Jaime Ibañez Ibañez

David Macias Mora

Nerey Ortega del Castillo

Addy Pino Santiago

Martha Rubio Salas

Luis Bayardo Sanabria Rodríguez



IDEP



Santafé de Bogotá, 1998



INTRODUCCION

Este documento constituye el informe final del Proyecto de Investigación titulado "**Razonamiento Espacial y Aprendizaje del Diseño**" desarrollado mediante contrato 128 de 1997 entre IDEP y la Universidad Pedagógica Nacional.

El informe se compone dos partes: La primera está constituida por el informe escrito y la segunda por un programa de computador.

El Documento consta de los siguientes capítulos:

Antecedentes de investigación: Presenta una síntesis de investigaciones relevantes sobre el tema de la autonomía en el aprendizaje. La información se estructura teniendo en cuenta la evolución que ha tenido este cuerpo de investigaciones, mostrando el desarrollo de modelos de investigación con capacidad explicativa creciente. Esta parte centra su interés en los aportes conceptuales, los modelos teóricos y los desarrollos sobre una teoría de la medición de la metacognición.

Dominio de conocimiento de la Investigación. Caracteriza los problemas seleccionados para el desarrollo del ambiente experimental. En esta parte se hace una presentación del dominio de conocimiento relacionado con el diseño, como un conjunto muy específico cuyo proceso de solución es objeto de estudio en esta investigación.

Metodología: En este capítulo se hace una especificación detallada del entorno computacional de la investigación y de los procedimientos experimentales desarrollados para validar las hipótesis

Análisis de resultados Presenta los resultados de la investigación en dos partes. La primera es un análisis cuantitativo utilizando el modelo de Análisis de Varianza y la segunda un análisis cualitativo de los protocolos de solución de problemas de un subconjunto de sujetos y muestra los procesos a nivel de granularidad fina en la concepción de solución de problemas como transición de estados y está apoyado por programas de computador que son capaces de simular los sujetos experimentales.

Conclusiones. Se realiza una discusión de los resultados a la luz de la teoría y los conteja con investigaciones previas. y hace proyecciones para futuros

trabajos.

Referencias Bibliográficas. Finalmente se presentan las referencias bibliográficas y el soporte documental de esta investigación.

El Software - se entrega en CD ROM - se compone de nueve módulos integrados a través de un programa que los administra mediante un menú de acceso.

Los nueve módulos están constituidos por juegos configurados en cuatro modalidades, según la combinación de las dos variables experimentales: sin activadores de juicios de metamemoria y sin sugerencia de estrategias; sin activadores de juicios de metamemoria y con sugerencia de estrategias; con activadores de juicios de metamemoria y sin sugerencia de estrategias; con activadores de juicios de metamemoria y con sugerencia de estrategias.

El trabajo tiene un componente de revisión de antecedentes y búsqueda de modelos teóricos para interpretar los procesos que son objeto de la investigación; un segundo componente está constituido por la representación en computador de un dominio específico de conocimiento; un componente de experimentación; un componente computacional para el procesamiento de información y una parte de integración comprensiva de análisis de resultados.

Cuáles son sus alcances y limitaciones?

El informe que se presenta constituye una primera versión que será ajustada de manera inmediata. La riqueza y variedad de la información obtenida obliga al equipo a una mayor profundización en aras de optimizar la calidad de los resultados para contribuir de la manera más efectiva al desarrollo de los procesos curriculares y los de investigación en las áreas tecnológicas y en especial al diseño de procedimientos para el desarrollo de la metacognición como componente de la inteligencia de los educandos.

Con este trabajo esperamos haber contribuido al desarrollo del pensamiento abstracto en los jóvenes bachilleres de nuestro país, según la intención de la convocatoria que nos llevó a ser acreedores de la ejecución de este proyecto.

Los investigadores quedan a la espera del concepto de los interventores para hacer la edición y publicación del informe, según los compromisos adquiridos.

Los investigadores agradecen tanto al IDEP como a la Universidad Pedagógica Nacional su patrocinio y cooperación para la realización de este trabajo. Esperamos que a partir de esta entrega se inicie el proceso de publicación y el cierre de proyecto quede finiquitado.

CAPITULO I

METACOGNICIÓN Y APRENDIZAJE

1.- LA IMPORTANCIA DEL APRENDIZAJE AUTÓNOMO EN LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO

La perspectiva del aprendizaje autónomo está vigente en los ideales educativos del presente siglo y se vuelve más importante en la medida en que se consolidan la Era de la Información y la Sociedad del Conocimiento.

La Era de la Información se caracteriza por la regulación de procesos sociales, políticos y económicos con base en información y por el desarrollo consecuente de infraestructuras tecnológicas avanzadas para su manejo. El fenómeno más prominente es el incremento del cambio en paralelo con la producción masiva de datos que se divulgan a través de los medios de comunicación de masas y de redes electrónicas. Una visión de los hechos más relevantes de este proceso se muestra en el anexo 1.

En la dinámica de los sistemas sociales, existe el siguiente ciclo de realimentación positiva: a mayor cambio, mayor información y viceversa, que unido al avanzado desarrollo de tecnologías, es responsable de la creciente explosión de datos. El ser humano muestra una buena capacidad para organizar información en categorías y hacer generalizaciones y poca capacidad para manejar datos de bajo nivel que típicamente sobrecargan su memoria, razón por la cual se presenta una nueva dificultad: la de procesar las grandes cantidades de información que se generan.

El fenómeno no tendría importancia si el ser humano no tuviera que decidir con base en información y hacerlo en un mundo que se mueve entre la colaboración y la competencia.

Los datos hacen una representación de lo particular en el tiempo y en el espacio. Las decisiones se toman sobre categorías de eventos que se sucederán en tiempos y espacios diferentes. Este hecho hace que el decisor tenga que elaborar generalizaciones a partir de los datos, encontrando en ellos estructuras y regularidades comunes para proyectarse en una previsión de sucesos futuros. A estas regularidades y estructuras se les denomina conocimiento.

La posibilidad de decidir está condicionada por la capacidad de desarrollar conocimiento a partir de los datos y, como la producción de éstos evoluciona permanentemente, también la producción de conocimiento es objeto de cambios continuados tanto a nivel cualitativo como cuantitativo. En estas condiciones, se

valida la afirmación según la cual la información no sólo incluye los datos, sino que genera nuevas formas de pensar, afectando los parámetros que la gente toma como base para hacer juicios y tomar decisiones en la vida diaria (Scheffler, 1986).

La relevancia del fenómeno que se acaba de presentar da pie para caracterizar la Sociedad del Conocimiento con base en dos indicadores: el desempeño de actividades repetitivas por agentes artificiales y la incorporación de niveles crecientes de conocimiento a los puestos de trabajo.

Los agentes artificiales son manifestaciones de las tecnologías de la información en su esfuerzo por simular a los agentes naturales y asumen dos versiones: los programas de agente y los robots. Los primeros reciben como entrada datos y dan como salida un dato transformado que es útil para otro proceso; los segundos son capaces de procesar información y desarrollar trabajo. Un robot normalmente incorpora un programa de agente. Ejemplos de los primeros son los cajeros automáticos, los procesadores de texto, los asistentes de procesos administrativos; de los segundos, los robots móviles utilizados en las fábricas de carros, en el mantenimiento de aviones y en la carga de vehículos

El indicador de incorporación de conocimiento a los puestos de trabajo tiene una manifestación organizacional y otra individual.

En lo individual aparece la necesidad de incorporar cada vez mayores niveles de conocimiento y habilidades en el desempeño de roles y funciones. En el campo organizacional, para que una institución pueda sobrevivir y crecer requiere incorporar a su dinámica un ritmo de aprendizaje corporativo igual o mayor que el del cambio en su entorno (Garrat, 1990). Resultado de este proceso es el porcentaje creciente de puestos de trabajo que requieren conocimiento especializado (Wiig, 1994)

Frente a la necesidad de conocimiento y a la superproducción de datos se han destacado dos estrategias que tratan de potenciar a los individuos y a las organizaciones para incrementar la generación de conocimiento: la una está constituida por el uso de técnicas de inteligencia artificial para encontrar regularidades y hacer generalizaciones a partir de base de datos (Fayyad, Piatetsky, Smith, 1997) y la otra, al desarrollo de habilidades de aprendizaje autónomo por parte de los individuos. En el capítulo de la metodología se realizará una ampliación de la primera estrategia; en este capítulo nos referiremos a la autonomía en el aprendizaje.

El informe Aprender a Ser (Faure, 1972) y otros ensayos de prospectiva (Toffler, 1970) visualizaron el futuro de la sociedad exitosa con base en el conocimiento y el aprendizaje autónomo. Dos razones son relevantes dentro de esta concepción:

La primera sustenta la necesidad de desarrollar la capacidad creativa e innovadora para adecuarse a las circunstancias cambiantes, lo cual no se logra en condiciones de aprendizaje heterodirigido y la segunda tiene que ver con el costo y velocidad de la actualización requerida en las empresas dinámicas para

mantener niveles de competitividad deseables.

2.- UNA MIRADA EVOLUTIVA SOBRE LA AUTONOMÍA DEL APRENDIZAJE

Para una mejor comprensión del concepto de autonomía en el aprendizaje, nos permitimos esbozar, en forma general, tres momentos que, a nuestro modo de ver, son los más relevantes en su evolución: la teoría del autocontrol, la cual enfatiza la relación de los sujetos con el entorno y las consecuencias del desempeño; el estudio auto dirigido donde aparece como elemento básico el agente decisor sobre los eventos de instrucción; y la metacognición que se basa en la distinción entre un conocimiento objeto y meta-conocimiento.

2.1.- EL APRENDIZAJE AUTÓNOMO EN LA PERSPECTIVA DEL AUTOCONTROL

Los siguientes son los componentes que constituyen la concepción de aprendizaje de esta corriente (Kanfer y Philips 1970):

Aprendizaje como resultado: es una clase de comportamiento observable que se elicitó en un conjunto de condiciones específicas con una probabilidad alta.

Proceso de aprendizaje: es pasar de una probabilidad baja en unas condiciones a una probabilidad alta en las mismas condiciones.

Determinantes del aprendizaje: es generado por una relación funcional entre una ejecución y sus consecuencias sobre la probabilidad siguiente de esa ejecución en las condiciones definidas; las condiciones antecedentes y la consecuencia son los determinantes de la probabilidad.

Autocontrol: se efectúa en la medida en que el sujeto maneja los determinantes de su propio aprendizaje.

Esta aproximación realizó estudios experimentales tendientes a validar su modelo. Una aproximación conocida es la llamada economía de fichas -usando la metáfora del sistema económico-, en la cual las consecuencias están representadas por fichas (especie de moneda) que se pueden obtener en la medida en que se va logrando el aprendizaje. Las condiciones antecedentes están constituidas por el ambiente y los materiales de instrucción. En condición de autocontrol el sistema es manejado por el mismo sujeto que aprende, en tanto que en la de control externo es el maestro o un agente equivalente el que hace de administrador.

En Maldonado y Sequeda (1974) se analiza cómo la estructura de un ambiente de aprendizaje incide en el desarrollo de hábitos, en términos tanto de la duración como en la eficiencia de las sesiones de estudio libre, de niños de cuarto grado de primaria en el área de matemáticas. El espacio físico se dividió en dos salas

una para juegos, descanso y alimentación, otra para estudio. El sujeto podía decidir entre estudiar o estar en el ambiente de descanso. Las actividades en la sala de descanso tenían un valor en fichas, las cuales podía ganar desarrollando ejercicios en la sala de estudio. El sujeto podía establecer sus objetivos tanto a nivel de estudio como de descanso. No se contaba con ningún instructor que le enseñara; el aprendizaje debía obtenerlo por sí mismo de materiales de estudio disponibles. Los resultados muestran una evolución en su capacidad de aprendizaje de un promedio del 51% a un 73% y la duración promedio de las sesiones de estudio pasaron de 17 minutos a 69 minutos.

Otro estudio (Maldonado et al. 1977) comparó condiciones de estudio autodirigido con condiciones de clase, donde el profesor realiza las explicaciones del material de aprendizaje. Los sujetos fueron cuatro grupos de estudiantes de primer semestre en un curso introductorio de psicología del aprendizaje: Un primer grupo tenía instrucción dada por un profesor; el segundo contaba con la misma instrucción y los materiales de estudio; el tercero tenía los materiales de estudio y debía presentar una entrevista con el profesor una vez estudiados los materiales y el cuarto grupo disponía de los materiales, presentaba pruebas y recibía guías para que después de la prueba hallara las respuestas explorando por sí mismo el mismo material. Según los resultados, los materiales de estudio crean diferencias significativas en el aprendizaje; en condiciones de estudio autodirigido el estudiante puede obtener el mismo rendimiento que bajo la dirección de un profesor y finalmente la evaluación de materiales mediante guías después de hacer pruebas generó un progreso más sostenido en relación con los estudiantes de los otros grupos.

Para la escuela del análisis del comportamiento, el tema de autocontrol no fue tendencia dominante, pero logró plantear una metodología consistente para su investigación. Los resultados de estos trabajos tienen el valor de ser replicables y generalizables a diferentes entornos.

El tipo de enfoque epistemológico hizo que se pusiera atención en los eventos externos y, en consecuencia, se centró en el análisis de eventos motivacionales. Su metodología de indagar por los factores motivantes y crear sistemas motivacionales es responsable de su dinámica y de su efectividad. Cuando el estudiante identifica lo que busca y se coloca metas reales y en términos de eventos observables asegura de por sí una ganancia, si en su entorno existen las condiciones de apoyo que hagan posibles sus aspiraciones.

Pero, la misma fuente de su éxito, le creó limitaciones para entender los fenómenos que estudiaba. Sus limitaciones están en el hecho de dejar de lado el estudio de las representaciones mentales de los sujetos cuando realizan actividades de autocontrol.

2.2.- EL ESTUDIO AUTODIRIGIDO

Un aporte reconocido en la superación del modelo estímulo-respuesta en la investigación de la autonomía del aprendizaje surge de la distinción hecha por

Gagné (1977), (Gané y Briggs, 1979) entre eventos internos y externos en el aprendizaje. Los primeros se refieren a procesos que suceden al interior del estudiante y los externos a dimensiones del entorno que sirven de activadores de los eventos internos. Esta aproximación presenta una taxonomía de nueve eventos internos (Atención, expectativa, recuperación de información en memoria de trabajo, percepción selectiva, codificación significativa, recuerdo y respuesta, refuerzo, recuerdo con asociaciones, generalización) que se relacionan con otros tantos eventos externos (ganar atención, informar al sujeto del objetivo del aprendizaje, estimular el recuerdo de aprendizajes previos, presentar estímulos con características diferenciadas, guiar el aprendizaje, elicitar la ejecución, dar feedback informativo, valorar la ejecución, fortalecer la retención y la transferencia del aprendizaje).

Esta relación da una base para definir los procesos de aprender en relación con los procesos de enseñar. Los primeros se definen por la sucesión de eventos de aprendizaje, los segundos, por la sucesión de eventos de instrucción. En este contexto, la instrucción puede entenderse como la disposición de una serie de eventos a través de los cuales el aprendiz logra comunicación con una fuente de información y obtiene como resultado cambios a nivel de sus estructuras conceptuales, valorativas o psicomotrices.

Gagné distingue frente a la instrucción un aprendizaje intencional y otro incidental. El primero se desarrolla mediante instrucción, o sea asociación intencional de eventos de instrucción con eventos de aprendizaje en contraste con el segundo.

Vista en su conjunto, la instrucción implica decisiones. Los patrones de decisión relacionados con el aprendizaje intencional reciben el nombre de estrategias de aprendizaje (Gagné, 1985).

El control de esa serie de eventos puede estar en manos de un agente externo al estudiante (por ejemplo, un instructor o un programa de computador), en manos del mismo estudiante (caso en el cual hablamos de aprendizaje autodirigido), o distribuido entre el estudiante y el agente externo (Gagné, 1984; Briggs, 1968).

Como el control sobre los eventos de instrucción se desarrolla mediante un proceso de decisiones en una sucesión temporal, se entiende el aprendizaje autodirigido como el conjunto de decisiones que el estudiante toma en un proceso específico de instrucción (Wydra, 1980; Azbell, 1988).

La aparición del computador y su incorporación al campo educativo, dio lugar a que se impulsara la tendencia de programas de computador controlados por el estudiante versus programas de computador que controlaban al sujeto.

Atkinson (1972a, 1972b) evaluó tres estrategias en la secuencia instruccional de material. La experiencia se desarrolló con 120 estudiantes en tres condiciones experimentales:

a) aleatoriamente el computador presenta los ítems

b) el estudiante controla la secuencia y selecciona la palabra

c) respuesta sensitiva para que el computador la seleccione usando un modelo matemático.

Los resultados encontrados en la evaluación al final del entrenamiento mostraron que los mayores puntajes se dieron en la primera condición, es decir en orden aleatorio; los siguientes se dieron con la escogencia por parte de los estudiantes y los terceros por el computador. Una semana más tarde, al aplicar una prueba de retención, se presentó un cambio en los puntajes de evaluación así: mayor puntaje en los alumnos que trabajaron con la tercera estrategia - selección por el computador -; luego, aquellos que tomaron la segunda condición de trabajo, - la escogencia por parte del estudiante - y ocuparon el tercer lugar quienes trabajaron con la secuencia al azar.

Las observaciones sistemáticas sobre el aprendizaje de los estudiantes permitieron llegar a la conclusión de que el aprendiz no es un decisor efectivo frente a condiciones de selección de estrategias y que un modelo inteligente permitiría al computador ser un buen asesor en decisiones instruccionales.

Newkirk (1973) encontró que estudiantes que escogían sus propias estrategias recordaban más después de dos semanas que aquellos que habían sido controlados por el computador, resultados que fueron confirmados por Mandinach (1984) quien además encuentra que los estudiantes que se auto-regulan tiene mayor capacidad de discriminar lo relevante de lo irrelevante y mayor capacidad de transferir el conocimiento a tareas nuevas.

Estudios como los de Lahey et al. (1975) y Balson et al. (1984) que comparan condiciones de autocontrol con programas de computador y con clases normales, encuentran que los estudiantes pueden aprender en condiciones de aprendizaje autodirigido tanto como bajo la dirección de un profesor o de un programa de computador y muestran cómo las estrategias de aprendizaje constituyen un factor crítico para su mejoramiento.

Los estudios de Faust (1974), Curtin et al., y Bunderson (1976) muestran índices promedios de deserción altos de los estudiantes bajo condiciones de autocontrol comparados con las condiciones de control externo y en general deficiencia en las estrategias de aprendizaje. En estas condiciones la pregunta por la posibilidad de entrenar en estrategias de aprendizaje surge inmediatamente.

Seidel (1975) encontró en un ambiente donde los estudiantes podían escoger entre las siguientes alternativas instruccionales: *Revisar* -llevar al estudiante al comienzo del tópico que está estudiando- *Recapitular* -mostrar una lista de los tópicos estudiados- *Prueba* -tomar un test- *Tópico* -escoger tema-, que el 70% del aprendizaje se logra la primera vez que se estudia el tema; que los estudiantes más aventajados evalúan mejor su propio nivel de logros y puede decidir sobre la cantidad de estudio adicional requerido para aprender un tema y, finalmente, que los estudiantes de más bajo nivel usan más opciones, pero, con menor resultado.

Esta investigación hace pensar sobre el nivel de conocimientos previos para acceder a estudio autodirigido. La primera hipótesis que aparece es que se requiere un conocimiento mínimo del tema para poder adentrarse a condiciones de autodirección.

Whitlock (1976) encontró que los estudiantes que percibían el tema de estudio como más difícil se involucraban menos en su estudio. Este hallazgo llevaría a pensar que se requeriría un dominio mínimo del tema para poder estudiarlo por cuenta propia. Este trabajo se complementa con Fisher et al. (1975) que muestran que los estudiantes cuando deciden por sí mismos sobre los temas a estudiar muestran mayor compromiso en el desarrollo de su auto instrucción. Por otra parte, Garhart y Hannaffin (1986) encuentran que los estudiantes en condiciones de estudio autodirigido tienen dificultades para valorar su nivel de comprensión durante su proceso de aprendizaje. Gay (1986) y Gay (1985) encuentra que quienes tienen mayor conocimiento de un tema pueden orientar mejor su propio proceso de instrucción.

Tennyson et al. (1980), Tennyson (1981), Johansen y Tennyson (1983) y Goetzel y Hannaffin (1985) estudiaron el efecto de sistemas adaptativos que usan un modelo de estudiante para dar sugerencias sobre: estrategias, secuencia y ritmo de aprendizaje. Encontraron que con estos sistemas los estudiantes lograban niveles de aprendizaje superiores a los obtenidos por sistemas controlados por el computador que con sistemas controlados exclusivamente por los estudiantes, abriendo el campo a la incorporación de métodos de Inteligencia Artificial aplicados al desarrollo de capacidades de estudio autodirigido.

Si bien se reconoce el avance de esta corriente en la identificación de problemas relevantes relacionadas con el estudio autodirigido, su enfoque sigue siendo muy externo a la actividad intelectual de los sujetos. Esta deficiencia es superada a través de los desarrollos sobre metacognición.

2.3- METACOGNICIÓN

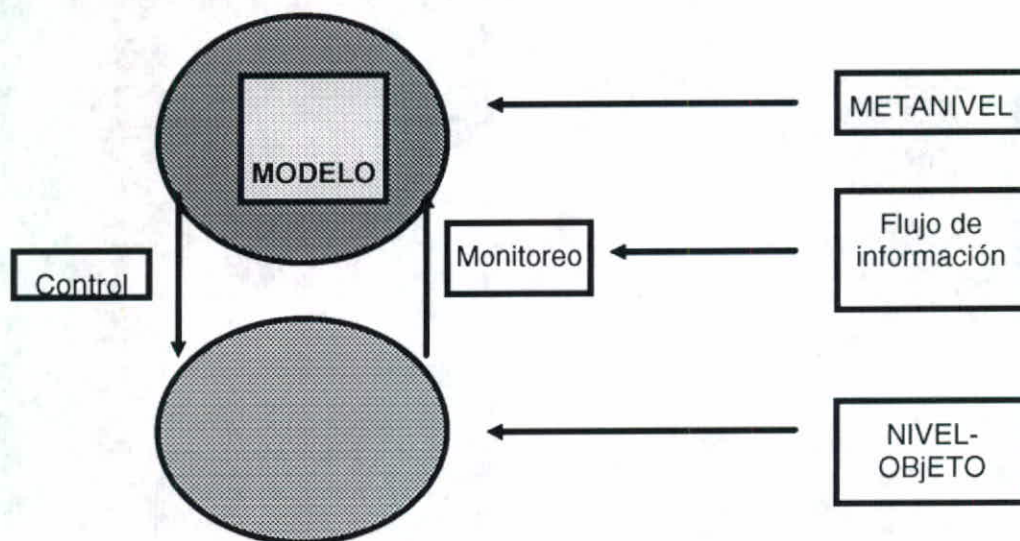
El poder de regular el propio aprendizaje es objeto de estudio actual del área de la ciencia cognitiva denominada metacognición. Entre las propiedades diferenciadoras del ser humano se puede señalar su capacidad de reflexionar sobre su propio conocimiento. Esto le permite proponerse como objetivo incidir sobre la dirección de sus propios procesos cognitivos. La metacognición es un área de investigación en ciencia cognitiva que puede describirse como aquella que toma como objeto de estudio el conocimiento que el ser humano desarrolla sobre la manera como aprende, percibe, recuerda, piensa o actúa (Metcalf & Shimamura, 1994). En otros términos, la metacognición desarrolla conocimiento sobre el proceso de conocimiento.

Inicialmente la metacognición se preocupó por la evolución en la reflexión sobre el proceso de conocimiento (Flavell & Wellman, 1977; Brown, 1978). Recientemente se enfoca al estudio de las relaciones de la metacognición con los procesos de aprendizaje, memoria y solución de problemas.

El estudio de los procesos metacognitivos se vio obstaculizado por la discusión metodológica sobre la introspección. Sin embargo, con los avances en la ciencia cognitiva, se desarrollaron acercamientos metodológicos orientados a identificar los procesos reflexivos de las personas en su actividad cognitiva y asegurar validez científica en sus aseveraciones. El análisis de protocolos de reportes verbales (Ericson, Simon, 1993), que se viene aplicando al estudio de los procesos cognitivos relacionados con la inteligencia artificial, puede considerarse como una de estas aproximaciones.

Nelson & Narens (1994) presentan un modelo de los procesos metacognitivos compuesto de dos niveles: el nivel meta y el nivel objeto, que interactúan mediante flujos de información de dos clases: control y monitoreo.

El nivel objeto está constituido por el conocimiento acerca de los sistemas externos al sujeto cognocente y se manifiesta como representaciones o modelos de esos sistemas y sus interrelaciones. El metanivel es una representación o modelo del conocimiento que se tiene a nivel objeto.



Esquema 1.-Nelson & Narens (1990). Modelo metacognitivo compuesto de dos estructuras: El metanivel contiene un modelo del Nivel-Objeto y dos relaciones de flujo de información.

El flujo de información en términos de control se ejerce del nivel meta al nivel objeto; esto quiere decir que el primero puede modificar al segundo en tanto que el segundo sólo envía información sobre sus estados al primero.

Las operaciones de control están constituidas por: iniciación de acciones; continuar o terminar acciones.

El monitoreo desarrolla la representación sobre el nivel de conocimiento a nivel objeto. Nelson & Narens (1990) distinguen el monitoreo retrospectivo (el juicio sobre una respuesta previa) y el monitoreo prospectivo (juicio a cerca de futuras respuestas). El monitoreo prospectivo lo dividen en juicios a cerca de la facilidad de aprendizaje, emitidos previamente a la adquisición de un aprendizaje (EOL = easy of learning); juicios acerca del aprendizaje y que se emiten durante o después de un aprendizaje acerca de la ejecución futura de ese aprendizaje (JOL = judgments of learning); juicios acerca de ítems que no se recuerdan en el momento y que valoran si se tienen o no aprendizajes que ya se aprendieron o se están aprendiendo (FOK = feeling-of-knowledge).

En la solución de problemas, Davison, Deuser & Sternberg (1994) señalan como procesos metacognitivos la identificación y definición del problema; la representación mental del problema; la planeación de procedimientos a seguir y la evaluación del conocimiento a cerca del desempeño. Tanto las características del

la aplicación de estos procesos metacognitivos.

Identificación del problema. El primer paso en la solución de un problema consiste en codificar los elementos críticos del problema, llevarlo a memoria de trabajo y extraer de la memoria de largo plazo la información que es relevante a estos rasgos (Newell & Simon, 1972). La representación es más fácil en el caso de problemas bien estructurados que en el caso de problemas débilmente estructurados.

La representación mental del problema. Ayuda a reducir las exigencias de memoria, a organizar las condiciones y reglas del problema y a determinar si ciertos pasos están permitidos y si son productivos (Kotosky, Hayes & Simon, 1985). La representación del problema es una estructura cambiante a través de su solución. Los cambios de representación se llevan a cabo según tres procesos mentales: codificación, combinación y comparación selectivas (Davidson & Stenberg, 1986). Por el primero se identifican rasgos que no se habían visto como relevantes en pasos anteriores; por el segundo, se reúnen elementos de la situación problema de una manera que no había sido evidente en pasos anteriores; por el tercero, se identifican nuevas analogías, metáforas o modelos que se usan para resolver el problema.

La planeación de procedimientos. Una vez que se tiene una representación mental del problema, se requiere que el sujeto identifique los pasos a seguir y los recursos a utilizar. Generalmente se hace dividiendo el problema en subproblemas e identificando recursos (Greeno, 1980; Hayes, 1981). Las personas tienden a planear en relación inversa a la familiaridad con el problema (Pea & Hawkins, 1987). Debido a que planear requiere tiempo, los sujetos más jóvenes planean menos detalladamente que los mayores (Stenberg & Nigro, 1980). La falta de planeación se asocia con un mayor número de errores (Stenberg, Rifkin, 1979). En el proceso de planeación los sujetos se apoyan muchas veces en heurísticas. Las tres siguientes son las más conocidas: 1. Análisis medio-fin que trata de reducir la distancia entre el estado actual del problema y el estado al cual uno quiere llegar; 2. Trabajo hacia adelante que parte del estado inicial del problema y trata de llegar al estado deseado; 3. Trabajo hacia atrás que parte del estado deseado y trata de regresar hacia atrás hasta hallar el estado inicial.

Evaluación de soluciones. En la medida en que una persona trabaja en la solución de un problema, requiere registrar lo que va haciendo, lo que va logrando, y lo que aún necesita hacer (Flavel, 1981).

Osborne (1998) afirma que hay una creciente evidencia de que la metacognición es un elemento importante de la inteligencia y la cognición y tiene influencia en el aprendizaje de diferentes áreas, citando a autores como: Borkouski (1985); Stenberg, (1984).

Además del conocimiento sobre el propio conocimiento y sobre el uso del conocimiento para controlar procesos cognitivos, incluye aspectos más

específicos como: predicción, monitoreo, coordinación y revisión de la realidad.

Este constructo se ha dividido en otros componentes como son: metamemoria, metacomprensión, autorregulación y entrenamiento en esquemas y transferencia.

La metamemoria es el conocimiento y conciencia del individuo de sus conductas, estrategias y su sistema de memoria, incluyendo pero no limitándose a: la conciencia de las diferentes estrategias de memoria, el conocimiento condicional sobre el uso de las estrategias, el monitoreo sobre el uso de la memoria y la capacidad de ajuste de procedimientos defectuosos en caso de fallas de memoria.

Metacomprensión y su monitoreo: es el proceso de conciencia acerca de la comprensión y de cómo comprender, incorpora su monitoreo para detectar fallas y ajustar estrategias para corregirlas.

Autorregulación es la capacidad de alterar estrategias con base en experiencias pasadas y en el monitoreo activo de las actividades en ejecución.

Entrenamiento en esquemas es el desarrollo de estructuras cognitivas para dar un marco de referencia que permita la comprensión de la información.

Transferencia aplicación de una estrategia aprendida para resolver tareas diferentes. (Osman y Hannafin, 1992)

3.- IMPORTANCIA DE LA METACOGNICION.

Stenberg (1984) incluye la metacognición como una dimensión de la inteligencia basada en las siguientes razones: primero siguiendo a Pressley, Borkouski y Schneider (1987) considera que es una habilidad crucial para el aprendizaje y el éxito en la educación. Se ha encontrado que si se comparan los estudiantes de bajo rendimiento con los de alto, estos últimos tienen repertorios más amplios de estrategias, son más flexibles en sus aproximaciones a la solución de los problemas, tienen más información sobre las circunstancias en las cuales las estrategias son apropiadas, valoran la relación entre esfuerzo y ejecución y monitorean con mayor cuidado el uso de las estrategias y la secuencia apropiada de actividades. La metacognición se considera como conjunto de comportamientos que pueden ser aprendidos mediante actividades académicas.

Jausovec (1994) encontró que se puede mejorar de manera significativa el rendimiento de estudiantes a través de su entrenamiento en aspectos metacognitivos como clasificación de problemas, identificación de estrategias e identificación de circunstancias en las cuales se pueden aplicar.

Ranks, Vye, Auble, Meszynski, Perfetto, Bransford, Stein, y Litlefield (1982) mostraron que los estudiantes desarrollan su capacidad de recordar cuando son entrenados para encontrar por qué los pasajes son difíciles y con qué estrategias afrontar estas dificultades.

Un estudio hecho por Cardelle-Elawar (1995) mostró que los estudiantes de bajo rendimiento al ser entrenados en habilidades metacognitivas incrementaron el 249% su rendimiento en matemáticas comparado con un grupo control, igualmente mostraron un incremento notorio en motivación por el aprendizaje.

De manera similar Worden (1983) halló que cuando los estudiantes muestran deficiencias en memoria y son entrenados en estrategias metacognitivas, tales como repaso, su ejecución académica mejora substancialmente; en general, los estudiantes con mayor entrenamiento metacognitivo logran mayor rendimiento académico (Wang, Haertl, Walberg, 1990).

4.- ENFOQUE COMPUTACIONAL DE LA METACOGNICIÓN

El aprendizaje máquina ha tenido como objetivo simular en computador los procesos de aprendizaje que se dan en los seres humanos, con el propósito de obtener una mayor comprensión y generar un cuerpo teórico consistente. Los primeros trabajos se caracterizaron por su simplicidad y se limitaron a describir aspectos mecánicos de los procesos de adquisición de conocimiento, tomando como punto de partida los desarrollos de la psicología conductual. A partir de la década del 80 aparece una tendencia a desarrollar modelos más comprensivos como es el caso del enfoque de aprendizaje guiado por objetivos. Los problemas centrales para este enfoque son: el origen de los objetivos de aprendizaje, el rol de estos para guiar otras tareas instruccionales y la escogencia apropiada de estrategias para lograr estos objetivos. Este último aspecto está estrechamente relacionado con la metacognición como se escribió anteriormente. Los dos siguientes trabajos ilustran esta aproximación:

Xia y Yeung (1995) desarrollan un sistema capaz de seleccionar dos tipos de estrategias para resolver problemas: la una denominada OPS (Opportunistic Problem Solver) y la otra, IPS (Intentional Problem Solver). En la primera, el solucionador del problema escoge una estrategia antes de adquirir información sobre el ambiente y sus transformaciones. En la segunda, el solucionador decide la estrategia con base en la información que va tomando del medio ambiente. La evolución del espacio del problema en este modelo se representa por un vector de tres factores: el conjunto de objetivos, el conjunto de oportunidades y el nivel de incertidumbre asociada con la frecuencia de fracasos de las acciones planeadas. Con base en esta categorización simula un solucionador que puede cambiar entre estrategias guiadas por objetivos y estrategias guiadas por información del espacio de oportunidades. La selección de estrategias se muestra fundamental para el proceso de adaptación de los sistemas al entorno.

Ram y Cox (1995) estructuran, en un programa de computador (Meta-AQUA), un meta-modelo que describe el proceso de razonamiento mismo y que opera junto con un modelo del mundo que constituye su dominio. El meta-modelo se usa para representar el razonamiento del sistema durante la ejecución de la tarea, las decisiones que toma mientras lleva a cabo el razonamiento y los resultados. Cuando aparece una falla es capaz de examinar introspectivamente su propio proceso de razonamiento, para determinar dónde está el problema y usa esta

comprensión para mejorar sus propias estrategias de aprendizaje. El valor de este sistema está en que, además de guiar el aprendizaje acerca del mundo, ayuda al razonador a mejorar su conocimiento.

Meta-AQUA se activa en una condición de comprensión incompleta de un dominio nuevo de aprendizaje. A medida que se pone en marcha, desarrolla objetivos de aprendizaje que guían su proceso de búsqueda. El programa modela cómo un razonador inteligente decide por la mejor manera de realizar una tarea; introspectivamente analiza sus propios éxitos y fracasos; razona acerca de lo que necesita aprender, selecciona las estrategias de aprendizaje apropiadas para adquirir información y activa los algoritmos requeridos para adquirir nuevo conocimiento, modificar el existente o reorganizar la memoria.

Como se puede intuir, este enfoque posiblemente logre avances en la creación de ambientes computacionales favorables al desarrollo de habilidades metacognitivas y en la construcción de modelos explicativos de los procesos.

5.- UN MODELO PARA EL ESTUDIO DE TRANSFERENCIA DE ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE

La transferencia de estrategias de aprendizaje entre conjuntos de objetivos tiene especial importancia en la economía del aprendizaje y forma parte del enfoque educativo basado en la filosofía del *aprender a aprender*.

Maldonado y Andrade (1996) encuentran que hay correlación positiva entre desarrollo de estrategias y retención de conceptos, pero que esta correlación disminuye cuando se presentan problemas nuevos y sugieren la hipótesis de que los estudiantes que usan estrategias fuertes podrán desarrollar mayor retención de conceptos. En estas condiciones surge la necesidad de un modelo coherente que permita interpretar la dinámica de la transferencia de estrategias.

PIROLI y RECKER (1994) estudian los procesos de generalización de estrategias entre problemas de recursión sobre listas y números en programación en LISP. La estructura del ambiente incluye: ejemplos, adquisición de habilidades mediante: exposición de materiales; presentación de ejemplos relevantes y solución de ejercicios. Examina cómo la instrucción y los ejemplos afectan el desarrollo de la pericia, su transferencia a través de tareas de programación, cómo las diferencias de interpretación de la instrucción y las referencias de los estudiantes sobre sus soluciones afectan los resultados. (Anderson, Pirroli 1991)

Anderson et. al (1989) atribuye un gran porcentaje de habilidades de programación a un conjunto simple de habilidades de aprendizaje. Pirroli (1991) analiza la transferencia del aprendizaje a partir de ejemplos de programación a nuevas habilidades y Chi (1989) analiza las diferencias en las explicaciones de los ejemplos por parte de los estudiantes y cómo esas diferencias se relacionan con los resultados en la soluciones de problemas de física.

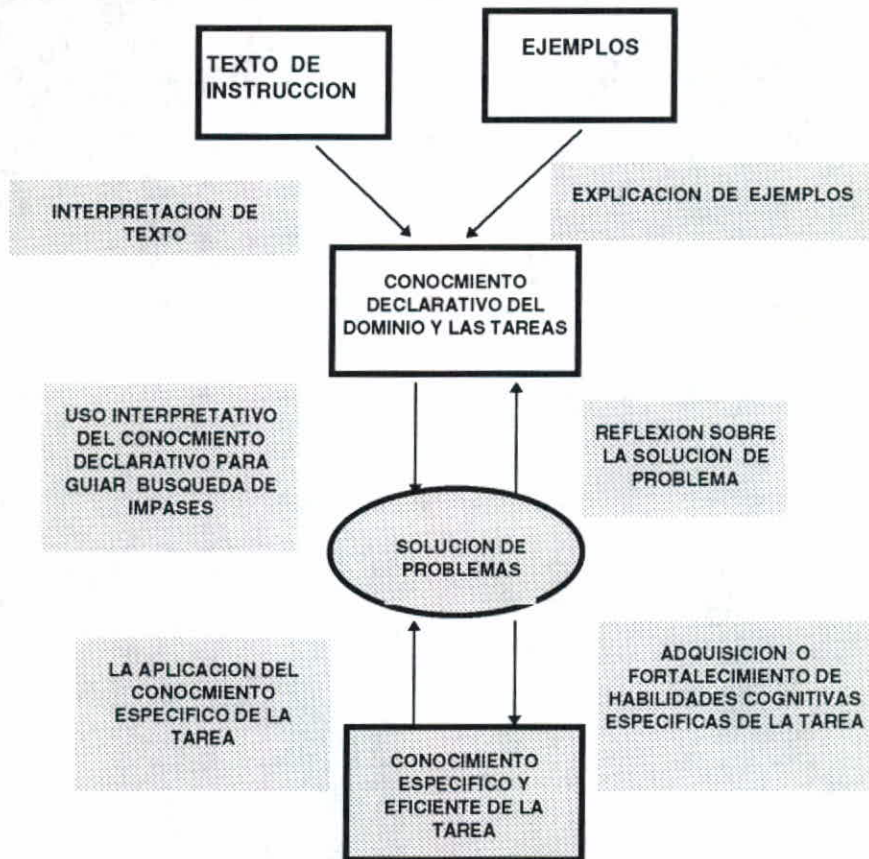
5.1.- MODELO DE PRODUCCIÓN DE PROGRAMAS

Para estudiar la relación entre estrategias de aprendizaje y transferencia de conocimiento en el dominio de la programación Pirolli y Recker (1994) parten de la diferenciación entre conocimiento declarativo y procedimental, es decir entre saber qué y saber cómo.

Los sistemas de producción -equivalentes a reglas de producción- representan el conocimiento procedimental o know-how y generan potenciales transiciones de estado en el conocimiento, al identificar condiciones específicas en el ambiente de la tarea y en la memoria de trabajo para generar acciones específicas, tanto cognitivas como físicas. Este conocimiento no representable por reflexión, se supone que es la clase de conocimiento sobre el cual un agente puede reflexionar, interpretar o relaborar.

En el esquema 2. se expresa el marco de análisis general de los estudios realizados.

Los sujetos leen instrucciones textuales y ejemplos, situación en la cual el estudiante usa su conocimiento anterior para interpretar y explicar los textos y ejemplos. Estas interpretaciones y elaboraciones conducen a nuevo conocimiento declarativo que se puede almacenar en memoria de largo plazo y se les denomina auto-explicaciones. Esta es una expansión del modelo de comprensión de textos (Kintsch,1986; Van Dijk y Kintsch,1983) en el cual el objetivo del estudiante es construir una representación mental coherente para interpretar el material que se le presenta.



Esquema 2.- Un modelo para el análisis de la transferencia de estrategias de aprendizaje

Después de leer los materiales instruccionales y los ejemplos a los estudiantes se les da un problema como ejercicio. La solución involucra una mezcla de tareas y subtareas nuevas y familiares. Las situaciones de subtareas familiares evocan reglas de producción previamente adquiridas (habilidades cognitivas). La efectividad y eficiencia de estas reglas de producción se mejoran a través de la práctica mediante mecanismos reforzadores.

Cuando las situaciones problema son nuevas generan obstáculos cognitivos que pueden ser resueltos a través del uso de estrategias generales de solución de problemas -tales como analogías- y por la aplicación de conocimiento declarativo relevante obtenido de la lectura de textos y ejemplos. El conocimiento declarativo se usa de manera interpretativa para guiar la solución de los nuevos problemas. La eficacia de la solución depende en este caso de la interpretación particular desarrollada por el individuo a partir del texto y los ejemplos.

La solución de los problemas da lugar a nuevo conocimiento específico de la tarea que se manifiesta en reglas de producción. Nuevo conocimiento declarativo acerca del dominio puede también originarse de la reflexión de los estudiantes sobre la solución de los problemas o de la estructura o marco conceptual usado para su solución. Es por eso que procesos como la autoexplicación y la reflexión se consideran estrategias que activan los estudiantes; se asume que estas estrategias han sido adquiridas como habilidades cognitivas en experiencias previas.

Nuevas reglas de producción se originan en la medida en que se aplica conocimiento procedimental a fuentes de conocimiento declarativo. La interpretación de las fuentes varía ampliamente de tal manera que los materiales para unos estudiantes son más significativos y generalizables que para otros.

La calidad de los materiales influye en la dificultad de la solución de los problemas nuevos y en la calidad de las producciones derivadas de su solución. Las variaciones en los ejemplos y en los textos presentados a los estudiantes y en las autoexplicaciones y reflexiones afectan la ejecución en situaciones nuevas y las habilidades derivadas de esa ejecución. Aquí convergen, en consecuencia, la influencia de factores pedagógicos y factores subjetivos del estudiante para lograr transferencia de estrategias de situaciones conocidas a nuevas..

5.2.- ANÁLISIS DE LOS PROCESOS DE TRANSFERENCIA

Single y Andersson (1989) señalan cuatro características de la transferencia de habilidades cognitivas:

- 1.- Las reglas de producción son aprendidas de manera independiente y transferidas de igual manera
- 2.- Las reglas de producción aparecen como todo o nada a través de la compilación del conocimiento.
- 3.- Se fortalecen con el uso y se puede predecir mayor confiabilidad y velocidad con el incremento de la práctica.
- 4.- Se pueden aplicar a diferentes situaciones .

El trabajo de Pirolli toma como indicadores de la producción y transferencia los errores y el tiempo de solución. Las tasas de error esperadas y los tiempos para la producción individual se mejoran como función del aprendizaje y de las oportunidades de práctica. En el caso de estudio las oportunidades para las producciones individuales se pueden identificar examinando los registros sobre secuencias de problemas.

Sobre la base de las observaciones saca las siguientes conclusiones: La primera tiene que ver, que gran cantidad del mejoramiento cerca el 50% ocurre en la oportunidad inicial de generar producción (Anderson et al. 1989). La segunda es

que las funciones de aprendizaje para las producciones se mejoran cuando un ejemplo de instrucción ilustra los pasos de solución de un problema análogo; los mejoramientos que se han obtenido llegan hasta un 60% en la oportunidad inicial del aprendizaje de producción y este aprendizaje no parece afectar la velocidad de producción de las reglas (Pirolli, 1991).

El modelo que interpreta el proceso de transferencia de estrategias es presentado por los autores de esta manera: Ante un problema particular de programación sucede lo siguiente:

1. Un conjunto de producciones corresponde a las que ya fueron usadas en problemas anteriores: **producciones viejas**.
2. Un conjunto de producciones nuevas que se tienen que aprender en esta situación -posiblemente a través de un ejemplo ilustrativo o de interpretaciones del material de instrucción-. Estas son **Producciones nuevas**.
3. Un tercer conjunto de producciones que no corresponden con el ejemplo. **Otras producciones**.

El conjunto total de producciones es la suma de producciones de cada subconjunto que se puso en ejecución. Si se piensa en la tasa de errores esperados, sabiendo que hay una tasa de error para cada subconjunto y un número de producciones para el ejemplo, se podría tener una forma de cuantificación así:

P_V =Producciones viejas

P_N =Producciones nuevas

O_p =Otras producciones

E = número de errores esperados

k =número de producciones viejas ejecutadas

m =número de producciones nuevas ejecutadas

n =número de otras producciones ejecutadas

$E=k P_V +m P_N +n O_p$

Tomemos este ejemplo:

$P_V=0.3$

$P_N=0.3$

$$O_p=0.4$$

$$k=3$$

$$m=5$$

$$n=2$$

$$E=3*0.3 + 5*0.3 + 2 *0.4=2.4$$

Se esperarían 2.4 errores sobre el conjunto de producciones.

5.3-. CONTRASTACIÓN DEL MODELO

El trabajo de Pirolli y Recker (1994) presenta dos experimentos sobre solución de problemas en el dominio de la programación. Cuatro problemas de recursión sobre números, cuatro problemas de recursión sobre listas y dos problemas mixtos de recursión sobre números y listas. Los 20 estudiantes leyeron materiales textuales que contenían instrucciones sobre el tema y luego fueron asignados al azar según las siguientes secuencias:

1. Cuatro problemas de recursión sobre números, cuatro problemas de recursión sobre listas y dos problemas mixtos.

2. Los problemas de listas y números se presentaron de manera alternada y finalmente los dos problemas mixtos.

El ambiente de estudio fue un tutor inteligente para enseñar Lisp que administraba instrucciones y ejemplos. Luego se presentaban nuevos problemas que pertenecían a una de las dos clases de problemas tratados: números o listas. En estas condiciones se analiza el efecto de secuenciación, ejemplos, transferencia y práctica sobre la media de errores en la solución de problemas de programación.

Los resultados mostraron efecto significativo de los ejemplos sobre la solución de problemas, disminuyendo la tasa de error; el ejemplo tuvo mayor efecto cuando era de la misma clase que el problema que se había utilizado en el entrenamiento. La secuencia no mostró efecto significativo. Estos resultados son coherentes con el modelo en el cual se predice que la transferencia de reglas de producción es proporcional a las similitudes con las experiencias previas, es decir, más reglas de producción previamente aprendidas se llevan a la nueva situación y hay menos reglas nuevas. Finalmente se muestra que los errores disminuyen con la práctica.

Un segundo experimento replica al primero, pero introduce los protocolos de informes verbales como metodología para el análisis de datos. Las auto-explicaciones de los protocolos fueron organizadas como elaboraciones que se clasificaron en niveles.

La primera clasificación: dominio, monitoreo, estrategias, actividades, nueva lectura y otras. La categoría dominio la divide en: acepciones, hipótesis y preguntas. Cada una de las categorías las cruza con las siguientes: operación, resultado, entrada, estructura, relación, referencia, propósito, analogía, condiciones y planes.

Los resultados obtenidos del experimento se pueden resumir de la siguiente manera:

Los buenos estudiantes producen más elaboraciones que los estudiantes de menor rendimiento. En el procesamiento de instrucciones textuales los buenos estudiantes producen más monitoreo, estrategias y frases que producen acciones que los estudiantes de menor rendimiento, en su conjunto estos son indicadores de metacognición. Las expresiones del monitoreo indican conciencia de la comprensión, las expresiones de estrategias indican conciencia de posibles caminos para mejorar la comprensión y las de habilidad indican conciencia de la estructura de la tarea.

En el procesamiento de los ejemplos los buenos estudiantes produjeron más elaboraciones respecto al dominio y a las estrategias que los estudiantes de menor rendimiento, es decir que los mejores estudiantes contaron con mayor conocimiento declarativo y las elaboraciones sobre estrategias nuevamente sugiere mayor nivel sobre metacognición.

En cuanto al impacto sobre las elaboraciones de nuevas habilidades cognitivas sugieren que estas elaboraciones están mejorando la adquisición inicial pero no las siguientes; es decir que las explicaciones elaboradas por los sujetos son útiles en primera instancia pero que sus resultados posteriores no implican mejoramiento sistemático.

Las explicaciones que se enfocan sobre el contenido nuevo de la lección son más productivas. Quienes dedican tiempo a planear soluciones pueden ser más efectivos en la solución de nuevos problemas.

Las reflexiones que se focalizan en la comprensión de abstracciones subyacentes a los programas y a entender cómo funcionan los programas parecen estar más relacionados con el aprendizaje.

Finalmente, el estudio muestra que los estudiantes que elaboraron protocolos de informe verbal trabajan en forma diferente en comparación con los que trabajan en silencio, mostrando un poder regulador de la verbalización sobre las elaboraciones.

6.- MEDICIÓN DE LA METACOGNICIÓN

Uno de los aspectos fundamentales en la investigación sobre metacognición es el desarrollo de definiciones operacionales que especifiquen condiciones de observación y medida. Algunos estudios se han hecho al respecto:

1.- Garner y Reis (1981) presentan una medida conductual de la metacognición a partir de la observación de las relecturas que hacen los estudiantes, bajo el supuesto de que el buen monitoreo de la comprensión debe mirar hacia atrás para ver si existen preguntas que aún no se han respondido. Encontraron que cuando se compararon estudiantes de alto y bajo rendimiento, los segundos desarrollaban un 700% más de relectura. Por otra parte, los aventajados mostraron entre un 55% y un 90% de insatisfacción en comparación con un 7% en los menos aventajados. Estos resultados muestran que la relectura es un buen indicador para medir la buena comprensión en la lectura.

2.- Dixon & Hultsch (1983) desarrollan un instrumento para medir las siguientes dimensiones de la metamemoria en los adultos:

1. Conocimiento de información sobre habilidades de memoria
2. Uso de información acerca de las habilidades para recordar
3. Conocimiento sobre procesos básicos de la memoria
4. Conocimiento de la capacidad de memoria
5. Percepción de las habilidades de memoria como estable o declinante a largo plazo
6. Regularidad con la cual el que responde busca y se compromete en actividades que pueden dar apoyo al desempeño cognitivo
7. Conocimiento de la influencia mutua entre estado emocional y desempeño cognitivo
8. Percepción de la importancia de tener una buena memoria y de desempeñarse bien en tareas de memoria.

Solamente el uso de información de la memoria y percepción del cambio en la memoria se pueden considerar como habilidades metacognitivas.

Osborne (1998) afirma que la mayoría de las mediciones sobre metamemoria se enfocan sobre el conocimiento de los procesos y estrategias y no sobre el control, evaluación o monitoreo de los procesos.

3.- Otero, Campanario y Hopkins (1992) evalúan la habilidad de monitoreo cognitivo mediante la presentación de seis textos, cuatro de los cuales incluían contradicciones. Se les instruyó para que subrayaran los textos con frases problema, explicaran por escrito cuál era la dificultad y calificaran el pasaje según su nivel de comprensibilidad en escala de 1 a 4. Se califica la habilidad de monitoreo cognitivo combinando la identificación de inconsistencias con la calificación dada a la frase, de tal manera que los puntajes más bajos corresponden a los estudiantes que no identifican las inconsistencias y califican a los pasajes como altamente comprensibles y los puntajes más altos para los que identificaban los pasajes inconsistentes y los calificaban con los puntajes más bajos de comprensibilidad. Es un trabajo que inicialmente se muestra promisorio pero que aún no ha sido normalizado.

4.- Clements & Nastasi's (1990) tratan de medir la metacognición como componente de la inteligencia según Sternberg. Presentan cinco problemas, cada uno diseñado para ser resuelto mediante un sólo componente metacognitivo:

-
1. Decidir sobre la naturaleza del problema
 2. Seleccionar recursos para resolver un problema
 3. Combinar recursos para solucionar el problema,
 4. Seleccionar una representación mental
 5. Monitorear el proceso de solución.

Se califica de acuerdo al número de sugerencias necesitadas para resolver el problema. La confiabilidad es relativamente satisfactoria (0.84 a 1), aunque se cuestiona la validez del instrumento en relación con los tres primeros componentes del cuestionario.

5.- Howard-Rose & Winne (1993) aplican un cuestionario (Metacognitive Questionnaire) de 18 preguntas de escogencia múltiple acerca de procesos cognitivos en tareas académicas que se acaban de concretar, incluyendo los siguientes aspectos:

1. Atención
2. Repetición de información
3. Monitoreo
4. Seguimiento de estímulos continuos
5. Transformaciones y revisión de transformaciones específicas e inferencias
6. Planeación de estrategias
7. Selección entre estímulos e ítems relevantes
8. Relaciones con conocimiento anterior
9. Organización de secuencias de tareas.

Este cuestionario incluye aprendizajes de orden inferior que normalmente no son tomados dentro del concepto de metacognición y, además, adolece de baja confiabilidad.

6.- Allen & Armour-Thomas (1993) incluye un inventario de escogencia múltiple, presenta situaciones de problemas hipotéticos e incluye los siguientes aspectos:

1. Definición del problema
2. Selección de acciones componentes de estrategias de representación mental
3. Asignación de recursos
4. Monitoreo de solución.

De estos aspectos el más reconocido como solución metacognitiva es el de monitoreo de la solución. El cuestionario fue objetado debido a que no mide parámetros de metacognición sino el deseo de hacerlo. Los datos muestran una baja confiabilidad.

7.- Vadhan y Stander (1994) le piden a los estudiantes de pregrado, en un curso de psicología, que hagan predicción sobre sus calificaciones en el curso. Se encontró que los buenos estudiantes eran buenos también para predecir sus calificaciones; lo contrario sucedió con los estudiantes de bajo rendimiento.

8.- Tobías y Everson (1996) desarrollan un instrumento de medida para evaluar el monitoreo del conocimiento, la habilidad para monitorear el aprendizaje

mediante la diferenciación entre lo conocido y lo desconocido. Le pregunta a los estudiantes frente a cada problema si lo pueden resolver o no; sus predicciones son comparadas con su desempeño y analizadas de acuerdo con los resultados. La prueba se usa para medir la valoración del conocimiento y no el monitoreo del conocimiento. La confiabilidad del instrumento es adecuada y tiene buen nivel de predicción, se ha probado en estudiantes de la escuela primaria y universitarios con éxito.

9.- Maldonado y Andrade (1996) desarrollan en un ambiente computacional un método para activar y medir juicios de metamemoria a través de los siguientes componentes:

En el primer caso el sujeto debe explorar una pantalla de computador para encontrar puntos encubiertos. Aquí se le pide al sujeto que estime el número de intentos requeridos para encontrar la solución; se le da información sobre el número de intentos estimados y el número de intentos realizados; finalmente se le informa sobre el puntaje obtenido. Lo que se observa es que el sujeto revisa y valora tanto sus hipótesis como las estrategias de búsqueda, dando lugar a monitorear el proceso de solución.

En una segunda condición, se presenta un rompecabezas, en el cual se le solicita al sujeto estimar el grado de seguridad sobre su respuesta y se le da retro-información consistente en el puntaje de autoevaluación. En este caso se realiza un nivel de valoración sobre la seguridad y apropiación de las estrategias de solución planteadas por el sujeto.

Para el tercer caso, el de la verbalización, se le pide al sujeto estimar el grado de seguridad de su respuesta, se le da información sobre el grado de seguridad estimado y sobre la correspondencia de su respuesta con el conocimiento expresado por Arnheim (1971) y el puntaje obtenido en cada respuesta. En esta situación se da un proceso de feedback, evidenciando los logros con respecto a las estrategias de solución planteadas.

En un cuarto caso, se le presenta al sujeto un texto, en el cual debe encontrar la idea principal, las relaciones, inferencias, problemas y ejemplos. Se le pide estimar el grado de seguridad sobre su respuesta y se le da información sobre su autoevaluación, los puntajes obtenidos y acumulados que se basan en la concordancia de sus respuestas con el conocimiento expresado por Arnheim (1971). Aquí se obtiene por parte del sujeto una evidencia consciente de los niveles de comprensión teóricos que sustentan el conocimiento del problema y su solución.

Las cuatro formas descritas anteriormente para realizar la medición de metacognición en esta investigación, se desarrollaron con dos variantes: en la primera se realizaron los mismos ejercicios pero se le suprimió el recibimiento de retro-información sobre la autoevaluación del sujeto; en la segunda no se exige autoevaluación y tampoco se le da retro-información sobre su autoevaluación, pero sí se le entrega información sobre el puntaje obtenido en cada caso.

10.- VanLeuvan y Wang (1997) trataron de registrar la pronunciación manifiesta de los estudiantes en clase y aunque la confiabilidad de las observaciones es baja, ellos encontraron que los estudiantes que tenían capacidad de auto-interrogarse tenían rendimiento más alto que aquellos que no lo hacían.

11.- Markaman (1997) propone como medida del monitoreo de comprensión el número de pistas que solicita un jugador para darse cuenta de que no puede resolver un problema con la información disponible en un juego. Esta prueba muestra alta confiabilidad así como validez predictiva. Se destaca por su simplicidad y elegancia.

12.- Osborne (1998) define la autorregulación en términos de planeación de monitoreo y ajuste a logro de objetivos. Afirma que es una de las áreas en las cuales se ha realizado menos investigación. Se han utilizado tres estrategias para evaluarla:

1. Aplicación de cuestionarios que evalúan retrospectivamente el desarrollo de actividades de autorregulación.
2. Entrevistas.
3. Juegos como la torre de Hanoi.

Los cuestionarios y las entrevistas, en general, son consistentes con los conceptos de autorregulación, pero no la miden cuando está sucediendo sino el recuerdo que tiene los sujetos de la misma. En los juegos se observan los errores y la corrección de los mismos durante el proceso; aunque es una condición ideal para la medición de esta dimensión metacognitiva, no son muchos los estudios desarrollados al respecto (Welsh, 1991).

CAPITULO II

DOMINIO DE CONOCIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El tema de la metacognición se ve de especial importancia en la formación de mentes creativas cuando se trata de áreas como las del diseño. Difícilmente se podría sustentar que el pensamiento creativo se desarrolla en condiciones de baja autonomía en el proceso de aprendizaje (Maldonado y Andrade, 1996). Es probable que la actividad creativa en el diseño esté acompañada de niveles altos de metacognición. En este trabajo interesan dos aspectos: los juicios de metamemoria y las estrategias de solución de problemas. El dominio de aplicación es el razonamiento espacial.

La inteligencia espacial comprende: la habilidad para reconocer instancias de un nuevo elemento, la habilidad para transformar o reconocer una transformación de un elemento en otro, la capacidad para crear imágenes del entorno y luego transformarla. Hay dos formas de representación: por código verbal y por código de imágenes (Gardner, 1988).

El problema de la representación del conocimiento en IA se perfila como un esfuerzo por modelar una dimensión importante del razonamiento de sentido común con proyecciones en el diseño de sistemas inteligentes capaces de movimiento y acciones adaptativas en el espacio (Rich, Knight, 1994).

Las siguientes pueden considerarse como dimensiones fundamentales en la representación del razonamiento espacial: la habilidad de reconocer la identidad de un objeto cuando se ve desde ángulos distintos, la habilidad de imaginar el movimiento o desplazamiento interno entre las partes de un objeto, la habilidad para pensar en las relaciones espaciales en que la orientación corporal del observador es parte esencial del problema (Gardner, 1994).

La aproximación que asume este trabajo toma en cuenta los modelos de representación cualitativa del razonamiento espacial de sujetos que aprenden a resolver problemas de orden gráfico basados en computador. El dominio para estos problemas está conformado por la percepción del equilibrio, la percepción de volumen por combinación de forma y color, el movimiento y el significado en el espacio bidimensional (Arnheim, 1971), la representación de relaciones de posición y orientación (Maguire, Goodchild y Rhind, 1991; Hernández, 1994) y la representación gráfica de mecanismos (Hegarty, 1995).

En su conjunto los procesos que lleva a cabo un estudiante al resolver los problemas que se presentan se pueden caracterizar como aprendizaje por descubrimiento. El computador despliega al usuario un ambiente estructurado en el cual sus acciones producen información y el sujeto debe ir descubriendo las

relaciones que le permiten control sobre el ambiente, de tal manera que al final del proceso, el control por parte del usuario sea completo. A continuación se hace un desglose detallado de estos problemas.

PROBLEMAS SOBRE EQUILIBRIO

Tanto visual como físicamente, el equilibrio es el estado de distribución de las partes por el cual el todo ha llegado a una situación de reposo. En una composición equilibrada todos los factores de forma, dirección y ubicación, se determinan entre sí del tal modo, que no parece posible ningún cambio, y la totalidad manifiesta el carácter de "necesidad" para cada una de sus partes.

Los problemas que se toman para esta investigación se presentan en un ambiente mixto de gráficos y texto - el texto se subordina a los gráficos-, donde se siguen los lineamientos planteados por Arnheim (1971) y Wong (1995).

La percepción es un proceso dinámico resultante del "juego de tensiones entre objetos, colores y formas, movimientos y tamaños" (Arnheim, 1971: 24). Un círculo colocado dentro de un cuadrado desarrolla un conjunto de relaciones que influyen en los procesos perceptivos de tal manera que varía el efecto sobre el observador en la medida en que varían las posiciones del círculo con respecto al cuadrado que le sirve de marco (Ilustración 2.1).

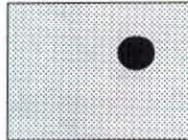


Ilustración 2.1

En el modo de pensar de Arnheim, existe una estructura de fuerzas perceptuales -estructura inducida- que el observador usa para hacer inferencias; es decir, que a partir de ciertas configuraciones, el perceptor obtiene información que no está explícitamente representada. Tales inferencias se refieren especialmente a concepciones de equilibrio, movimiento y significado.

Las fuerzas perceptivas se equilibran en el centro que se convierte en un punto de reposo, quietud, o punto muerto con relación al movimiento; aquí todas las fuerzas se anulan. En un segundo orden están los puntos distribuidos en las cuatro esquinas, puntos subordinados al centro, donde la confluencia de fuerzas generan equilibrio, especialmente si los cuatro puntos están ocupados. En un tercer nivel se encuentran los puntos que se distribuyen en las líneas que unen a los cuatro puntos con el centro y entre sí, y las diagonales y verticales que cruzan por el centro. Las zonas de desequilibrio, que permiten, por tanto, inferir movimiento están ubicadas fuera de estas zonas.

El ambiente gráfico, está representado por la pantalla, la cual es un espacio bidimensional donde se plantea un problema a resolver.

Para la búsqueda el sistema provee información sobre la distancia entre la ubicación de un click y la ubicación de un elemento - punto o línea -. La ubicación del click, por estar bajo control del sujeto, es conocida para él y la ubicación del elemento le es desconocida y es objeto de la búsqueda.

El ambiente textual, Permite dar orientaciones al usuario y cumple las siguientes funciones:

1. Presentar al usuario el problema.
2. Dar información al usuario sobre la distancia del click con respecto al elemento - punto o línea - en dos formas posibles (numérico o cualitativo).

PROBLEMA 1. LÍNEAS EN EQUILIBRIO

El problema consiste en hallar cuatro líneas en equilibrio.

El sujeto hace click en dos puntos por donde piensa que pasa la línea. El computador le informa sobre la distancia y dirección de los puntos que dibujó en relación con la línea de equilibrio más próxima. Para mayor control sobre el entorno dispone de una regla que puede activar haciendo click sobre ella.

Este problema tiene las siguientes características:

1. El espacio bidimensional que da cabida a las líneas ocultas está comprendido por un área cuadrada de dimensiones constantes, sensible a la interacción con el usuario.
 2. La expresión *líneas en equilibrio* hace referencia a conceptos que probablemente tiene cada sujeto con variaciones de interpretación con respecto a otros sujetos. Igualmente el número cuatro restringe el espacio de búsqueda.
 3. La dirección es una propiedad inherente al concepto de equilibrio. En el ambiente la dirección es fija y está definida mediante la función tangente en el espacio cartesiano. Específicamente se tomaron cuatro direcciones en el cuadrado: diagonal de izquierda a derecha, diagonal de derecha a izquierda, vertical y horizontal, pasando siempre por el centro del cuadrado.
 4. La posición de las líneas es fija.
 5. La solución al problema es la distancia definida dentro del rango de 0 a 10 pixeles (150 unidades de página en ToolBook, pantalla SVGA Standar), para cada uno de los dos puntos que dibuja el usuario y por los
-

cuales se proyecta una línea recta.

PROBLEMA 2. LÍNEAS AL AZAR

El problema consiste en hallar una línea dentro del cuadrado.

El sujeto hace click en dos puntos por donde piensa que pasa la línea. El computador le informa sobre la distancia de los puntos que dibujó en relación con ella. Hay una regla que puede activar, haciendo click sobre un icono.

En este problema se tiene las siguientes características:

1. El espacio bidimensional que da cabida al segmento de línea oculta está comprendido por un área cuadrada de dimensiones constantes, sensible a la interacción con el usuario.
2. La expresión *línea* hace referencia al concepto de segmento de línea ubicada dentro del cuadrado, proyectada con longitud indefinida y con variaciones de interpretación con respecto a otros sujetos. Igualmente el número uno restringe el espacio de búsqueda.
3. La dirección es variable y no está asociada al concepto de equilibrio. La dirección se fija para cada juego, pero, cambia entre juegos y está definida mediante la función tangente en el espacio cartesiano.
4. La posición de las líneas es fija durante cada juego, y varía de un juego a otro.
5. La solución al problema es la distancia definida dentro del rango de 0 a 13 pixeles (200 unidades de página en ToolBook, pantalla SVGA Standard), para cada uno de los dos puntos que dibuja el usuario y por los cuales se proyecta una línea recta.
6. Con respecto al problema anterior, éste abstrae el concepto de equilibrio y, por tanto, es más general.

PROBLEMA 3. PUNTOS EN EQUILIBRIO

El problema consiste en hallar tres agujeros negros en equilibrio. Para ello hace click en el punto donde piensa que está el agujero negro. El computador le informa sobre la distancia del punto en relación con el agujero en equilibrio más próximo.

En este problema se tiene las siguientes características:

1. La expresión *puntos en equilibrio* hace referencia a conceptos que probablemente tiene cada sujeto con variaciones de interpretación con respecto a otros sujetos. Igualmente el número tres restringe el espacio
-

de búsqueda.

2. Se hace abstracción de la orientación.
3. El agujero se considera como un círculo de área constante.
4. La posición de los agujeros es fija durante cada sesión y cambia de sesión a sesión.
5. El espacio bidimensional está comprendido por un área cuadrada de dimensiones constantes, sensible a la interacción con el usuario.
6. La solución al problema es la distancia definida dentro del rango de 0 a 10 píxeles.

PROBLEMA 4. PUNTOS AL AZAR

El problema consiste en hallar un agujero negro. Para hacerlo se hace click en el punto donde piensa que está el agujero negro. El computador le informa sobre la distancia del punto que colocó en relación con el agujero más próximo.

En este problema se tiene las siguientes características:

1. Se hace abstracción de la orientación y de equilibrio. Por tanto esto es más general que el anterior.
2. El agujero se considera como un círculo de área constante.
3. La posición del agujero es fija durante cada sesión y cambia de sesión a sesión.
4. El espacio bidimensional está comprendido por un área cuadrada de dimensiones constantes, sensible a la interacción con el usuario.
5. La solución al problema es la distancia definida dentro del rango de 0 a 10 píxeles.

PROBLEMA 5. ROMPECABEZAS DE PIEZAS ENSAMBLABLES

El problema consiste en armar un rompecabezas que ilustra el concepto de "Estructura Inducida" planteada por Arnheim (1971). Para ello dispone de un cuadrado dividido, a su vez, en veinte cuadrados y ocho rectángulos de igual altura y doble ancho que los cuadrados, -esta es la zona de ensamblaje. Por otra parte cuenta con veintiocho figuras que contienen líneas dibujadas en su interior y que pueden ser llevadas a la zona de ensamblaje.

El solucionador escoge una figura, hace click sobre ella, mantiene sostenido el botón izquierdo del mouse y la lleva al sitio que corresponda y suelta el botón cuando esté ubicada la pieza. Si la pieza corresponde a su sitio, el sistema la

retiene, de lo contrario la devuelve.

Cuando el usuario ha solucionado el rompecabezas puede acceder a la información contenida en cada una de las partes que componen la estructura -Arnheim-.

Este problema tiene las siguientes características:

1. Combina relaciones de orientación, dirección y posición en una estructura.
2. La posición y orientación son constantes.
3. Las formas de los sitios de ensamblaje imponen orientación a las figuras móviles.
4. Los componentes gráficos de las figuras móviles determinan la relación de dirección del conjunto.
5. Es el menos abstracto de los cinco problemas.

PROBLEMA SOBRE FORMA

Una de las características del arte moderno ha sido el interés por el estudio de los lenguajes tanto en su dimensión sintáctica como semántica. La gramática generativa de Chomsky tuvo su paralelo en el serialismo en la música iniciado por Schoenberg y en la pintura en la obra de Kandinsky y en los sucesores de la escuela de Bauhaus (Holtzman, 1994).

En diseño, la obra de Kandinsky titulada *Point and Line to Plane* describe su lenguaje visual constituido por dos conjuntos de reglas: las físicas y las espirituales. Las físicas toman como elementos de construcción el punto, la línea y el plano; los componentes de las espirituales son significados de los elementos físicos: una línea vertical es caliente, una horizontal es fría.

Este esfuerzo por usar coherentemente un lenguaje da base para el desarrollo de procesos de análisis y síntesis que alimentan la actividad creativa, como lo expresa la obra de Wong (1997). Esta tendencia, unida al desarrollo actual de las ciencias de la computación hace posible el estudio y manejo por computador de muchos componentes del arte, tanto en música como en pintura, potenciando la actividad creadora y proyectándola en el concepto de mundos virtuales que involucran la actividad perceptiva total del ser humano.

El análisis de obras de arte, es una actividad cognitiva que toma como fuentes las experiencias perceptivas de los sujetos y permite identificar conjuntos de relaciones que pueden ser utilizadas posteriormente en el proceso del diseño.

Una obra de arte puede analizarse desde muchos enfoques, los cuales son aproximaciones selectivas a elementos y relaciones. De las muchas posibilidades para el análisis de obras de arte, en esta parte del trabajo, se seleccionó el color

como propiedad relacionada con la forma, la estructura y el significado, en el marco del razonamiento espacial cualitativo.

Siguiendo a Wong (1997) un método de análisis de la forma se basa en la distinción de componentes. Estos constituyen módulos y entre los cuales puede haber relaciones de similitud y periodicidad en la repetición. Cuando comparando los módulos entre si existen conjuntos iguales y ciclos regulares de repetición se habla de estructuras formales; cuando al comparar los módulos entre sí hay similitudes pero no son iguales o los ciclos de repetición no son constantes, las estructuras se denominan semiformales. Consistentes con este acercamiento se realizará el análisis de la forma de una obra de Vasarely y se plantea el problema Número 6 en el cual se tendrá en cuenta la estructura, el objeto del diseño, el espacio y el significado teniendo en cuenta la forma como elemento cambiante y el color como constante.

PROBLEMA 6: ROMPECABEZAS VEGA J.G

El problema consiste en armar un rompecabezas de piezas deslizables que ilustra el concepto de "posición y dirección a través de la forma". Para ello dispone de un tablero dividido en nueve cuadrados, ocho de ellos contienen partes de la figura de la obra de Vasarely Vega J.G. y uno en blanco para permitir el deslizamiento de las fichas.

Las fichas se pueden deslizar sobre el tablero -en la pantalla del computador- una a una mediante click. Debe usar el espacio vacío y desplazar fichas para lograr ubicar cada ficha en su sitio.

1. Este problema tiene las siguientes características:
 2. Combina relaciones de posición, dirección y forma en una estructura.
 3. El espacio del problema evoluciona a través de diferentes configuraciones en el espacio con acercamientos graduales a la solución.
 4. La organización de las fichas atendiendo a la configuración de la forma determina la relación del conjunto con la obra.
 5. El color es constante
 6. La estructuración del cuadro de Vasarely se realiza mediante deslizamiento de las figuras en un cuadrado que puede estar configurado de 3 por 3, 4 por 4 ó 5 por 5 fichas de acuerdo con el nivel de dificultad con el cual desee jugar
-

PROBLEMA SOBRE POSICIÓN Y DIRECCIÓN

La orientación en la imaginería mental

El siguiente problema tiene que ver con la percepción de acuerdo con la orientación. Para enmarcar este problema hacemos referencia a los más relevantes.

Los estudios sobre razonamiento espacial demuestran que la representación específica de la forma está totalmente asimilada a la denominada representación espacial. Los sujetos realizan más rápidamente un ejercicio de ubicación cuando logran retener la forma del objeto que están posicionando en un espacio y tiempos determinados (Cave et al., 1994).

Las propiedades espaciales juegan un papel importante en la organización de las representaciones de imágenes. Muchos experimentos han recomendado la organización espacial de imagen tomando la siguiente lógica: si el tiempo para ejecutar una discriminación de forma particular depende de la orientación del estímulo o tamaño; entonces, las representaciones de la forma usadas en esta tarea de discriminación deben variar de alguna manera importante cuando la orientación del estímulo o de tamaño varía; en otras palabras, la representación de la forma es intervenida con la representación de la orientación o del tamaño.

Los estudios sobre rotación mental desarrollados por Shepard y Cooper (1982) son bien conocidos. En estos experimentos a los sujetos se les pidió que determinaran si un estímulo visual correspondía con otro que era presentado simultáneamente o con otro que el sujeto tiene registrado en su memoria. En varios ensayos el estímulo apareció con diferentes orientaciones y sobre el curso del experimento; la diferencia entre las orientaciones de las dos formas que se debían comparar fue sistemáticamente cambiada. El tiempo necesario para comparar las formas aumentó cuando se incrementaron las diferencias en orientación. En consecuencia, la orientación fue relevante a la tarea de comparación y ejerció un fuerte efecto sobre el tiempo de respuesta. Otros experimentos han usado métodos similares para demostrar que el tiempo para comparar dos formas puede variar con la diferencia entre sus tamaños.

Claramente las representaciones usadas en estas tareas deben ser específicas con respecto a la orientación y al tamaño. La misma forma en diferentes orientaciones y tamaños debe representarse de manera diferente. Shepard y Cooper (1982) encontraron que, aunque un tiempo extra fue necesario para procesar estímulos en una orientación no estándar, los sujetos podrían ahorrar la mayoría de este tiempo extra si ellos conocían la forma y la orientación del estímulo que venía o que iba a venir antes de que apareciera. Aparentemente los sujetos se preparan incrementando la representación de una imagen en la clave y además la ajustaban con respecto al estímulo cuando éste aparecía. En contraste, si ellos conocían sólo la forma y la orientación, los tiempos de respuesta nuevamente se incrementaban con las diferencias de orientación. El hecho de que los sujetos no puedan prepararse efectivamente, cuando conocen

solamente la forma o únicamente la orientación, sugiere que la orientación es representada integralmente con la forma. Para las representaciones usadas en las tareas de reflexión, aparentemente no es posible representar una orientación particular sin representar una forma específica en la orientación o viceversa.

Algunos objetos son difíciles de reconocer cuando están cabeza abajo. El sistema visual puede distinguir las diferencias de localización en los primeros pasos del procesamiento, ya sea normalizando todas las representaciones de los objetos de tal manera que ellos se representen en una ubicación estándar o transformando la entrada de una manera que remueva totalmente la información de la ubicación.

La neuro-anatomía y la neuropsicología indican que una región de la corteza visual está dedicada al procesamiento de la ubicación y que una región separada está dedicada al procesamiento de la forma (Minshkin, et al. 1983). Debido a que las representaciones mentales deben incluir información acerca de la forma, ellas pueden residir en la misma región que se especializa en la forma y así la información sobre la ubicación y la forma pueden estar separadas.

Otra evidencia sobre los experimentos de imaginería sugiere que las ubicaciones son importantes en las representaciones de imagen y en consecuencia es probable que no se separen de ella. Farah (1985) pidió a sujetos que imaginaran una forma grande mientras observaban un estímulo mucho más pequeño que aparecía sobre un artefacto; encontró que los sujetos eran mejores detectando este estímulo si aparecía dentro del área de la imagen

En Kosslyn (1987) la representación de la imagen de un objeto visual incluye información acerca de las ubicaciones relativas de sus diferentes partes, pero, la ubicación de un objeto como un todo no está necesariamente representada; los sujetos en estos experimentos podrían haber representado la configuración completa de puntos o de manchas como un objeto único, de tal manera que las ubicaciones relativas de cada uno se hubieran preservado.

Los trabajos hasta ahora presentados se centran en los componentes de lo que se ha denominado Imaginería Mental. El siguiente trabajo tiene el valor de que integra la Imaginería Mental con la Imaginería Computacional, estableciendo la conexión entre la Psicología Cognitiva y la Inteligencia Artificial.

La Imaginería Computacional

Glasgow y Papadias(1992) definen la Imaginería Computacional como la habilidad para representar, recuperar y razonar con base en la información visual y espacial no explícitamente almacenada en la memoria de largo plazo. Separan el razonamiento visual del espacial y señalan para cada uno, maneras diferentes de representación. Con respecto al visual señalan que éste se preocupa más por encontrar semejanzas con la imagen y que éstas representaciones se expresan mediante descripciones, mientras que en el espacial, la representación se centra más en la ubicación de un objeto con respecto a otros.

Consideran tres formas de representación, que corresponden a diferentes clases de procesamiento de información.

1. Representación profunda que contiene toda la información acerca de la imagen. Se almacena en la M. L. P., se organiza jerárquicamente y es de naturaleza descriptiva.
2. La representación espacial de una imagen que denota los componentes simbólicos y preserva las propiedades espaciales que son importantes.
3. Representación visual que toma el espacio ocupado por una imagen como matriz de ocupación; puede usarse para recuperar información, tal como forma, distancia y tamaño relativos.

Representación Cualitativa del Espacio en dos Dimensiones

En este trabajo interesa el razonamiento espacial cualitativo sobre dos dimensiones, y se toma como marco de referencia el modelo de Hernández (1995) que exponemos a continuación.

Modelamos la calidad del espacio cognitivo usando una representación relativa del conocimiento espacial, basado en relaciones locativas entre objetos y estructuras de referencia.

Los componentes, los límites del objeto son proyectivos por una parte y por la otra pueden relacionarse. Los límites de los objetos se proyectan en dos ejes y una posición relativa está determinada por la pareja de relaciones $-X, Y-$. Se introduce, así, un modelo de representación cualitativa en un modelo de dos dimensiones del espacio.

Seleccionamos información posicional en dos dimensiones para demostrar la utilidad de las aproximaciones cualitativas en el dominio espacial, ya que la información conceptual más simple es de relevancia práctica.

Escenas de dos dimensiones: Son escenas de tres dimensiones proyectadas en dos que se pueden caracterizar de la siguiente manera:

1. Un objeto ocupa un espacio y ese no se puede ocupar por otro, pero, cuando usted proyecta un objeto tridimensional en dos dimensiones puede aparecer superpuesto.
 2. Secuencial: la forma de los objetos y de sus proyecciones también afecta la complejidad del razonamiento.
 3. La forma: las proporciones de tamaño de los objetos influyen el tipo de relaciones posicionales que pueden haber entre ellos, ejemplo, objetos largos.
-

4. El tamaño: en cuanto relativo influye en el tipo de relaciones posicionales que se establecen entre objetos. Ejemplo: entre objetos grandes y alargados y objetos pequeños y cortos tiende a conformarse el siguiente conjunto de relaciones gruesas: adelante, atrás, derecha, izquierda.
5. Determinar las relaciones en un espacio "n" dimensional requiere un observador que se encuentre en una posición n+1.

Marco de Referencia: tres elementos están involucrados cuando se establecen relaciones entre posiciones:

1. el objeto primario - ubicado.
2. el objeto de referencia - con respecto al cual se ubica el objeto primario.
3. punto de vista - incorporado en la escena.

Para describir cualitativamente en dos dimensiones se requiere conocer qué distinciones cualitativas son necesarias para posiciones en dos dimensiones.

Dos factores determinan la percepción relativa de los objetos en el espacio de dos dimensiones:

1. Orientación relativa de los objetos.
2. Extensión de los objetos involucrados.

Estos factores son considerados independientemente y se obtienen dos clases de relaciones espaciales:

1. Relaciones topológicas: Ignoran la orientación; los objetos son iguales a puntos
2. Relaciones de orientación: Ignoran la extensión.

Para nuestro propósito definimos un conjunto de relaciones espaciales a partir de estas dos dimensiones:

1. Las relaciones de orientación describen dónde están los objetos ubicados el uno con relación al otro.
2. La posición relativa es dada por un par de relaciones topológicas y de orientación.

Arreglo: Hace referencia a la organización y disposición de los objetos, la orientación y los puntos de vista describen su posición, por ejemplo en la gráfica

3, tomamos como punto de ubicación el A, como punto de referencia el B y como punto de vista el C.



Ilustración 2.2

Si el punto de vista se realiza directamente hacia A, la posición de B puede describirse como que está antes de A o a la derecha; si el punto de vista se gira en diferentes ángulos hacia la izquierda puede verse que B está en la misma línea que A o delante o a la izquierda.

Las vistas del objeto ubicado al igual que el de referencia dependen de los arreglos locales en relación con la vista global, es decir, de la posibilidad de realizar un barrido en la dirección de las manecillas del reloj y así obtener un panorama general. Para representar las posiciones del objeto ubicado se utilizan el triángulo formado en cada momento por los tres puntos -el punto de vista, el objeto primario y el objeto de referencia-. El panorama está representado por la sucesión de triángulos cuando el punto de vista gira hasta completar los 360° (Ilustración 2.3).

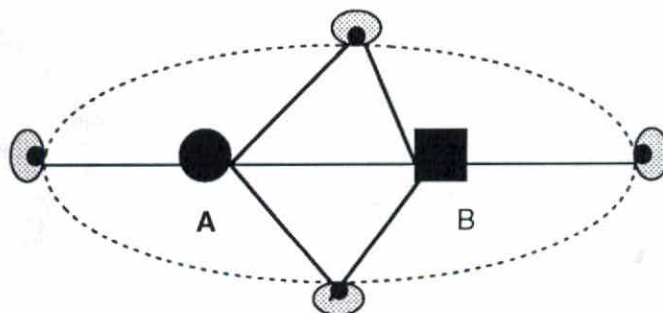


Ilustración 2.3

PROBLEMA 7: POSICIÓN DE UN OBSERVADOR

El problema seleccionado se ajusta al modelo de Hernández (1995) esquematizado en la ilustración 2.3. Consta de tres componentes: Un observador

representado por una elipse y dos objetos representados por segmentos de recta.

El usuario deberá encontrar la posición del observador tomando como referencia la dirección de los segmentos y sus ángulos visuales correspondientes.

A medida que el usuario hace click, sobre el campo de juego, el sistema le muestra un feedback dado por los ángulos visuales de un observador que estuviera en la posición determinada por el click.

El computador genera aleatoriamente los siguientes valores: Tres para cada segmento (dos determinan las coordenadas del punto inicial y uno el ángulo de inclinación) y dos para las coordenadas del centro de la elipse que representa el observador. Cada uno de estos valores está restringido a un intervalo dado por los vértices del rectángulo que representa el campo de juego.

Los visores que representan el estado final del problema (ubicados en la parte superior) se construyen haciendo una rotación de los triángulos formados por los extremos de cada segmento con el observador, de tal forma que este último quede ubicado en el punto medio del lado inferior del visor y la mediana (segmento que une el observador con el punto medio del segmento correspondiente) quede en dirección vertical.

Este problema tiene las siguientes características:

1. Es una representación en dos dimensiones de situaciones que suceden en tres dimensiones.
2. Combina relaciones de posición, dirección y abstrae la forma, la cual se simboliza por un segmento de línea.
3. El espacio del problema evoluciona a través de diferentes configuraciones con acercamientos graduales a la solución.
4. El tipo de razonamiento involucra la conjetura como una forma de cuál sería mi posición para poder percibir lo que el sistema me está indicando -una forma de razonamiento metacognitivo sobre la percepción-.

PROBLEMA SOBRE COLOR

Se define color como un atributo perceptual de la forma: la reflexión de una onda luminosa sobre una superficie es percibida por un observador.

El color se puede estudiar desde tres perspectivas (Solso, 1994):

La perspectiva física estudia el color en relación con la teoría ondulatoria de la luz. A la longitud de onda se le atribuye la propiedad denominada cromaticidad y a la amplitud de onda la de saturación.

La perspectiva neurofisiológica detalla, como el sistema visual constituido por

cerebro, ojo y las vías de transporte de señales ópticas, determina el procesamiento del color en los seres humanos.

La perspectiva perceptual relaciona el color con la estética y el diseño.

La Perspectiva Física

El fenómeno del color está relacionado con la luz, la cuál en la física se estudia desde tres enfoques, el mecánico, el cuántico y el ondulatorio. Aquí se asume el enfoque de la aproximación de la teoría ondulatoria.

Dos conceptos del enfoque asumido son básicos para entender el fenómeno del color: La longitud de onda y la frecuencia

Longitud de onda: es la distancia que recorre la onda en un ciclo de vibraciones o dicho de otra manera, es la distancia entre las crestas de una onda.

Amplitud de onda: es la distancia entre el punto más bajo del valle y el valor máximo de la cresta de una onda.

Frecuencia: número de vibraciones que pasan por un punto determinado en un segundo.

Cada color tiene una tonalidad específica; por ejemplo, el azul cian tiene una longitud de onda y una frecuencia únicas. Al variar alguna de las dos características se obtiene otro color u otro tono; de aquí se deriva que en muchos textos se utilicen color y tono como sinónimos.

El ojo humano tiene unos umbrales de percepción del color: Un valor mínimo de 350 nanómetros y un máximo de 750 nanómetros. A este rango se le denomina espectro visible del color para el ser humano.

En el espectro visible, la luz roja es la que tiene la longitud de onda más larga y la frecuencia más corta, y la luz violeta tiene la longitud de onda más corta y la mayor frecuencia. El blanco tiene la menor longitud y la mayor frecuencia de onda (en él se funden todos los colores). En el espectro no se encuentra el negro que se forma por la ausencia de luz y, por tanto, de color.

Si se considera la amplitud de onda, se obtiene la propiedad de saturación del color; ésta es la intensidad relativa. Un mismo color, que mantiene constante su longitud de onda, puede tener diferentes amplitudes de onda. A mayor amplitud de onda mayor concentración del color.

La tercera característica del color es la **luminosidad** y ésta se relaciona con las escalas físicas de intensidad luminosa. La incidencia de la luz blanca sobre los objetos es fundamental en la percepción del color. Un objeto determinado bajo una luz distante, tendrá un color parejo, a medida que la fuente se acerca el color del objeto se percibirá más claro y al alejarse la fuente de luz o al hacerse ésta más tenue, el color se percibirá más oscuro de lo que realmente es. En diseño la

luminosidad se utiliza agregando blanco o negro, produciendo así sensaciones de volumen y de distancia.

Perspectiva Neurofisiológica

En los seres humanos, el proceso visual del color comienza cuando la luz atraviesa el cristalino y alcanza la retina, Allí la luz incide en unas células fotorreceptoras especializadas denominadas conos y bastoncillos, ubicados en la retina, que al procesar la señal de color, la envían al cerebro a través del nervio óptico.

Los bastones y los conos disponen de orgánulos especializados en el transporte y transmisión de señales. En un extremo de la célula se encuentra el denominado segmento externo, que absorbe la luz y genera las señales eléctricas. En el otro extremo, se localiza la terminación sináptica que, mediante la secreción de un transmisor químico, envía las señales a otras neuronas (las células bipolares y horizontales) de la retina. El segmento externo contiene una gran extensión de membrana fotosensible, tachonada de moléculas de un pigmento que absorbe la luz. La membrana fotosensible de los conos es una lámina ancha, de complejos pliegues, que hace también las veces de membrana superficial, donde se genera la señal eléctrica.

Los conos responden clasificando los diferentes colores. En caso de niveles lumínicos muy bajos solo trabajan los bastoncillos, que al ser de un solo tipo, no pueden hacer distinción de colores; estos tienen una sustancia llamada rodopsina y, como resultado, son unas 500 veces más sensibles a la luz que los conos. Los bastones se distribuyen por toda la retina excepto en la fóvea y el punto ciego.

Los conos se clasifican en tres tipos que contienen diferentes pigmentos (moléculas fotoabsorbentes). El primer tipo de conos responde a las longitudes de onda corta (sector azul y verde del espectro); el segundo tipo a las ondas de longitud media (luz verde) y el tercero a las longitudes mayores (luz amarilla, naranja y roja). Los conos se distribuyen en la fóvea, región central de la retina.

Las señales que reciben los conos y bastones son transportadas por los nervios ópticos que se juntan en el quiasma óptico, donde se produce un entrecruzamiento de fibras nerviosas; luego, llegan a los núcleos geniculados que son zonas donde los axones de la retina terminan en dendritas, las cuales se comunican con otras neuronas. Son los axones de estas últimas células los que llevan la información al córtex cerebral; allí el cerebro procesa la señal.

El color en Vega JG.

Maneja una degradación de tonos ocres de claro a oscuro, que van desde el centro hasta el borde de la aparente esfera, en ese momento el color cambia a grises cálidos, formando el plano cuadrado. Vasarely imprime en cada modulo un color completamente saturado de textura lisa, logrando un efecto de luminosidad

central en la que el centro de la esfera y del cuadrado se encuentra más iluminada que en los bordes.

En esta obra Vasarely utiliza líneas conceptuales, que sólo existen en apariencia, la cual es generada por el contraste de color entre los módulos en relación al toque. Este es un elemento de relación en el diseño que integra figuras: cuando dos figuras se tocan se anula el espacio que las separa y se percibe una tercera.

Cada modulo se compone de dos clases de planos; uno cuadrado que se transforma en rombo, y otro circular, que evoluciona a elipse. El primero maneja el degradé del color ocre y el segundo tonalidades de blanco y negro.

Esto genera, en conjunto, la sensación de volumen, el cual sólo se aprecia por las diferencias graduales que tienen, tanto las tonalidades, como los cuadrados y círculos. Las formas utilizadas por Vasarely son geométricas en su totalidad. El formato es un cuadrado, que es el componente predominante y, a la vez, el más pequeño. El círculo es el elemento central desde el cual se genera toda la obra y a su vez es el resultado final de dicho proceso. La transformación de cuadrados y círculos conducen a la formación de una esfera, la cual es el volumen de un círculo que vuelve a ser cuadrado.

Los colores y sus combinaciones conducen a significados asociativos que pueden tener poco que ver con la experiencia visual directa y sus significados van ligados a procesos personales y sociales únicos. Existen diferentes interpretaciones y aplicaciones del color de acuerdo a los eventos que se quieran resaltar o representar: el rojo, por ejemplo, puede significar vitalidad, amor, alegría, pero también puede significar agresión, crueldad, disturbios o inmoralidad.

La Perspectiva Computacional del color

La representacional del color se hace con base en dos esquemas: la primera (paleta RGB) combina los colores rojo, verde y azul para obtener colores derivados; el segundo esquema (HLS) combina valores para tonalidad, luminosidad y saturación para obtener el color deseado. Siguiendo cualquiera de las dos aproximaciones, los programas de pintura configuran colores predefinidos que un usuario puede emplear un usuario para colorear un objeto; pero, esto no es óbice para que se puedan usar directamente las combinaciones RGB o HLS.

La cantidad de colores definibles en un computador depende en mucho de la configuración del hardware. Un sistema SVGA puede desplegar 256000 o más colores.

PROBLEMA 8: LABORATORIO DE COLOR.

Este módulo consta de varias figuras poligonales, que son diferentes alternativas para lograr estructurar una composición mediante combinación de colores y obtener como resultado una sensación de volumen planteado por Vasarely. El problema como tal se centra en el proceso perceptivo en el marco de reconocimiento de patrones,

para lo cual se utiliza las posibilidades de cálculo que da el computador.

Los colores que va a utilizar el jugador se obtienen utilizando tres tipos de paletas:

- La paleta basada en la combinación de los colores aditivos primarios, conocida como paleta RGB.
- La paleta basada en manejar la tonalidad, la luminosidad y la saturación del color, conocida como paleta HLS.
- Y una paleta de colores predeterminados en la que el usuario escoge el color que desee adicionar a la estructura.

Las estructuras están conformadas por 15 grupos de figuras concéntricas. El jugador puede escoger el porcentaje de grupos que desea colorear (25, 50, 75 o 100 por ciento) y la zona de este porcentaje (intercalado, centro o extremo de la estructura).

En este problema se tiene las siguientes características:

1. El espacio bidimensional está constituido por módulos conformados por figuras geométricas, sobre las cuales se puede efectuar todas las combinaciones posibles de color que el usuario quiera experimentar.
2. El número de polígonos con el que cuenta la figura restringe el espacio de búsqueda. La sensación de volumen y profundidad está acorde con la teoría de efecto visual planteada por Vasarely.
3. El movimiento está asociado al concepto de equilibrio visual logrado mediante la búsqueda de las secuencias sistemáticas de los componentes del color.
4. El feed back, según la paleta que haya escogido, está dado por una terna de cantidades, en la cual la primera serie de números indica la tonalidad, o la mezcla de colores primarios; la segunda el brillo y la tercera la saturación.
5. La solución al problema es colorear y lograr la sensación de volumen. El sistema realiza la evaluación y le da aprobación o no al logro del objetivo.
6. Con respecto a los problemas anteriores éste involucra el manejo del espacio visual y la forma a través del color.

PROBLEMA SOBRE RAZONAMIENTO DE MECANISMOS

El siguiente problema toma como tema el razonamiento espacial aplicado a mecanismos, enmarcado dentro de la concepción cognitiva de la animación mental (Hegarty, 1995).

La aproximación al estudio de los mecanismos se basa en la teoría general de

agentes y ambientes desarrollada en el contexto de la Inteligencia Artificial, aunque los objetos particulares que se incorporan al problema no sean agentes inteligentes, sino mecanismos acoplables a la actividad del ser humano.

Russell y Norvig (1996: 33) expresan: "un agente es todo aquello que puede considerarse que percibe su ambiente mediante sensores y que responde o actúa en tal ambiente por medio de efectores". Por ejemplo, en un robot que ejecuta una acción de llevar un objeto de un lugar a otro es un agente.

Si un robot que ejecuta una acción de llevar un objeto de un lugar a otro, los sensores podrían estar constituidos por cámaras y telémetros infrarrojos y los efectores por sus motores; la información que percibe, se obtiene de propiedades específicas de los objetos de su entorno perceptibles por los sensores. Esta información alimenta un proceso de razonamiento en el robot que lo conduce a tomar decisiones, las cuales, a su vez activan acciones que comprometen a un mecanismo efector (brazo), a través del cual el agente modifica la posición de un objeto (Ilustración 2.4).

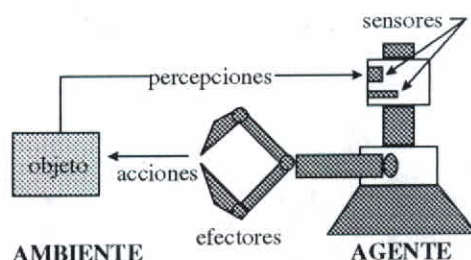


Ilustración 2.4. Agente inteligente (robot)

Relación hombre - máquina

El hombre, en cuanto agente, tiene sensores constituidos por sus ojos, oídos y otros órganos sensoriales y efectores conformados por sus manos, piernas y otras partes del cuerpo. Tanto los unos como los otros son potenciados por las máquinas.

Un agente se constituye como un sistema diferenciado con respecto a los seres que le rodean. Lo que no constituye el sistema como tal se llama entorno. La percepción del agente se desarrolla en cuanto identifica rasgos de ese entorno. La propiedad de externalidad pareciera estar asociada a la percepción; sin embargo, existe un caso especial, cuando el agente puede percibir cambios en sus elementos constitutivos. En este caso, nos referimos al ambiente interno (Luhman, 1997).

La percepción y la acción son dos componentes de la interacción agente-entorno. Cuando un agente actúa, usando sus efectores, genera cambios en su entorno y simultáneamente en su ambiente interno. Estos cambios pueden eventualmente

ser percibidos y dar origen a nuevas acciones. Esta dinámica de actuar-percibir - actuar (en un ciclo potencialmente infinito) describe lo que denominamos interacción.

Un fenómeno de interés para nuestros propósitos tiene que ver con el concepto de acoplamiento. Dos sistemas se acoplan si redefinen sus límites de tal manera que durante un tiempo se constituyen como un sistema nuevo; es decir, que el conjunto de los dos sistemas tienen el mismo entorno, un mismo ambiente interno y los mismos sensores y efectores. Podemos decir que se opera una diferenciación nueva del sistema. Tal sucede cuando el hombre utiliza una máquina para ejecutar una acción en el entorno.

Si consideramos el hombre como un agente racional que maniobra una máquina existe un acoplamiento que se da de dos formas: perceptual y efectora. Cuando se da dicho acoplamiento, se genera una extensión del agente racional (humano) en la máquina, lo cual incrementa o potencia las acciones orientadas a modificar el ambiente (Ilustración 2.5).

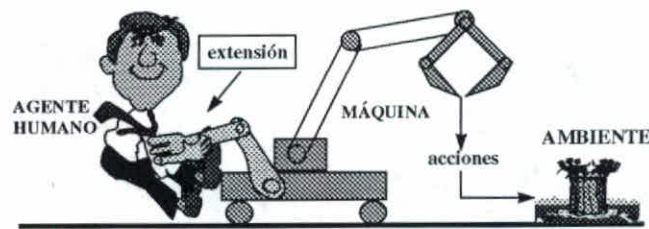


Ilustración 2.5. Acoplamiento hombre-máquina

Mecanismo como Agente de Dominio

Los agentes pueden ser clasificados con base en la propiedad de inteligencia. Para ser inteligente se requiere mostrar características de racionalidad y autonomía.

Retomando lo anterior, podemos considerar máquinas cuya inteligencia depende del acoplamiento con el ser humano, carentes de racionalidad o autonomía. En el problema que se presenta para que los estudiantes resuelvan en este proyecto, se considera un sistema acoplado hombre - máquina que debe producir alguna acción sobre un objeto estático contenido en el entorno.

El dominio de conocimiento está constituido por la estructuración de una máquina, su acople al ser humano y la realización de una función de traslación de un objeto

de una posición a otra en el entorno.

PROBLEMA 9: RAZONAMIENTO SOBRE MECANISMOS.

¿Cuáles son las propiedades estructurales del agente (mecanismo) para trasladar un objeto estático, contenido en un ambiente, de una posición "A" sobre un contenedor "X" a una posición "B" sobre un contenedor "Y"?

Tanto las posiciones como los contenedores son definidos en el ambiente computarizado. Para construir la solución del problema, el sujeto abstrae la estructura del agente de su imagen gráfica, la cual funciona como un elemento portador de información.

Características del problema

1. El modelo está conformado por un agente no racional (mecanismo), acoplable a un agente racional a través de sus efectores y un ambiente constituido por un objeto estático y un soporte donde descansa la totalidad del peso del objeto y de los agentes mismos.
2. Tanto los agentes como el objeto satisfacen la relación contenido-contenedor con respecto a su soporte. El contenedor es considerado, en nuestro caso, como un elemento superficial sobre el cual van soportados objetos que denominamos contenidos.

Los soportes estructurales del mecanismo y del objeto se pueden considerar como contenedores en la medida en que hay una correspondencia entre la forma de la superficie que soporta y la forma del objeto soportado. Una cavidad cilíndrica, una superficie horizontal o un plano inclinado pueden, de alguna manera, cumplir la función de contenedores. En la Ilustración 2.6 se muestran diferentes relaciones entre contenedor y contenido.

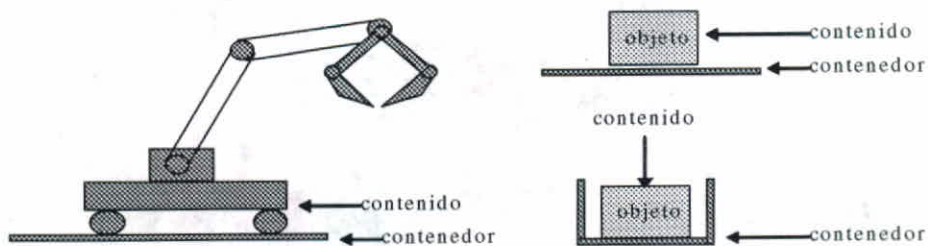


Ilustración 2.6. Relación contenedor- contenido

Metodología para la descripción de mecanismos

Se puede hacer análisis de una máquina usando los términos relativos de bastidor y mecanismo. Una máquina se puede ver como compuesta de un bastidor y un mecanismo. Un conjunto A de partes de una máquina con respecto a otro

conjunto B de partes de la misma máquina cumple la función de bastidor si A sirve de soporte a B. Tanto A como B se comportan como sistemas integrados en sí, que se acoplan mediante un elemento estructural que denominamos articulación.

El bastidor está directamente vinculado al contenedor, pero, forma parte de la máquina. En un análisis de acoplamiento secuencial de partes, iniciando en el contenedor, las piezas que componen el conjunto anterior cumplen la función de bastidor para la pieza siguiente y el nuevo conjunto, a su vez, sirve de bastidor a la siguiente pieza hasta obtener el mecanismo terminado. En el ejemplo de la Ilustración 2.7, el bastidor1 está inicialmente contenido en la superficie que lo soporta (contenedor); este nuevo sistema, en la segunda etapa, es bastidor para un mecanismo subsecuente y, al tenerse acoplada la siguiente parte, a su vez sostiene el siguiente elemento nuevo, hasta terminar el ensamblaje del sistema. Es decir, la relación bastidor-mecanismo se redefine en la medida en que se integra la máquina.

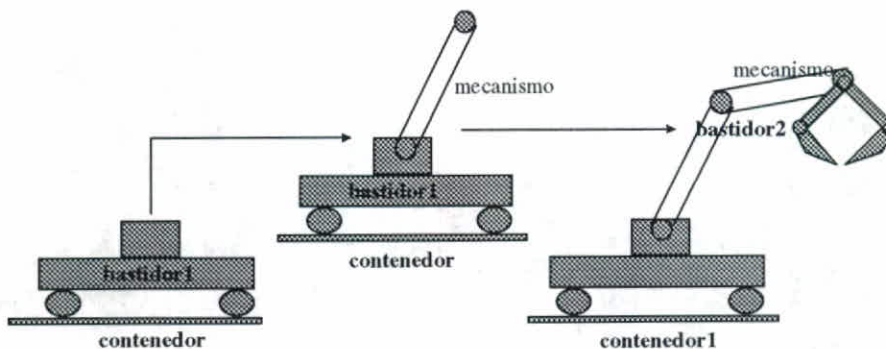


Ilustración 2.7. Subsistema conformado por bastidor y mecanismo

Metodología para la Descripción de la función de un Mecanismo

El mecanismo (agente) es funcional y estructuralmente un sistema que genera cambios en las propiedades de un objeto estático contenido en un ambiente. Estructuralmente un mecanismo, puede estar conformado por tres elementos que lo llevan a ser funcional: El primero es un bastidor que cumple la función de soporte, el segundo un punto de articulación que funciona como elemento estructural y un tercer elemento es un generador de movimiento que dinamiza el mecanismo. Con la composición y función del mecanismo se genera el cambio de posición del objeto. La Ilustración 2.8 muestra la composición de esta estructura.

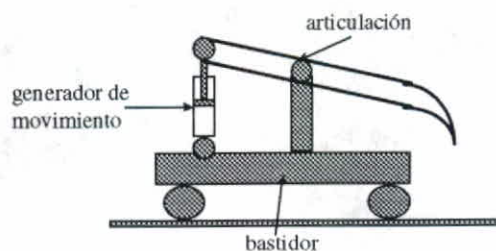


Ilustración 2.8. Estructura de un mecanismo

Relación entre Agente y Objeto

Un objeto se caracteriza por dos propiedades: su posición sobre la superficie contenedora y su forma.

Un objeto se integra a un mecanismo (agente) a través de un sistema de agarre. Esto permite ver una nueva estructura en la cual el objeto está soportado por un punto de articulación al mecanismo (Ilustración 2.9).

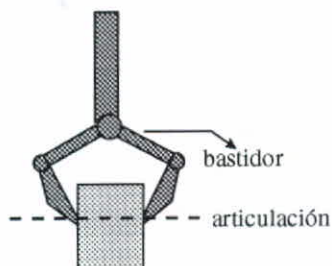


Ilustración 2.9. Estructura no-funcional

Entorno del Objeto

El cambio de posición del objeto por acción del mecanismo define dos partes en el entorno sobre las cuales el objeto cambia sus propiedades. La una, con una tendencia horizontal en la cual el objeto puede anclarse y la otra, entorno de elevación, donde el objeto queda suspendido en un elemento intermedio (estiba) que funciona como un soporte de enganche, sin contacto directo con la superficie horizontal (Ilustración 2.10).

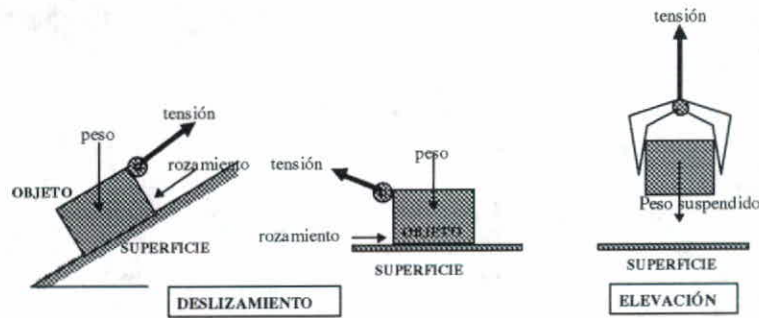


Ilustración 2.10. Entornos

Cuando la acción sobre el objeto se realiza en el entorno de elevación el acoplamiento del objeto al mecanismo se hace a través de un sistema de agarre de mordaza, gancho o polea.

Si el objeto descansa en una plataforma (estiba), el peso del objeto es compartido entre la superficie y el elemento intermedio. Si el tipo de movimiento del objeto no requiere perder contacto con el soporte, el esfuerzo del mecanismo es compartido con el soporte y el agarre podría constituirse de uñas o elevadores.

En conclusión, el diseño de un ambiente para solución de problemas gráficos sobre mecanismos nos lleva a considerar variables como: tipos de mecanismos, formas de agarre para sujeción del objeto y entornos con contacto superficial y sin éste.

Tipos de Razonamiento

Razonamiento Cualitativo

Desde el punto de vista del diseño de mecanismos se ha considerado el análisis cualitativo como un elemento que permite ver el comportamiento del sujeto que soluciona problemas relacionados con la construcción gráfica de mecanismos a partir de la identificación de patrones estructurales de sistemas, compuestos por contenedores y contenidos. El análisis cualitativo se ocupa por identificar la variación de las propiedades estructurales del mecanismo (agente activo) por parte del sujeto. La acción del mecanismo se concreta en generar cambios en algunas propiedades del objeto (agente pasivo), tales como: posición y desplazamiento, determinantes para la formulación del problema. El problema presentado requiere del usuario este tipo de razonamiento.

Razonamiento Cuantitativo

Con relación al análisis cuantitativo, teniendo en cuenta la misma construcción del mecanismo anterior, podríamos llevar al sujeto a calcular el desplazamiento de los objetos, el ángulo de giro de los dispositivos que componen el mecanismo, el rozamiento del objeto con el contenedor, las esfuerzos compartidos por mecanismo - contenedor, etc.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

Este trabajo se centra en el estudio de estrategias de solución de problemas. Un estudio previo se encontró (Maldonado y Andrade, 1996) que los juicios de metamemoria estaban relacionados con la activación de estrategias de solución de problemas. Esto hace pensar que los estudiantes cuando tienen activadores de juicios de metamemoria desarrollan más problemas que aquellos que no los tienen. Por otra parte, se analiza, si la escogencia de estrategias de solución de problemas incide en la variedad de estrategias. Finalmente, interesa estudiar la relación entre uso de estrategias fuertes y la transferencia de estas estrategias a otros problemas.

NO EXISTE
ESTA CITA

En la determinación de los activadores de juicios de metamemoria se sigue el modelo de Nelson y Narens (1990), como se presentó en el Capítulo I. Un activador de juicio de metamemoria es una condición antecedente a una ejecución, por ejemplo, una pregunta, o una decisión sobre condiciones de tiempo o de oportunidades de respuesta que inducen al estudiante a realizar valoraciones a futuras respuestas o de respuestas previas.

NO EXISTE ESTA
CITA

Siguiendo el citado modelo, los activadores a los que nos referimos están relacionados con juicios a cerca de la facilidad de aprendizaje, emitidos previamente a la adquisición de un aprendizaje (EOL = easy of learning); juicios acerca del aprendizaje y que se emiten durante o después de un aprendizaje o de ejecución futura de ese aprendizaje (JOL = judgments of learning); juicios sobre ítems que no se recuerdan en el momento y que valoran si se tienen o no aprendizajes que ya se aprendieron o se están aprendiendo (FOK = feeling-of-knowledge).

Los intereses de la investigación se resumen en las siguientes preguntas:

1. ¿Existe diferencia significativa en la cantidad de problemas resueltos por unidad de tiempo entre un grupo de estudiantes que usan un ambiente activador de juicios metacognitivos sobre memoria y otro que usa un ambiente no activador de estos juicios?

2. ¿Existen diferencias en cuanto a cantidad de estrategias usadas por un grupo que es entrenado en un ambiente que exige escogencia de estrategias con respecto a otro grupo que no tiene esa experiencia de aprendizaje? ¿Existen diferencias significativas en pruebas de generalización entre estudiantes que desarrollan estrategias fuertes de solución de problemas y aquellos que no desarrollan estas estrategias?.

OBJETIVOS DEL PROYECTO:

Como propósito general de esta investigación se busca establecer la relación entre la autoevaluación como proceso activador de la metamemoria y el desarrollo de estrategias de solución de problemas de orden espacial.

Específicamente interesa:

- ✓ Analizar el impacto de ambientes computacionales cuyo dominio es el razonamiento espacial y que propician juicios acerca de la facilidad, la adquisición y la sensación de aprendizaje (metamemoria) sobre el desarrollo de habilidades de razonamiento espacial.
- ✓ Analizar el impacto sobre el desarrollo de habilidades para solucionar problemas de orden espacial de un ambiente computacional que estimula la escogencia de estrategias previamente a la solución de problemas presentados por el mismo sistema.

El proceso de investigación se organizó alrededor de tres hipótesis generales, las cuales se desglosaron en hipótesis más específicas, teniendo en cuenta las posibilidades de observación y medida que proveen los ambientes diseñados con el propósito de hacer su contrastación.

Las **hipótesis** formuladas al inicio del proyecto prevén que:

- H1.- Los estudiantes que hacen juicios sobre metamemoria activan sus estrategias de solución consolidadas previamente, mejorando su efectividad en la solución de los problemas. Por tanto, **habrá diferencia significativa en la cantidad de problemas resueltos por unidad de tiempo entre un grupo de estudiantes que usan un ambiente**
-

activador de juicios metacognitivos sobre memoria y otro que usa un ambiente no activador de estos juicios.

H2.- La estimulación de escogencia de estrategias previamente a la solución de problemas forma nuevas estrategias de solución. En consecuencia, **habrá diferencias entre la cantidad de estrategias usadas por un grupo que es entrenado en un ambiente que exige escogencia de estrategias con respecto a otro grupo que no tiene esa experiencia de aprendizaje.**

H3.- La utilización de estrategias fuertes de solución de problemas permite al estudiante elaborar conocimiento que es independiente del contexto en que se adquirió. En consecuencia, **se hallarán diferencias significativas en pruebas de generalización entre estudiantes que desarrollan estrategias fuertes de solución de problemas y aquellos que no desarrollan estas estrategias.**

ESTRUCTURA GENERAL DEL AMBIENTE EXPERIMENTAL

Esta investigación combina dos metodologías:

La primera se caracteriza por el uso del *Modelo experimental estadístico*: se evalúa el impacto de los procedimientos experimentales sobre los sujetos y se hacen inferencias sobre la población. La segunda utiliza un análisis de protocolos que permiten simular el proceso de solución de los problemas por parte de cada sujeto.

Se diseñaron cuatro versiones de software: una primera presenta de manera simple los problemas para resolver; la segunda, incluye un mecanismo activador de juicios de metamemoria; la tercera incorpora un mecanismo activador de selección de estrategias de solución; y, la cuarta versión retoma tanto el mecanismo activador de metamemoria como el de selección de estrategias de solución.

Las cuatro versiones de software determinan cuatro condiciones experimentales para un diseño factorial dos por dos, como se representa en la siguiente tabla:

	CON ACTIVADOR DE METAMEMORIA	SIN ACTIVADOR DE METAMEMORIA
CON ESCOGENCIA DE ESTRATEGIAS	GRUPO -1	GRUPO - 2
SIN ESCOGENCIA DE ESTRATEGIAS	GRUPO - 3	GRUPO - 4

TABLA 3.1. cuatro condiciones experimentales para un diseño factorial dos por dos

Los Módulos. Se desarrollaron nueve programas de computador. A cada uno de estos programas se les denominó módulos. La forma de presentación son nueve juegos de descubrimiento. Una vez encontrada la solución, el sujeto puede reducir el error a niveles muy cercanos a cero. Los nueve juegos fueron organizados en un paquete que permitía acceso secuencial y controlado por el computador a través de un menú. La siguiente es la secuencia de presentación de los problemas para ser resueltos:

- Juego 1. Líneas en Equilibrio.
- Juego 2. Líneas al Azar.
- Juego 3. Puntos en Equilibrio.
- Juego 4. Puntos al Azar.
- Juego 5. Rompecabezas de Piezas Ensamblables.
- Juego 6: Rompecabezas Vega J.G
- Juego 7: Posición de un Observador.
- Juego 8: Laboratorio de Color.
- Juego 9: Razonamiento sobre Mecanismos.

Variantes de los módulos. Los juegos 1 a 5 están estructurados según el esquema de la tabla 3.1. El juego 6 no tiene activadores de juicios de

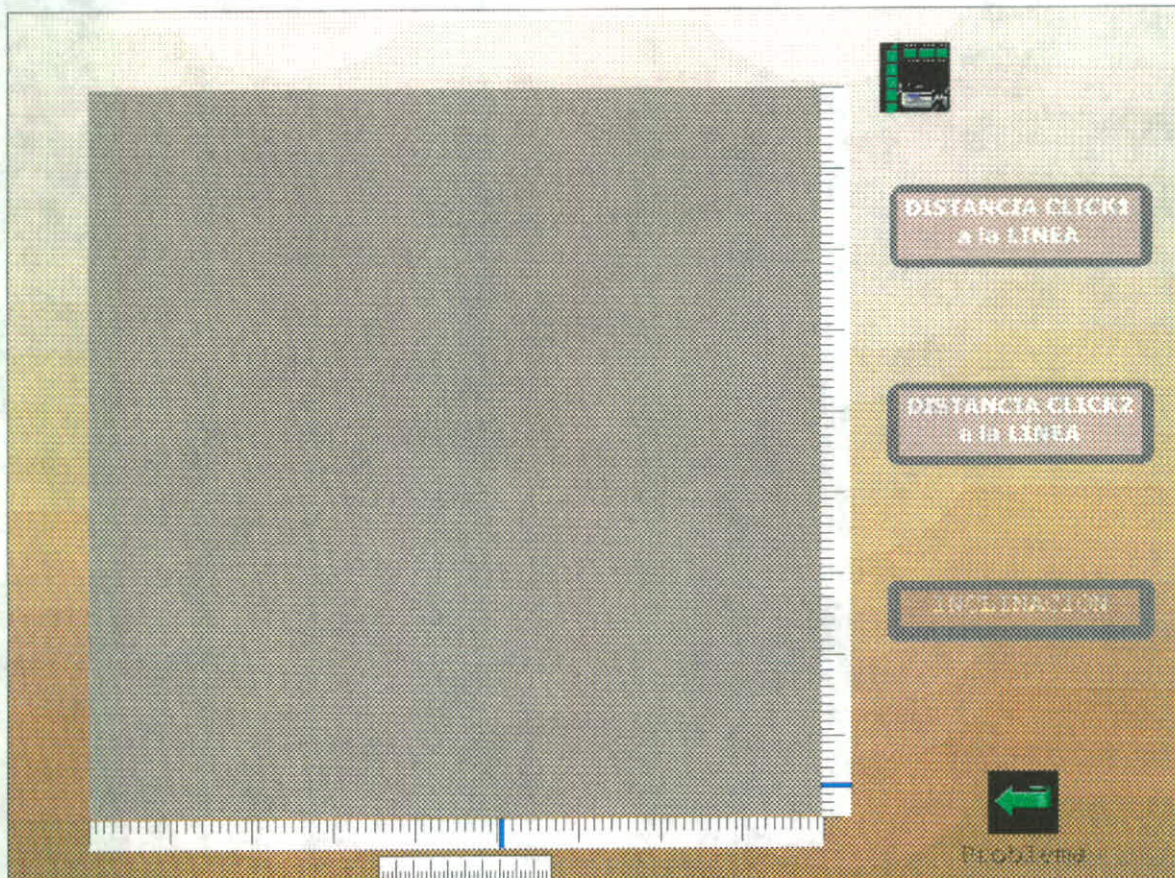
PROBLEMA
BUSQUE CUATRO LÍNEAS EN EQUILIBRIO.
REGLA DEL JUEGO

Haga click en dos puntos por donde piensa que pasa la Línea. El computador le informará sobre la distancia y dirección de los puntos que usted dibujó en relación con la línea de equilibrio más próxima. Hay una regleta que puede activar haciendo click sobre ella.

CLICK



ILUSTRACION 3.1



metamemoria ni sugiere estrategias; esto se hace para comparar los cuatro grupos que han tenido historias experimentales diferentes. Los juegos 7, 8 y 9 tienen una **forma A de entrenamiento** y otra **B de generalización**; donde la forma B es una variante del juego que no considera activadores ni estrategias. Igual que en el caso del juego 6, la función de la forma B es la evaluación de transferencia de estrategias de acuerdo al historial experimental previo de los sujetos.

Niveles de aprendizaje. Los sujetos enfrentaron la solución de cada juego tres veces: la primera se considera como etapa de descubrimiento; la segunda de consolidación y la tercera etapa de dominio. Esta estructura permite la interpretación discriminada de los datos y el impacto de las variables independientes según el nivel de aprendizaje.

Frente a la primera hipótesis, el conjunto de los módulos permite analizar si globalmente la hipótesis se cumple y considerar la sucesión de módulos como repeticiones sucesivas del mismo experimento para lograr un análisis más fino de la información.

De igual manera se puede contrastar los grupos que tienen escogencia de estrategia con los que no, tomando como indicador la cantidad de estrategias usadas. Se hace un análisis global y comparaciones de grano fino por módulo, resaltando las variaciones debidas a la clase de problema. Para lograr este propósito, a cada uno de los módulos se le programó un sistema de seguimiento a los sujetos con base en la identificación de operadores, operandos y transiciones de estado. El computador hace seguimiento al sujeto y genera un protocolo ejecutable que permite al investigador replicar el proceso seguido por cada sujeto.

Se decidió por esta forma de protocolos y no por los protocolos de información verbal dada la facilidad para la recolección e interpretación de la información y la consistencia con los procesos de solución de problemas. Siguiendo los planteamientos de Fagin et al. (1995) el protocolo es una descripción de las acciones que un agente toma en función de estados locales. El protocolo como tal se expresa en un programa ejecutable.

En un tercer nivel el computador genera un reporte estructurado que permite identificar las estrategias seguidas. Con base en esta información los investigadores identifican estrategias y las clasifican como fuertes o débiles. Una estrategia fuerte reduce sistemáticamente la entropía hasta llevar a la solución del problema. Una estrategia débil, resuelve eventualmente el problema o no lo resuelve. A partir de la secuencia de módulos, se analiza la generalización de módulo a módulo para identificar si la existencia de estrategias fuertes en un sujeto incide en su nivel de generalización.

El sistema tiene programadas las siguientes decisiones frente a las acciones registradas del usuario:

- Si el usuario hace click fuera del área sensible, le envía un mensaje de tipo texto indicándole la zona de trabajo.
- Si el número de clicks es igual al número máximo de jugadas permitido, da por terminada la sesión actual y abre paso a la siguiente sesión sobre el mismo problema.

DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS

Ambiente de programación. Los módulos se realizaron en el lenguaje OpenScript de Toolbook 4.0 CBT Edition¹. Para el desarrollo del experimento se usaron computadores Pentium de 133 MHZ y pantallas SVGA configurados en color real.

Juego 1. Líneas en Equilibrio

El ambiente textual, Permite dar orientaciones de tipo texto a través de campos al usuario y cumple las siguientes funciones:

* Presentar al usuario el problema y la regla de juego (Ilustración 3.1). " Busque cuatro líneas en equilibrio" Haga click en dos puntos por donde piensa que pasa la línea. El computador le informará sobre la distancia y dirección de los puntos que usted dibujó en relación con la línea de equilibrio más próxima. Hay una regleta que puede activar haciendo click sobre ella.

* Dar información al usuario sobre la distancia del click con respecto al objetivo señala: las distancias de dos clicks a la recta más próxima.

Activadores de Juicios de Metamemoria

La variable independiente como activador de juicios de metamemoria se define operacionalmente a través de un conjunto de datos obtenidos por el computador, como respuesta a las siguientes preguntas:

- ◆ Calcule cuántos intentos necesita para resolver el problema?; evalúe de 8-50.
- ◆ Para usted qué grado de dificultad presenta el problema?; (Tiene 5 opciones).

¹ ToolBook es software registrado por Asymetrix Corporation.

Evalúe entre Muy fácil y Casi imposible

- ◆ Qué tan seguro está de haber aprendido a resolver el problema?; evalúe 1 ó 2.

Cada vez que inicia una serie se le plantean las dos primeras preguntas al sujeto. La tercera se le plantea al dar solución al problema.

Estrategias Sugeridas

Las estrategias sugeridas a los sujetos para la exploración y que se orientan a reducir el espacio del problema en la búsqueda de la solución se formularon a partir del análisis de protocolos de sujetos que resolvieron el mismo problema en otra plataforma para otra investigación (Maldonado y Andrade 1996) y que se presentan a continuación:

1. Partición del área en cuadrantes
2. Partición diagonal del área.
3. Exploración de puntos en los vértices y centro.
4. Tomar un punto al azar y reducir la distancia en una dirección.
5. Tomar un punto y girar alrededor de éste.

Seguimiento y Registro

El sistema programa un número de intentos y registra los siguientes datos:

- El acumulado de intentos hasta un límite (50 clicks).
- La posición (coordenadas) de cada click.
- Los patrones de secuencia de clicks que puede ser usados para identificar estrategias.
- Sí halla o no la solución.
- Sí el usuario sale del programa sin terminar la solución del problema.

La solución al problema está basada en el concepto de equilibrio geométrico planteado por Arnheim.

Juego 2. Líneas al azar

El problema consiste en encontrar un segmento de línea que el computador dibuja y ubica en un sitio seleccionado de manera aleatoria dentro de un cuadrado. El sujeto dispone de información sobre la inclinación de las líneas ocultas y las

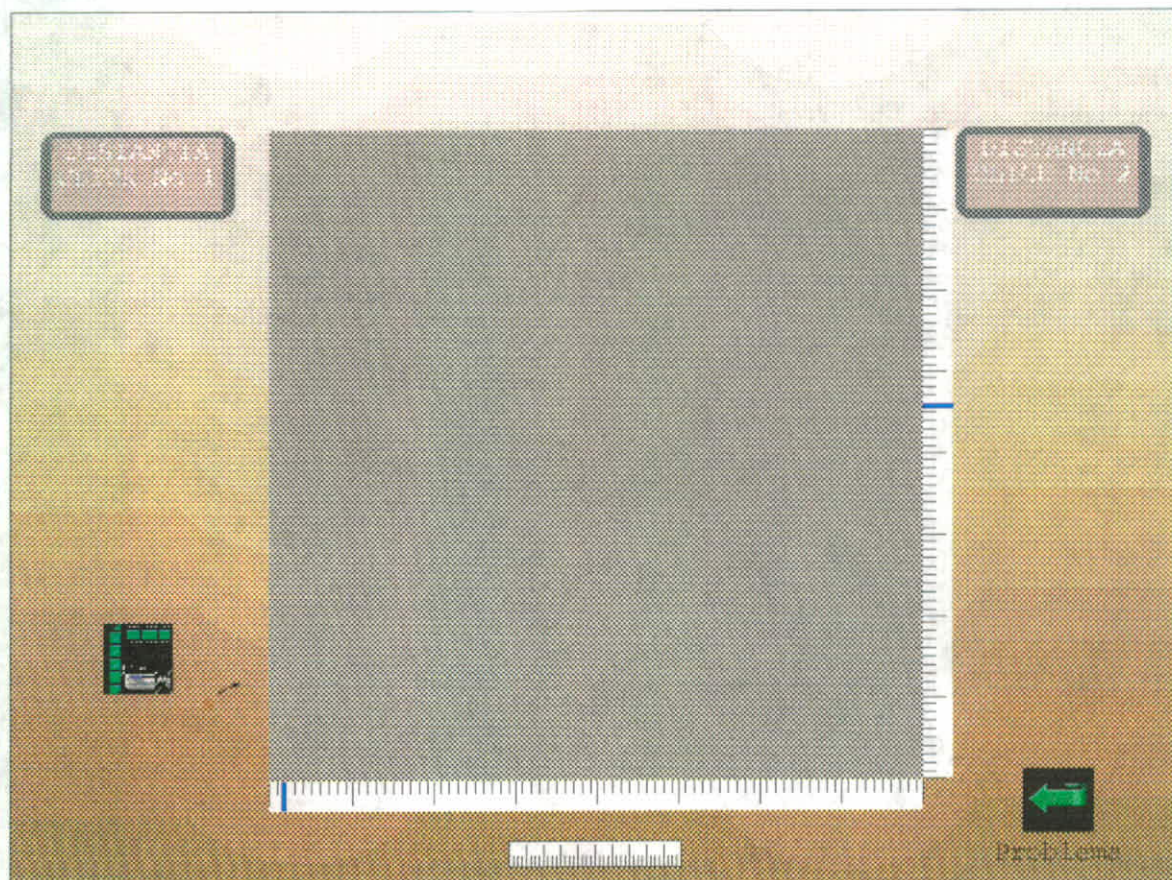
PROBLEMA
BUSQUE UNA LÍNEA DENTRO DEL CUADRADO.

REGLA DEL JUEGO

Haga click en dos puntos por donde piensa que pasa la Línea. El computador le informará sobre la distancia y dirección de los puntos que usted dibujó en relación con la línea oculta. Hay una regleta que puede activar haciendo click sobre ella.



ILUSTRACION 3.2



distancias de los dos clicks a la línea oculta (Ilustración 3.2).

Los activadores de juicios de metamemoria son los mismos que para el juego 1.

Estrategias Sugeridas

Para sugerir las estrategias al grupo experimental se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Ubicación de dos puntos en cualquier sitio del área de trabajo.
- Evaluación de las distancias de los dos puntos a la línea oculta.
- Memorización de la ubicación de los puntos y los valores de distancia.
- Reducción de las distancias a cero en la pareja de puntos siguiente.

Seguimiento y Registro

El sistema programa un número de intentos y registra los siguientes datos:

- El acumulado de intentos hasta un límite.
- La posición (coordenadas) de cada click
- Los patrones de secuencia de clicks que puede ser usados para identificar estrategias.
- Sí halla o no la solución.

Sí el usuario sale del programa sin terminar la solución del problema.


Juego 3. Agujeros en Equilibrio.-

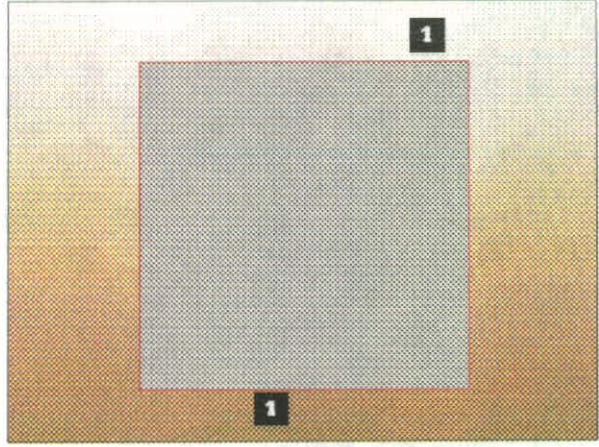
El problema consiste en hallar círculos - agujeros negros - ocultos en un plano bidimensional, los cuales están ubicados en las zonas de equilibrio del cuadrado expresadas como componentes de la estructura inducida de Arnheim.

En el primer nivel de juego debe encontrar un punto. Luego dos y finalmente tres. Como información el usuario tiene un campo que le permite ver la distancia del click con relación al agujero más cercano, ya sea en forma cualitativa (Muy frío, Frío, Tibio, Caliente y Lo hallaste) o cuantitativa (tipo numérico) (Ilustración 3.3).


Los activadores de juicios de metamemoria son los mismos que para el juego 1.

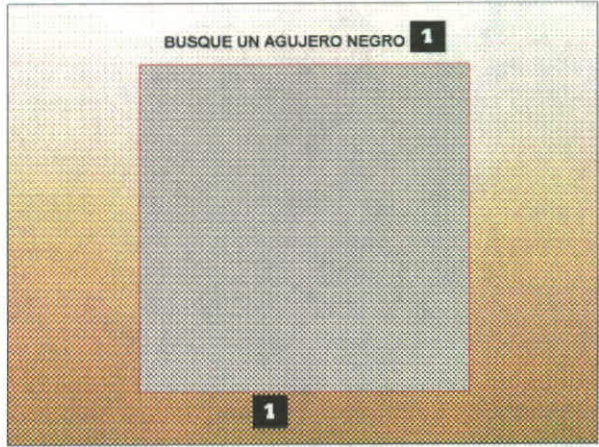
PROBLEMA
BUSQUE UN AGUJERO NEGRO
REGLA
Haga click en el punto donde piensa que está el agujero negro. El computador le informara sobre la distancia del punto que usted coloco en relación con el agujero en equilibrio más próximo.

CL 



PROBLEMA
BUSQUE UN AGUJERO NEGRO
REGLA
Haga click en el punto donde piensa que está el agujero negro. El computador le informara sobre la distancia del punto que usted coloco en relación con el agujero en equilibrio más próximo.

CL 



ILUSTRACION 3.3

Estrategias Sugeridas

Para sugerir las estrategias al grupo experimental se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Ubicación de un punto en cualquier sitio del área de trabajo.
- Evaluación de la distancia del punto al punto oculto.
- Memorización de la ubicación del punto y los valores de distancia.
- Reducción de las distancias a cero en el punto siguiente.
- Representación imaginaria de un agujero en equilibrio.

Seguimiento y Registro

El sistema registra los mismos componentes de los juegos anteriores.

Juego 4 . Agujeros al Azar.

Encontrar un círculo ubicado aleatoriamente por el computador en el área de trabajo. El usuario puede orientarse con la información que le va suministrando el sistema sobre la distancia (Ilustración 3.3).

Los activadores de juicios de metamemoria son los mismos que para el juego 1 y el registro contiene los mismos ítems que el juego 3.

Las estrategias son las mismas del juego anterior, pero teniendo en cuenta que el círculo puede o no estar en equilibrio.

Juego 5. Rompecabezas de Piezas Ensamblables

Armar el rompecabezas que devela la estructura inducida de Arnheim. Cuando el usuario haya solucionado el rompecabezas puede acceder a información contenida en cada una de las partes que componen la estructura (Ilustración 3.4).

Seguimiento y Registro

El sistema programa un número de intentos y registra los siguientes datos:

- El acumulado de intentos hasta un límite.
 - El número de la ficha que mueve.
-

- El punto de partida de la ficha.
- Las coordenadas del sitio donde la ubica.
- Los vértices del cuadrado cuando corresponde a la ficha.
- Sí halla o no la solución.
- Sí el usuario sale del programa sin terminar la solución del problema.

Los diagramas 3.1 y 3.2 representan la secuencia de estados para una estrategia fuerte en el tema del equilibrio, juegos 1 a 6.

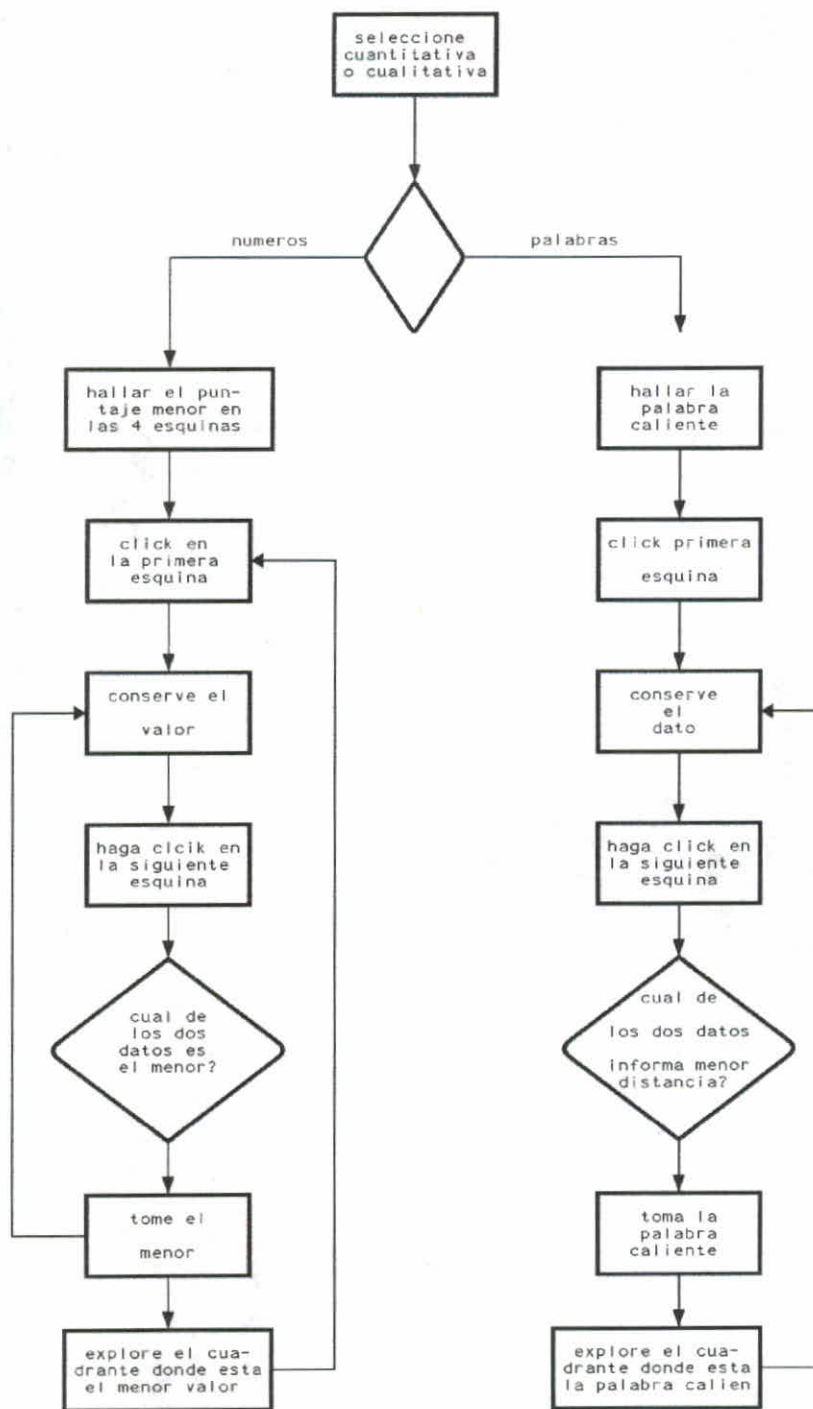
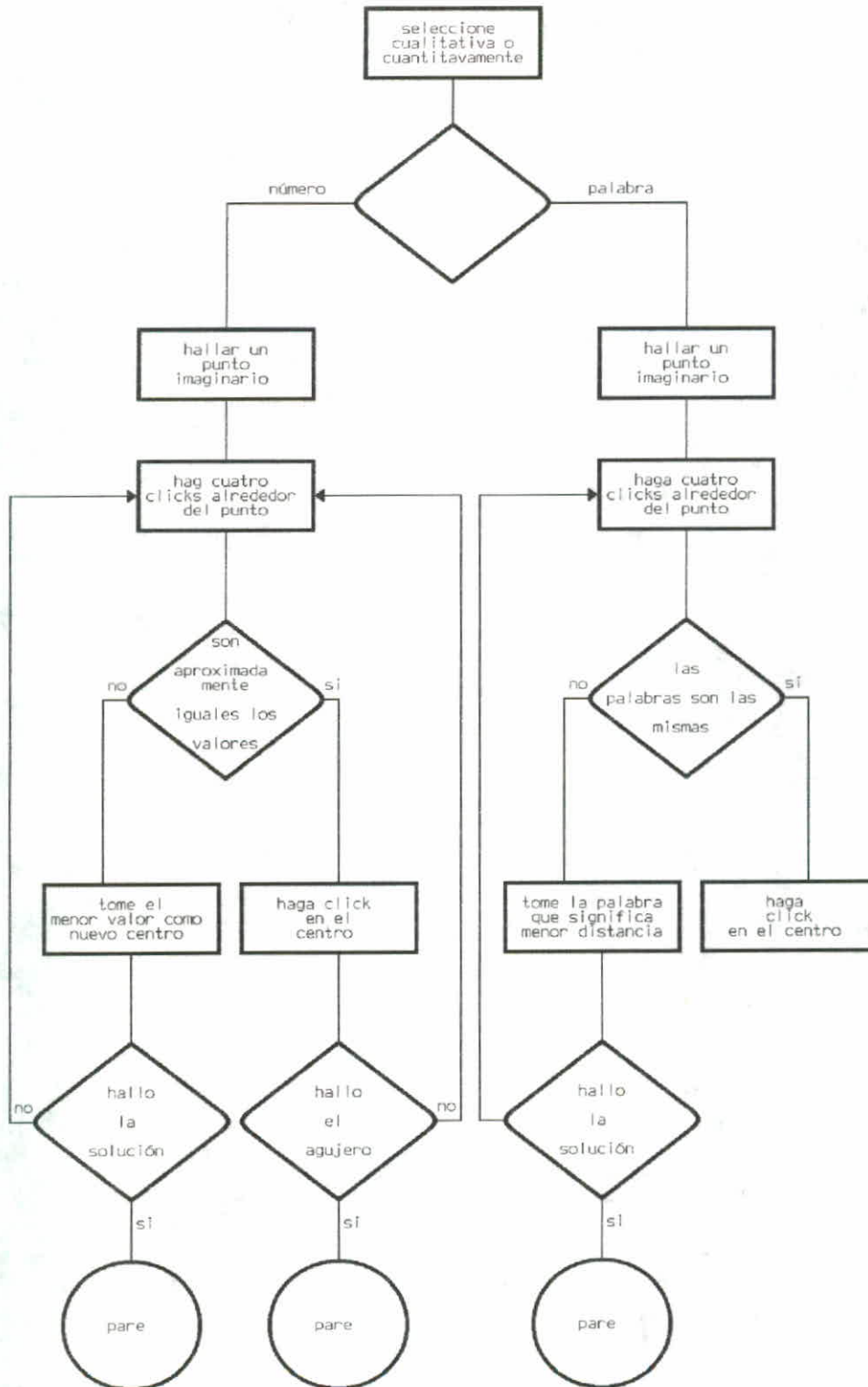


Diagrama 3.1. Estrategia fuerte líneas en equilibrio.

Diagrama 3.2. Estrategia fuerte agujeros en equilibrio

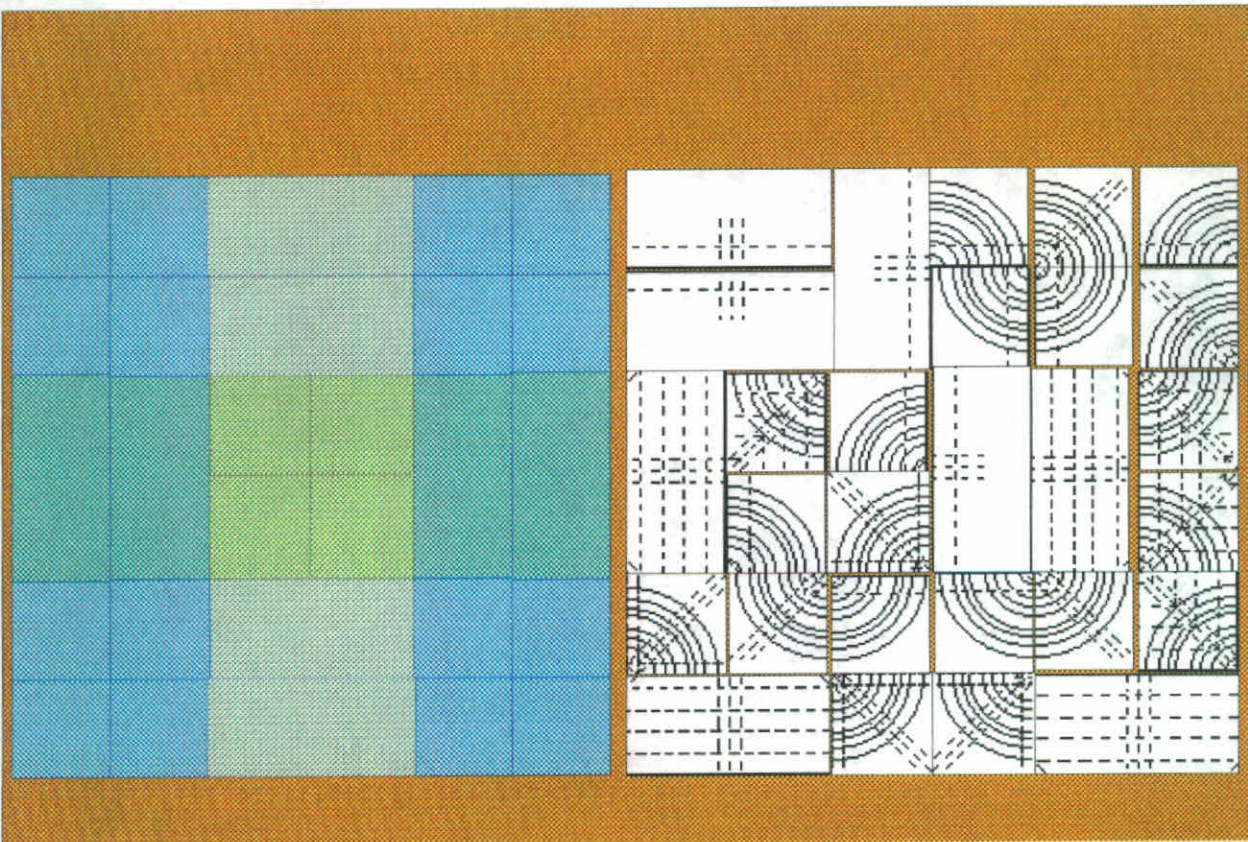


PROBLEMA
ARME EL ROMPECABEZAS
REGLA

Escoja una figura, haga click sobre ella, mantenga sostenido el botón izquierdo del mouse para llevar la figura al cuadrado que usted crea corresponde; suelte el botón cuando esté ubicada la pieza del rompecabezas.



ILUSTRACION 3.4



Juego 6: Rompecabezas Vega J.G

El problema consiste en armar el rompecabezas que representa una de las obras de Vasarely (Ilustración 3.5).

El usuario debe organizar las fichas (ocho) desplazando una de ellas al lugar vacío. El sujeto cuenta con un barra de ayuda que tiene tres menús: juego; nivel y ayuda. En el primero, o sea **juego**, se plantean las opciones de organizar o desorganizar la estructura. El segundo, **nivel**, presenta tres escalas: principiante, intermedio y avanzado. Cada una de ellas organiza el juego en las siguientes presentaciones: una matriz de tres por tres; una de cuatro por cuatro y una de cinco por cinco respectivamente. Cuando el usuario ha solucionado el rompecabezas, el programa le presenta un cuadro que contiene la relación de los mejores puntajes de juego, y le asigna el puesto correspondiente, que está dado por la cantidad de movimientos necesarios para organizar la estructura.

Al ingresar al programa el sistema le presenta al usuario la estructura organizada de la obra Vega JG, Pasado un minuto el programa desorganiza las fichas para iniciar el juego.

El juego no explícita estrategias ni juicios de metamemoria, pues, con éste se evalúa la generalización de estrategias adquiridas en los módulos 1 a 5, de los cuatro grupos según su historial previo en las condiciones experimentales.

Seguimiento y Registro

El sistema registra los siguientes datos:

- La organización al azar que el computador hace de las fichas.
- El número de la ficha que mueve.
- Las coordenadas del punto de partida y del sitio donde la ubica.
- Si halla o no la solución.

Juego 7: Posición de un Observador

Hallar la posición del observador que tiene la visión representada en las ventanas 2 y 3 (Ilustración 3.7).

Regla de Juego. Haga click en la posición desde la cual un observador en la ventana 1 tiene las mismas imágenes de los segmentos amarillo y verde en las ventanas 2 y 3. Encuentre la posición desde la cual el observador tiene las imágenes de los segmentos diferenciados con los colores azul y naranja de la

Juego Nivel Ayuda



ILUSTRACION 3.5

ventana 1. Lome como referencia las posiciones de los mismos segmentos señaladas en las ventanas 2 y 3".

El juego busca plantear en el sujeto diferentes representaciones mentales con respecto a la percepción relacionada con la posición y la dirección. Se presenta en dos variantes A y B que fueron resueltas en secuencia por cada sujeto.

Rasgos de la variante A

Se organiza a través de cuatro alternativas que el sujeto, de acuerdo con la organización prevista de los grupos de experimentación, debe desarrollar: la primera presenta el juego, sin ningún condicionante; la segunda alternativa integra la opción de juicios de metamemoria basados en el cálculo del tiempo probable para resolver el problema; la tercera requiere que el sujeto elija una de tres estrategias y la cuarta integra tanto los juicios de metamemoria como las estrategias.

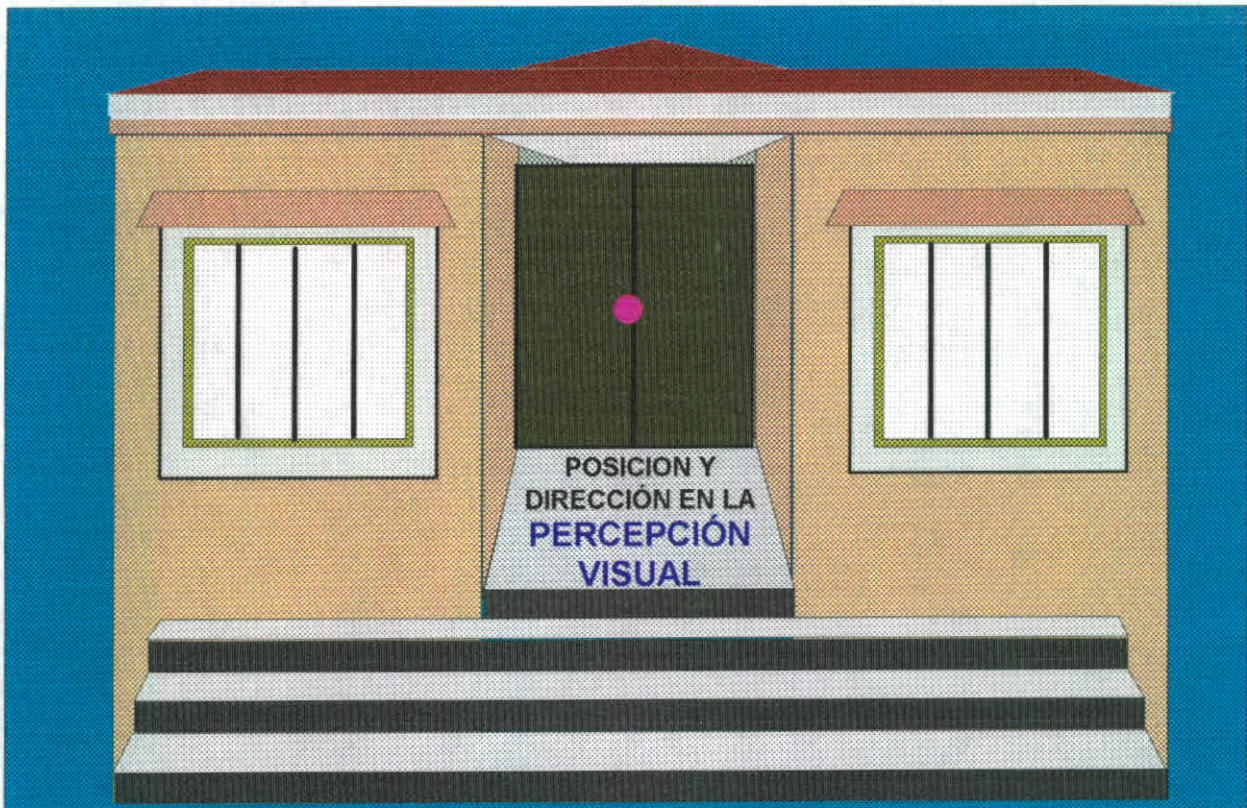
En la primera pantalla, el usuario cuenta con una ubicación en el campo de trabajo a través del nombre **POSICIÓN Y DIRECCIÓN EN LA PERCEPCIÓN VISUAL** (Ilustración 3.6). La segunda pantalla presenta la descripción del juego: componentes, menú y la condición sobre la cual se calcula el puntaje obtenido en cada una de las posibilidades de juego realizadas (Ilustración 3.7).

El sujeto cuenta con dos botones: de ayuda y estrategias. En el denominado botón de ayuda encuentra tres posibilidades de apoyo para el análisis y la interpretación: **simulación**; **explicación** y **cancelar**.

Al activar el botón de **simulación** el sujeto tiene la oportunidad de visualizar la representación del problema en su estado inicial y los que conllevan a la solución del problema o estado final. Con el botón **Explicación** logra identificar los elementos y comprender las operaciones en las que interviene cada uno de éstos.

Cuando activa el botón **Estrategias** se encuentra con una condición necesaria para la iniciación del juego, la escogencia o selección de una estrategia después de haber leído y analizado las tres alternativas presentadas.

- En la pantalla de **Juego** el sujeto puede utilizar dos clases de menú; uno de barras y otro de botones con los cuales puede visualizar algunas características de los componentes del juego y adaptar el ambiente a su mejor estructura de comprensión: **Estrategia**; con el cual puede dejar visible la escogida; **Problema**; se lee el problema y la regla de juego; **Inicio De Juego**: Mediante click ubica al azar los dos segmentos (visibles) y el observador representado por una elipse en forma oculta. Mediante este mismo evento en los visores dos y tres se muestran las imágenes perceptivas del observador junto con sus ángulos visuales; **Ventana 1**, y estado final
-



ILUSTRACION 3.6

Se trata de hallar la posición desde la cual un observador puede obtener una determinada visión.

Acudiendo al botón de ayuda usted puede comprender el ambiente del juego.

El menú le da opciones para la transparencia, dirección, posición y zoom de los objetos.






AYUDA




JUEGO

Lea cada una de las estrategias y escoja una, con la cual


-  Estrategia uno
-  Estrategia Dos
-  Estrategia Tres

Haga click en la opción

Uno Dos Tre



AYUDA



JUEGO

Identifique los componentes del juego y lea el problema.

Explore las opciones: dirección, tamaño, posición y simulación.











Observe los componentes de las ventanas 2 y 3.

Imagine una posición hipotética de un observador acorde con la visión representada en las ventanas 2 y 3 y haga click en ésta.


Seleccione en la opción dirección la alternativa que le permita una mejor comprensión de los ángulos dibujados.

Determine el espacio donde crea está el observador y vaya ajustándolo paulatinamente mediante click, teniendo en cuenta la simetría de las posiciones señaladas.

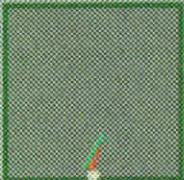
ILUSTRACION 3.7 A

-  Estrategia
-  Problema
-  Inicio Juego
-  Objetos
-  Dirección
-  Posición
-  Zoom
-  Simulación
-  Componentes
-  Reloj

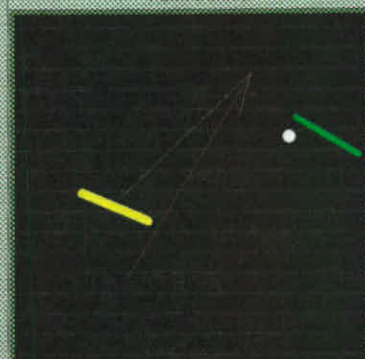
ventana

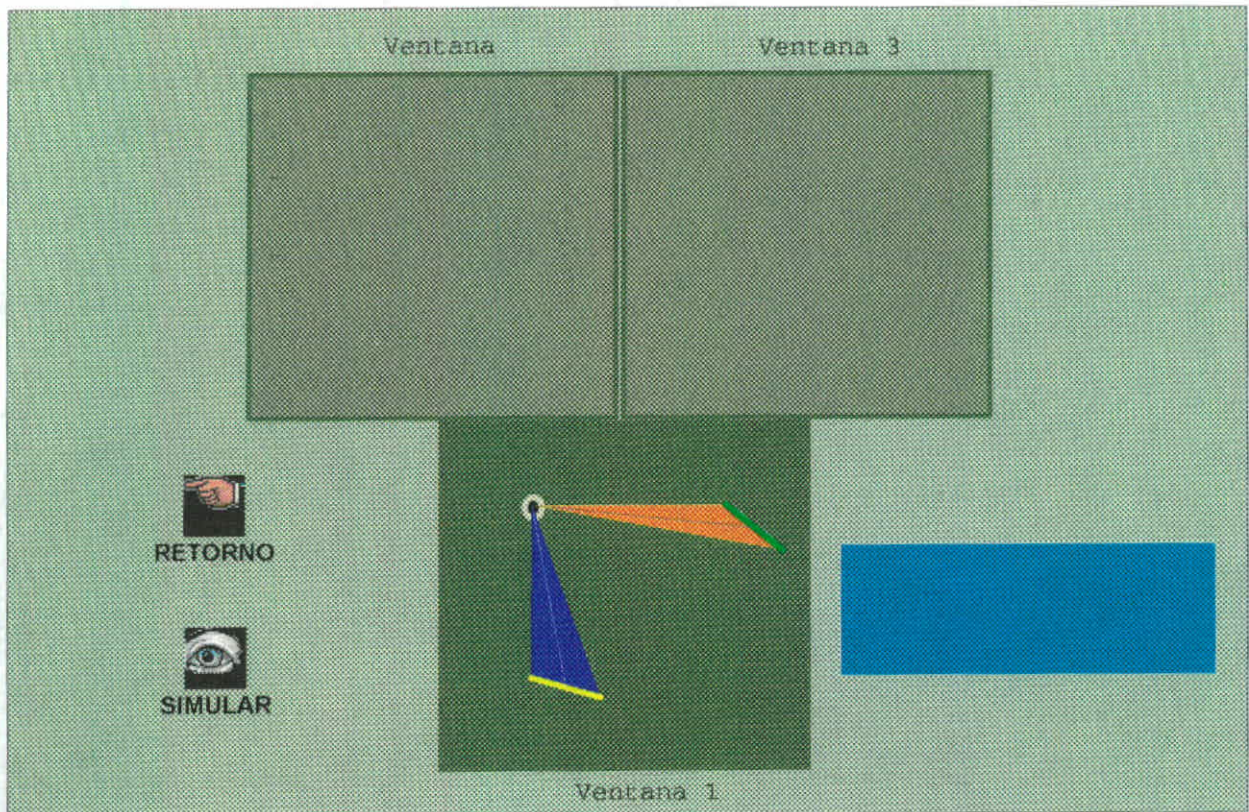


ventana

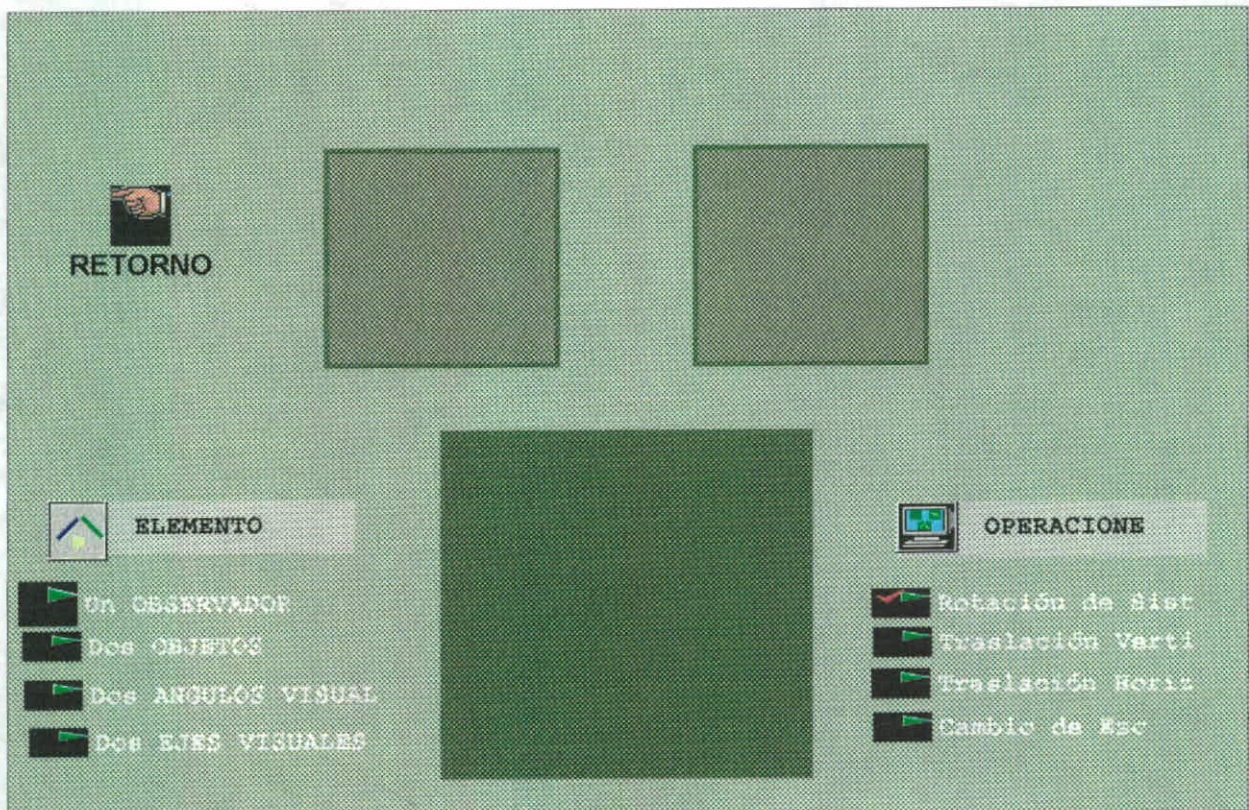


ventana





ILUSTRACION 3.7 B



Ventanas 2 Y 3; Objetos: posibilita trabajar con objetos opacos o transparentes; **Dirección:** permite diferentes formas de presentación del estado final del problema utilizando como variante la dirección: hacia arriba, hacia abajo, hacia la derecha, hacia la izquierda; **Posición:** presenta regla y coordenadas como indicadores de posición; y **Zoom** permite tres alternativas de tamaño relativo que muestran el estado final del problema: 50%, 75%, 100%; los botones referentes a la **Simulación y Explicación** le dan la oportunidad de visualizar nuevamente la estructura del juego; **Reloj:** muestra o no el conteo del tiempo.

Rasgos de la variante B.

La variante B no dispone ni de activadores de juicio de metamemoria ni de sugerencia de estrategias; tampoco cuenta con los ángulos visores de orientación. Se considera una forma mas abstracta del problema.

Estrategias Sugeridas

Las estrategias sugeridas al grupo experimental se basaron en los siguientes criterios.

- Comprensión del problema a través de la lectura de éste y de las reglas del juego.
- Exploración de las ayudas y componentes del juego.
- Representación mental de la posición y orientación del observador: hipótesis.
- Configuración de las ventanas 2 y 3 para obtener un buen feedback.
- Ejecución de la prueba de hipótesis

Seguimiento y Registro

El sistema registra los siguientes datos:

- Tiempo de inicio.
 - La navegación realizada a través de las ayudas.
 - Estrategia seleccionada.
 - Tiempo como activador.
-

- Coordenadas que indican la posición de cada click en el campo de trabajo.
- Número de eventos.
- Tiempo neto de juego.
- Tiempo de ayuda.
- Tiempo total.
- Tiempo en la estrategia seleccionada.
- Si halla o no la solución.

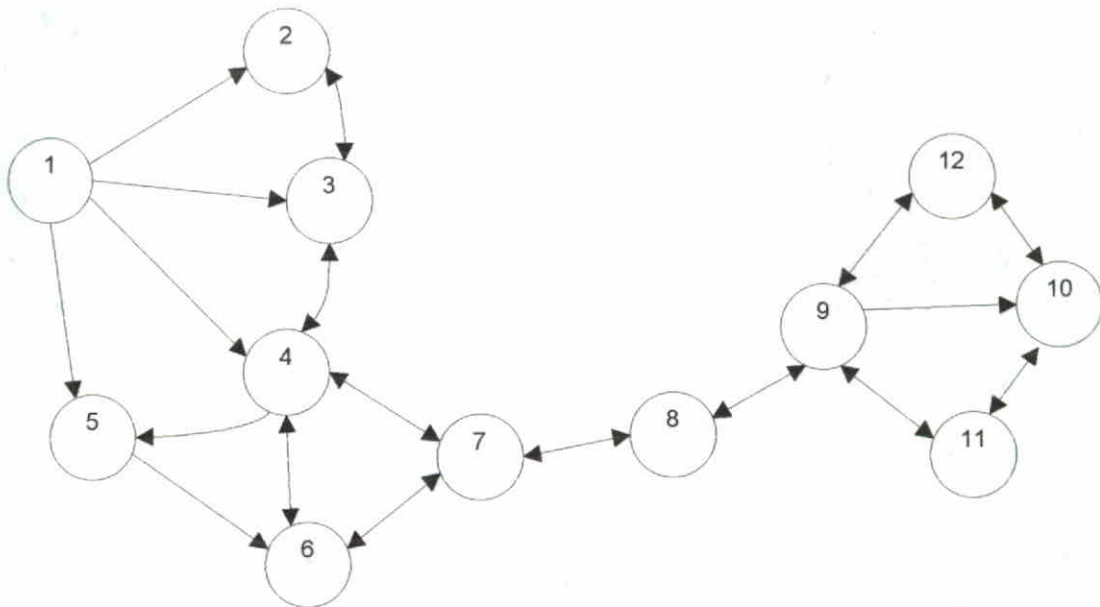


Diagrama 3.3. Estrategia fuerte posición y dirección.

Juego 8: Laboratorio de Color

El problema consiste en colorear una estructura hasta obtener la sensación de volumen (Ilustración 3.8).

En las primeras pantallas se esbozan algunas consideraciones sobre la teoría del color. Igualmente se presenta un aparte de la biografía de Vasarely, autor de la obra Vega-ib.

El juego busca plantearle al sujeto que a través del manejo del color se puede

El problema consiste en colorear la estructura que está en blanco, hasta completar la sensación de volumen.



ILUSTRACION 3.8

Elementos del juego:

- 1** Tres paletas de color
- 2** Areas para colorear
- 3** Zonas de ubicación del área
- 4** Grupos concéntricos de figuras
- 5** Dispositivo para producción y



transformar la percepción de la forma. Se presenta en dos variantes A y B que fueron resueltas en secuencia por cada sujeto.

Rasgos de la variante A

El ambiente está conformado por diferentes alternativas en el cual la obra mencionada se toma como componente estructural para transformar el color con el fin de obtener el resultado planteado por Vasarely, "el maestro del engaña ojo": llegar a una sensación de volumen combinando colores.

Los colores se obtienen con base en una de las siguientes estructuras:

- La combinación de los colores aditivos primarios (rojo, verde y azul), conocida como sistema RGB.
- El ajuste de las dimensiones de tonalidad, luminosidad y saturación del color, conocida como sistema HLS.
- Selección de colores de una paleta predefinida.

Las estructuras que se plantean están conformadas por 15 grupos de figuras concéntricas (Ilustración 3.9 y 3.10). El jugador puede escoger el porcentaje de grupos que desea colorear (25, 50, 75 o 100 por ciento) y la zona de este porcentaje (intercalado, centro o extremo de la estructura).

El problema se resuelve cuando se colorean los quince grupos y la secuencia de los valores de color registrados por el computador guarden una misma tendencia para todo el conjunto (ascendente o descendente). Para cada uno de los grupos el computador calcula la suma de los tres componentes (HLS o RGB) y compara los valores de cada grupo con los de sus adyacentes para definir si la secuencia es ascendente o descendente.

Si la tendencia construida es constante el computador informa que éxito en la solución, de lo contrario señala equivocación.

Condiciones experimentales

La **primera condición** sólo muestra la estructura de la obra, dando al jugador la posibilidad de escoger:

1. La paleta de colores (predefinida, HLS, RGB).
 2. El porcentaje de área para colorear (25, 50, 75, 100).
 3. Ubicación de la zona a colorear (intercalado, centro, atuera).
-

	Asignación de colores
	Centro <input type="text"/>
	Grupo 2 <input type="text"/>
	Grupo 3 <input type="text"/>
	Grupo 4 <input type="text"/>
	Grupo 5 <input type="text"/>
	Grupo <input type="text"/>
	Grupo 7 <input type="text"/>
	Grupo 8 <input type="text"/>
	Grupo 9 <input type="text"/>
	Grupo 10 <input type="text"/>
	Grupo 11 <input type="text"/>
	Grupo 12 <input type="text"/>
	Grupo 13 <input type="text"/>
	Grupo 14 <input type="text"/>
Grupo 15 <input type="text"/>	
<input type="text" value="Problema"/>	

ILUSTRACION 3.9

	Asignación de
	Centro <input type="text"/>
	Grupo 2 <input type="text"/>
	Grupo 3 <input type="text"/>
	Grupo 4 <input type="text"/>
	Grupo 5 <input type="text"/>
	Grupo <input type="text"/>
	Grupo 7 <input type="text"/>
	Grupo 8 <input type="text"/>
	Grupo 9 <input type="text"/>
	Grupo 10 <input type="text"/>
	Grupo 11 <input type="text"/>
	Grupo 12 <input type="text"/>
	Grupo 13 <input type="text"/>
	Grupo 14 <input type="text"/>
Grupo 15 <input type="text"/>	
<input type="text" value="Problema"/>	

Asignación de	
Centro	<input type="text"/>
Grupo 2	<input type="text"/>
Grupo 3	<input type="text"/>
Grupo 4	<input type="text"/>
Grupo 5	<input type="text"/>
Grupo	<input type="text"/>
Grupo 7	<input type="text"/>
Grupo 8	<input type="text"/>
Grupo 9	<input type="text"/>
Grupo 10	<input type="text"/>
Grupo 11	<input type="text"/>
Grupo 12	<input type="text"/>
Grupo 13	<input type="text"/>
Grupo 14	<input type="text"/>
Grupo 15	<input type="text"/>

153 21 28
Problema

ILUSTRACION 3.10

El puntaje se asigna teniendo en cuenta si solucionó el problema.

La **segunda condición** exige al jugador, además de las tres decisiones anteriores, los juicios de metamemoria a partir de las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántos intentos requiere para resolver el problema?
2. ¿Cuánto tiempo requiere para resolver el problema?

El puntaje se asigna con la solución del problema y la concordancia de los resultados con los juicios de metamemoria.

La **condición tres** exige al jugador, además de las tres decisiones de la condición 1 la elección de una de dos estrategias de solución sugeridas por el computador.

La condición cuatro requiere del jugador la utilización de estrategias y activadores de juicios de metamemoria.

Estrategias Sugeridas

Los criterios tenidos en cuenta para la formulación de las estrategias sugeridas son:

- Comprensión del problema a través de la lectura de éste y de las reglas del juego.
- Exploración de las ayudas y componentes del juego.
- Gradación de la cantidad de área a colorear.
- Mantener la tendencia ascendente o descendente mediante la comparación de los valores de color de cada uno de los grupos.

Rasgos de la variante B

En esta opción no se plantean ni juicios ni estrategias y se da un cambio de forma en los objetos de los grupos a colorear y se introduce un fondo cuyo color varía al azar. En este modulo se evalúa la generalización de los aprendizajes obtenidos por todos los sujetos en la variante A del juego.

Seguimiento y Registro

El sistema registra los siguientes datos:

- Tiempo de inicio.
-

- Estrategia seleccionada.
- Juicios de metamemoria seleccionados.
- Grupo seleccionado y valor del color asignado.
- Tiempo de lectura de las ayudas.
- Tiempo de lectura de las estrategias.
- Tiempo neto de juego.
- Tiempo total.
- Sí halla o no la solución.

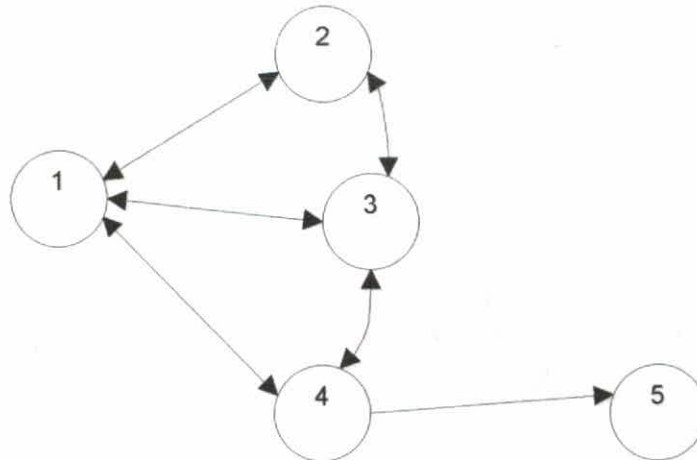


Diagrama 3.4. Estrategia fuerte módulo de color.

Juego 9: Razonamiento sobre Mecanismos

El problema consiste en ensamblar un mecanismo que transporte un objeto de forma y posición específica a otra posición meta.

El problema está definido en un contexto de diseño mecánico. El ambiente de la tarea está constituido por la estructura de una máquina en un modelo de rompecabezas, donde los componentes (piezas) son elementos estáticos que pueden ser desplazados por el sujeto para armarla. Un conjunto de reglas indican cómo jugar.

El modelo consiste en una representación gráfica declarativa de un sistema de grúa estático en un entorno conformado por tres objetos y un trailer. La grúa está conformada por un bastidor, ubicado en un entorno de trabajo, y un grupo de partes ubicadas en un almacén. Cerca al bastidor hay tres objetos con formas diferentes. El bastidor posee dos puntos estructurales sobre los cuales el sujeto puede ensamblar las partes de la máquina (Ilustración 3.11).

En el almacén se pueden adquirir todas las piezas que permiten armar tres modelos de máquina. Un computador muestra el nombre y el costo de cada pieza (Ilustración 3.12).

Existe un centro de servicios que le permite al usuario obtener asesoría. Aquí se puede ver un modelo de animación que corresponde a la aplicación de la pieza y una descripción textual de su función (Ilustración 3.13).

En la parte inferior izquierda de la pantalla aparece un botón rotulado con inicio, el cual muestra en los siguientes términos la definición del problema: "Uno de los tres objetos debe ser llevado al trailer. Para lograr este propósito, construya el mecanismo adecuado para mover el objeto" y otro, que presenta las reglas del juego (Ilustración 3.11).

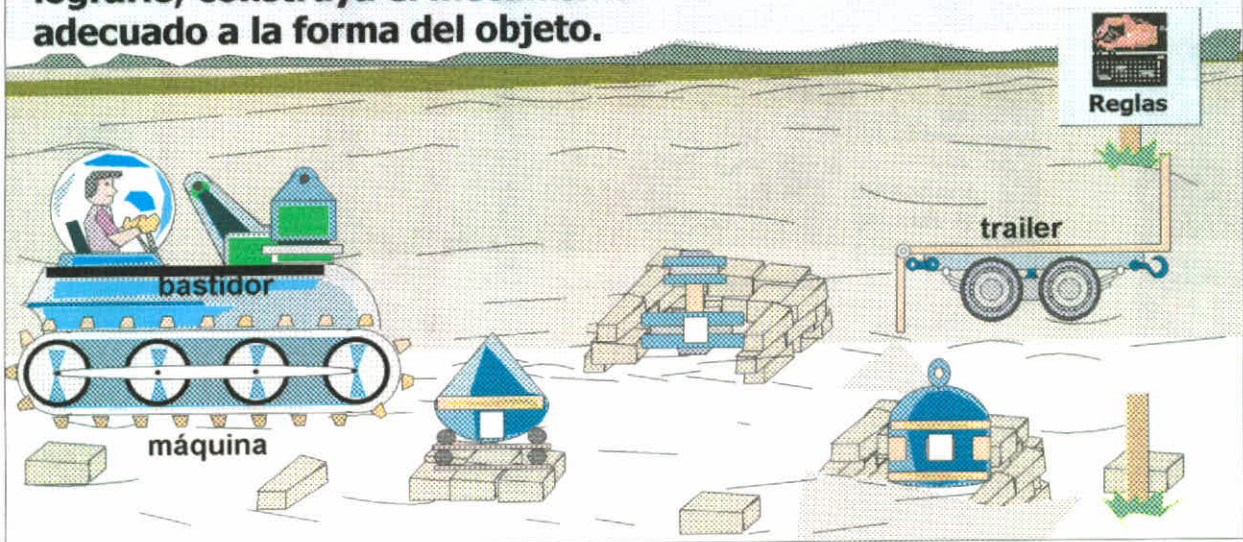
Variante A.

Una vez conocido el problema, el sujeto debe escoger uno de los objetos. La forma del objeto le exige representarse un modelo mental de mecanismo que debe construir para trasladarlo. En el almacén encuentra las piezas necesarias para su construcción. Este proceso lo realiza seleccionando una a una las piezas y teniendo en cuenta los componentes que caracterizan cada una de las siguientes opciones: a) trabajar con juicios de metamemoria que implica administrar un presupuesto para comprar piezas y servicios; b) con estrategias exige la selección de una de las tres opciones que se le presentan y buscar la solución siguiendo la seleccionada; c) con estrategias y juicios de metamemoria, situación en la que debe incorporar decisiones sobre presupuesto y selección de estrategias; d) sin estrategias ni juicios.

El usuario puede obtener información sobre cada pieza, con costo para la opción a) y c) y sin ningún valor para las otras opciones. Una vez adquirida una pieza, tiene la posibilidad de ensamblarla en los puntos estructurales del bastidor, o devolverla al almacén con costo o sin él según el caso.

El juego lo realiza un sólo sujeto, es decir es un juego sin contendor con información completa. El estado inicial muestra los puntos estructurales, el enunciado del problema y los objetos que se van a mover y en el estado final la máquina construida que deposita el objeto en el trailer.

El problema consiste en transportar uno de los tres objetos numerados al trailer. Para lograrlo, construya el mecanismo adecuado a la forma del objeto.



ILUSTRACION 3.11

Estrategia 1
Estrategia 2

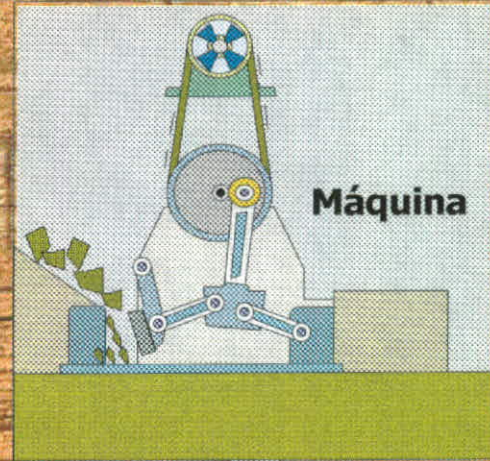
Haga Click en uno de los botones para seleccionar la estrategia

1 2 3

Estrategia 2

- * Entienda el problema.
- * Seleccione una pieza y compárela con otras de acuerdo con su forma y componentes.
- * Haga una clasificación imaginaria de las piezas.
- * A partir de la forma, función y orientación de las piezas, piense cuales puede adquirir.
- * Adquiera información técnica de las piezas de las cuales no tiene seguridad.
- * Tome atenta nota de la información y referencia de cada pieza.
- * Adquiera la pieza y pruebelo en la sección de ensamble.
- * En el sitio de ensamble haga una previsión de las piezas para que la máquina soporte y mueva el objeto.
- * Si la pieza no acopla, trate de devolverla y adquiera otra que la pueda reemplazar, procediendo a probarla.
- * Si la pieza no puede ser devuelta consérvela para probarla con una ya ensamblada y

Este dispositivo es una combinación de piezas agrupadas y conectadas que cumplen la función de transmitir fuerza y movimiento.



ILUSTRACION 3.13

Estos puntos sirven como elementos de enlace para la conexión y articulación de piezas oscilantes cuyos movimientos relativos son fijos y determinados.



Juicios de Metamemoria

El ambiente de la tarea que lleva incluido un factor de costo respuesta, mediante el presupuesto asignado, induce al solucionador a valorar las estrategias de solución del problema antes de seleccionarlás y a monitorear el proceso de solución.

Las instrucciones se especifican de la siguiente manera:

"Calcule el costo de inversión para construir la máquina. Teniendo en cuenta el presupuesto asignado de acuerdo con las siguientes reglas:

Primera: Adquirir la pieza significa en esta opción comprarla en el valor asignado

Segunda: Hacer uso de la ayuda o contar con asesoría tiene un costo de U.S. \$ 5 por cada pieza consultada.

Tercera: Devolver una pieza implica retornar el valor de la pieza devuelta menos U.S \$5

Estrategias

Una estrategia fuerte es la que busca el menor número de pasos posibles para encontrar la solución. Los siguientes eventos sirven de base para la construcción de las estrategias:

1. Leer el problema y consultar reglas de juego.
 2. Seleccionar un objeto del problema.
 3. Ir al almacén.
 4. Seleccionar una pieza.
 5. Cambiar pieza.
 6. Adquirir información técnica.
 7. Adquirir la pieza.
 8. Ir a la sección de ensamble.
 9. Probar la pieza en un punto estructural del bastidor.
 - 10 Devolver la pieza.
-

11. Problema resuelto.

Este conjunto de eventos se combinan de acuerdo con heurísticas entendidas como la posibilidad de optimizar el espacio de búsqueda sin garantizar la solución del problema. La construcción de una estrategia fuerte que para esta metáfora debe estar basada sobre la compra y no sobre la prueba debe tener en cuenta las relaciones expresadas en el siguiente grafo y organizadas en las tres secuencias de eventos planteadas para cada una de las estrategias.

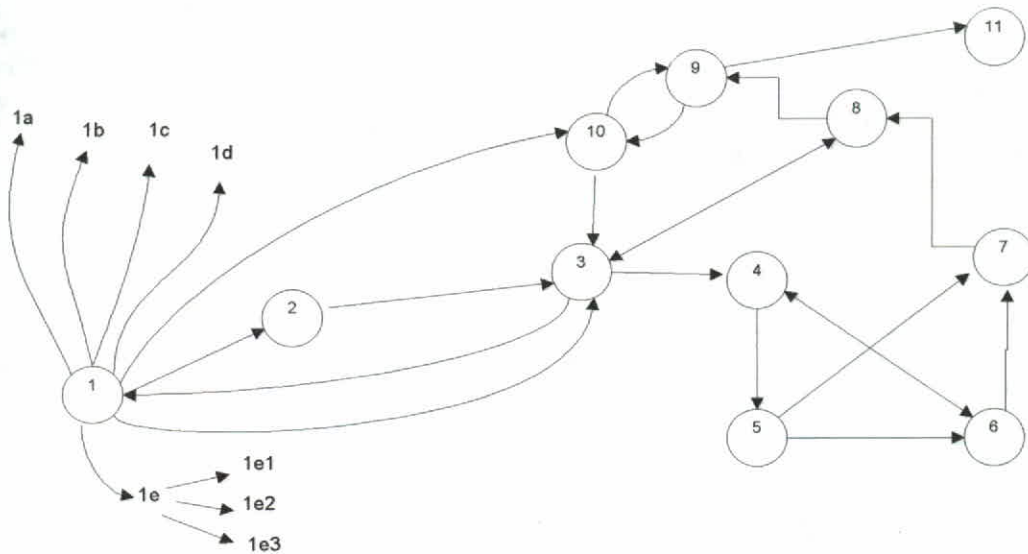


Diagrama 3.5. Estrategia fuerte módulo de mecanismos.

Variante B

Se toma un objeto de forma y posición diferentes al de la variante A y se excluyen los activadores de juicio de metamemoria y las sugerencias de estrategias. Este juego se toma como prueba de generalización de la variante A para todos los sujetos.

POBLACIÓN Y MUESTRA

La población de referencia para realizar el experimento estuvo constituida por estudiantes de educación media (grados 10 y 11). El trabajo se desarrolló en dos etapas: una de pilotaje en la cual se identificaron problemas relacionados con el ambiente de trabajo; y una segunda de experimentación válida en la cual se tomaron los datos de la investigación.

Para la etapa de pilotaje se solicitó la colaboración de un colegio oficial del Distrito Capital de Santa Fe de Bogotá, Colegio Distrital Bravo Páez. El estudio del software se consideró una actividad complementaria del área de Tecnología e Informática. Se dispuso de un aula con 20 computadores con las especificaciones previstas para el trabajo. Los investigadores acompañaron a los estudiantes en las sesiones de estudio, registrando las dificultades observadas tanto a nivel del desempeño del software como en la interacción de los usuarios y el tiempo promedio requerido para cada módulo. Después de la sesión se hicieron entrevistas con los estudiantes para oír observaciones tanto sobre el software como sobre la temática y su motivación por la actividad. Con base en esta información se hicieron los ajustes correspondientes.

La etapa experimental se desarrolló en el Instituto Pedagógico Nacional, colegio anexo a la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá. Se solicitó la colaboración al Departamento de Tecnología y el estudio del software se incluyó como una actividad complementaria en el área de Tecnología e Informática.

Los nombres de 150 estudiantes de ambos sexos fueron asignados aleatoriamente a una de las cuatro condiciones experimentales consideradas en la tabla 3.1. y organizados en 7 grupos de 20 o 21. Cada uno de los grupos estuvo compuesto por estudiantes de grados 10 y 11 en proporciones equivalentes. Con base en esta distribución se organizó un cronograma.

El primer grupo estudió el software durante un día con sesiones de descanso elegidas libremente por el usuario. Nuevamente se hizo un registro del tiempo promedio y se observó la motivación y dedicación al estudio de los módulos. Los datos del primer grupo se excluyeron del análisis y se consideraron etapa de pilotaje. Con base en esta información, se organizó la experiencia para los demás grupos en dos sesiones: la primera incluyó los módulos del 1 al 6 y la segunda del 7 al 9; cada sesión se desarrolló en dos mañanas con un día intermedio entre sesiones. No se estableció límite de tiempo para la actividad, no se dio calificación y la asistencia fue voluntaria.

A los estudiantes se les presentó la actividad como importante para desarrollar habilidades de razonamiento y exploración, componentes cognitivos importantes para el aprendizaje del diseño, la ingeniería y el arte. Se les solicitó trabajar individualmente, en silencio y por el interés de desarrollar sus propias habilidades.

Para el experimento se contó con un laboratorio de 25 computadores multimedia con audífonos que podían ser usados para oír música ambiental, a opción del estudiante. La disposición de los equipos es circular, alrededor de los muros del aula. El software fue preinstalado y probado previamente a la experiencia con el primer grupo y se constató su buen funcionamiento antes de

iniciar las sesiones con los demás grupos. Se contó con silletería ergonómica y mesas individuales con espacio suficiente para manipular teclado y mouse y colocar material para tomar notas. La iluminación estaba compuesta por luz natural amortiguada por cortinas en tela transparente y por lámparas fluorescentes. El laboratorio estuvo dispuesto exclusivamente para la investigación, sin interferencia de otras actividades.

Durante las sesiones los investigadores estuvieron atentos a atender dificultades en el manejo del software, administración de horarios o en aspectos logísticos complementarios.

Los datos de los sujetos que interrumpieron alguna sesión sin terminarla o aquellos que tuvieron alteraciones en su registro por factores técnicos, como interrupción de fluido eléctrico, fueron eliminados. La Tabla 3.2 muestra la distribución de sujetos por módulos y condiciones de control, una vez descontada la mortalidad experimental.

Módulos \C. Experimenta l	A	B	C	D	TOTAL
1	33	26	36	28	123
2	29	23	24	25	101
3	25	18	18	19	80
4	35	29	35	29	128
5	33	29	33	27	122
6	29	24	27	25	105
7A	19	17	16	15	67
7B	19	17	16	15	67
8A	32	30	31	25	118
8B	32	30	31	25	118
9A	25	26	28	22	101
9B	25	26	28	22	101

Tabla 3.2. Distribución de sujetos por módulos y condiciones de control

REFERENCIAS

- FAGIN, R., HALPERN, J, MOSES, Y. and VARDI, M.Y. (1995). **Reasoning About Knowledge**. Cambridge, Massachussetts: The MIT Press.
- ARHEIM, R.(1997) **Arte y percepción visual**. Alianza Editorial, Madrid.
- ATKISOON, R.C. (19972a). Ingredients for a theory of instruction. **American Psychologist**, 27, 921-931.
- ATKISOON, R.C. (19972b). Optimizing the learning of a second language vocabulary. **Journal of Experimental Psychology**, 96 (1), 124-129.
- BALSON, P.M., MANNING, D., EBNER, D.G., and BROOKS, F.R.. (1984/85). Instructor - Controlled versus student-controlled training in a videodisc-based paramedical program. **Journal of Educational Technology Systems**, 13 (2), 123-130.
- BERRY, S. y MARTIN, J. (1994). **Diseño y color**. Editorial Blume, Barcelona
- BORKOUSKI, J.G.(1985). Signs of Intelligence: Strategy Generalization and Metacognition. In S.R. Yussen (Editor): **The Growth of reflection in Children** (p.p. 105-140). New York: Academic Press.
- BUNDERSON, C.V. (1976). **TICCIT courseware development report**. Paper presented at the meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, april 1976.
- CARDELLE-ELAWAR, M. (1995). Effect of Metacognitive Instruction on Low Achievers in Mathematics Problems. **Teaching Education** 11, 81-95
- CONSUEGRA, D. (1992). **En busca del cuadrado**. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
- CURTIN, C.M.N, DAWSON, C.L.,PROVENZANO, N., and COOPER, P. (1976) The PLAATO System: using the computer to teach Russian. **Slavic and East European Journal**, 20.
- CHI,M.T.H., BASSOCK, M.,LEWIS, M. W., REIMANN,P.and GLASER, R.(1989). Self-Explanations: How students study and use examples in learning to solve problems. **Cognitive Science**, 13, 145-182
- DANIELS, M. C.; ALZATE R., G. y BLACKBOURN, J. (1988). Ley de Fomento a la Investigación Científica y el Desarrollo Tecnológico -Ponencias en la Cámara de Representantes. **Ciencia, Tecnología y Desarrollo**, 12 (1-4),13-24.

-
- DAVIDSON, Janet E.; DEUSER, Rebeca & STERNBERG, Robert J. (1994): The Role of Metacognition in Problem Solving. In: Metcalfe, Jane and Shimamura, Arthur P. (Eds.). *Metacognition*. Cambridge, MA: The MIT Press. 207-226.
- DERRY, S. J.; and MURPHY, D. A. (1986). Designing Systems that Train Learning Ability: from Theory to Practice. **Review of Educational Research**, 56 (1), 1-39.
- DOYLE, J. (1983). What is rational psychology? Toward a modern mental philosophy. *AI Magazine*, 4(3): 50-53.
- EMMER, M. (1993). **The visual mind: art and mathematics**. Cambridge, Massachusetts: the MIT Press.
- FAURE, E. (1972). International Commission on the Development of Education. **Learning to be: The World of Education Today and Tomorrow**. Paris: UNESCO.
- FAUST, G. W. (1974), Design strategy and the TICCIT system. **View Pints**, 50,91-101.
- FISHER, M.D., BLAACKWELL, L.R., GARCIA, A.B. and GREENE, J.C. (1975). Efectctss of student control and choise on engagement in a CAI arithmetic task in a low -income schooll. **Journal of Educational Psychology**, 67(6), 776-783.
- FLAVELL, J. H. & WELLMAN, H. M. (1977). Metamemory. In KAIL, R. V. & HAGEN, J.W. (Eds.). **Perspectives on the Development of Memory and Cognition**. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- FLAVELL, J. H. (1981). Cognitive Monitoring. In DICKSON, W.P. (De.), **Children's oral Communication Skills**. New York: Academic Press.
- FONSECA, D. *La Bauhaus*. Editorial Dedalo, Madrid
- FRANKS, J. J. VYE, N.J. AUBLE, P.M. MESZYNSKI, K.J. PERFETTO, G.A. BRANSFROD, J.D. STEIN, B.S. AND LITTELEFIELD, J. (1982). Learning from Explicit versus Implicit Text. *Journal of Experiment Psychology, General*, 111, 414-422.
- GAGNÉ, R. (1977). **The Conditions of Learning** (3rd ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- GAGNÉ, R. and Briggs, L.J. (1979). **Principles of Instructional Desing**. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- GAGNÉ, R. M. (1985). **The Conditions of Learning and a Theory of Instruction**. New York, N.Y.: Holt, Rinehart and Winston (fourth edition).
- GAGNÉ, R. M. and White, R. T. (1978). Memory Structures and Learning Outcomes. **Review of Educational Research**, 48(2), 187-222.
- GARHART, C., and HANNAFFIN, M. (1986). The accuracy of cognitive monitoring
-

-
- during computer-based instruction, **Journal of Computer -based instruction**, 13(3), 88-93.
- GARNER, Howard. (1994). Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias Múltiples.Editorial, Mexico,Fondo de Cultura Económica.
- GARRAT, 1990. FAYYAD, U. M., PIATETSKY-SHAPIRO, G. And SMYTH, P. (1997) From Data Mining to Knowledge Discovery: An Overview.In FAYYAD, U. M., PIATETSKY-SHAPIRO, G. , SMYTH, P. And UTHURUSAMY Editors: **Advances in Knowledge Discovery an Data Mining**. Cambridge, Massachussets: AAAI press/ the MIT Press. Pgs 1-34
- GARRAT, B. (1990). **Creating a Learning Organization: A Guide to Leadership, Leraning & Development**.Cambridge, England: Director Books.
- GAY, G. (1985). Inetraction of learner control and prior conceptual understanding in computer - assisted video instruction. Doctoral Dissertation, Cornell University. **Dissertation Abstracts Internatinal** 46 (10), 2969, Order No. DA8516973.
- GAY, G. (1986). Interaction of Learner control and prior understanding in computer - assisted video instruction. **Journal Of Educational Psychology**, 78 (3), 225 -227.
- GOEL, V. & PIROLI, P.(1992). Structure of Design Problem Spaces. **Cognitive Science**, Vol 16, No 3, Jul.- Sep. pp. 395 - 429.
- Goetzel y Hannaffin (1985)
- GREENO, J. G. 1976 Indefinite goals in well-structured problems. **Psychological Review**,83, 479-491.
- HARNIAK, E.; RIESBECK, C.; MCDERMOTT, D. & MEEHAN, J. (1987). **Artificial intelligence programming**. Lawrence Erlbaum Associates, Potomac, Maryland, second edition.
- HERNANDEZ, DANIEL (1994). **Qualitative Representation of Spatial Knowledge**. New York : Springer-Verlang.
- HOLTZMAN, s. (1994). **Digital Mantras: the languages of abstract and virtual worlds**. Cambridge, Massachussets: The MIT Press.
- HONNEF, K. and WARHOL(1991). **El arte como negocio**. Editorial Benedickt Taschen.
- JAUSOVEC, N. (1994). CAN GIFTEDNTSS BE TAUGHT?. **Roeper Review**, 16, 210-214.
- JOHANSEN, K.J. AND TENNYSON, R.D.(1983). Effect of adaptative advisement of perception in learner-controlled, computer-based instruction using a rule - leraning task. **Educational and Comunication Technology Journal**, 31(4), 226-236.
-

-
- KANDINSKY, W. **Cursos de la Bauhaus**. Editorial Alianza. Version castellana de Esther Salanen.
- KANDINSKY, W. (1910). **El gran libro del Color**. Editorial Blume, Milanesat, 21-23, Barcelona 1982
- KANDINSKY, W. (1979). **Point and Line to Plane**. Trans. H. Dearstyne and Ribay. New York: Dover.
- KANFER, F. H. y PHILIPS, J. S.(1970). **Learning Foundations of behavior therapy**. New York: John Reley and Sons.
- KINTSCH, W. (1986). Learning from text. **Cognition and Instruction**, 3, 87-108
- LAHEY, G. F. , CRAWFORD, A.M. and HURLOCK, R.E.(1975). **Use of an interactive general - purpose computer terminal to simulate training equipment operation**. San Diego, Caa. : Navy Personnel Research and Delopment Center. Report TR - 76-19. November 1975
- LUHMANN,N. (1997). **Sociedad y Sistema: la ambición de la teoría**. Barcelona: Ediciones Paidós.
- MALDONADO G., L. F. (1989). The Effect on Performance and Learner-Sequencing Decisions of Instructional Curriculum Maps in a Hypertext Eenvironment. Doctoral Dissertation, Florida State University. **Dissertation Abstracts International**.
- MALDONADO G.,L.F. y ANDRADE L., EDGAR. (1995)._Ambiente computarizado para el aprendizaje autodirigido del diseño- ACA2_ Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, Proyecto de Investigación convenio Colciencias UPN.
- MALDONADO G.,L.F. y ANDRADE L., EDGAR. (1995)._Ambiente computarizado para el aprendizaje autodirigido del diseño- ACA2- Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional, Proyecto de Investigación convenio Colciencias UPN.
- MALDONADO, L. F., MONROY, L.B., CARRILLO y TERRERO, A. (1978). **Diseño y Comparación de Cuatro Métodos de Enseñanza en un Curso Introductorio de Sicología del Aprendizaje**. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- MALDONADO, L.F. Y SEQUEDA, M. (1974). **Duración y Eficiencia de la Conducta de Estudio en el Aprendizaje e Matemáticas a Nivel de Cuarto Grado de Primaria**. Tesis de Magister. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
- MANDINACH, E. B. (1984). Tha role of strategy planning and self-regulation in learning an intellectual computer game. Doctoral Dissertation, Stanford University. **Dissertation Abstracts International** 45(6). 1693-A.
- McCORMICK, R; MURPHY, P.; HENNESSY, S. (1994). Problem- Solving Processes in
-

Technology Education: A Pilot Study. En: **International Journal of Technology and Design Education**. Vol.4 No 1, pp 5-34.

- MURANI, B. *Cómo nacen los objetos?* Editorial Gustavo Gili S.A Barcelona 1983
- NDERSON, J. R et al. 1989. A theory of the origins of human knowledge. **Artificial Intelligence**, 40, 313-351
- NEWKIRK, R.L. (1973). A comparison of learner control and machine control strategies for computer-assisted instruction. **Programmed Learning and Educational Technology**, 10(2), 82-91.
- OSBORNE, JASON (1998). **The State of Metacognitive Measurement**. State University of New York at Buffalo. E-mail: josborne@acsu.buffalo.edu
- OSMAN, M. E. AND HANNAFIN, M.J. (1992) Metacognition Research and theory : Analisis and implication for instructional design. **Educational Technology, Research and Discussion**, 40, 83-99
- OTERO, J.CAMPANARIO J.M. & HOPIKINS, K.D. (1992). The Relationship Between Academic Achievement and Metacognitive Comprehension Monitoring Ability of Spanish Secondary School Students. **Educational and Psychological Measurement**, 52, 419-430.
- PARIS, S.G. (1991) Assessment and remediation of Metacognitive Aspects of Children's Reading Comprehension. **Topics of Language Discourse**, 12, 32-50
- PIROLI, P. (1991). Effects of examples and their explanation in lesson of recursion: A production system analysis. **Cognition and Instruction**, 8, 207-259.
- PIROLI, P. y RECKER, M. (1994). Learning Strategies and Transfer in the Domain of Programming. **Cognition and Instruction**, 3, 235, 275.
- PRESSLEY, M, BORKOUSKI, J.E Y SCHNEIDER, W. (1987) Cognitive Strategies: Good Strategies Usdes Coordinate Metacognition and Knowledge. In R. Vasta and G. Whitehurst (Editors) **Annals of Child Development**, V. 4, 89-129. Greenwich, CT: JAI Press.
- RUSELL, S & NORVIG P.(1996). **Inteligencia Artificial: Un enfoque moderno**. México: Prentice Hall. Traducido del Inglés: Artificial intelligence a modern approach.
- SACKS, O. **Un antropólogo en Marte**. Editorial Norma, S.A. 1997
- SCHEFFLER, I (1986). Computers at schools?. **Teachers College Record**, 87 (4), 513-528.
- SEIDEL, R.J. (1975). **Learner Control of instructional Sequencing within and Adaptive tutorial CAI environment**. ((HumPRO Tech. Rep. 75-7). Alexandria,
-

- Va.,: Human Resources research Organization. June 1975.
- SIMON, H. A. (1981). **The Sciences of the Artificial**. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, second edition.
- SINGLE, M. K. y ANDERSSON J. R. (1989). **Transfer of Cognitive Skill**. Cambridge, M A: Harvard University Press.
- SOLSO, R.L., (1994). **Cognition and the Visual Arts**. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- STEMBERG, R.J. (1984). Toward Triarchic Theory of Human Intelligencie. **The brain an Behavioral Sciences**, 7, 2-69-315.
- TENNYSON (1981),R.D. Use of adaptive information for advisement in lernaning concepts and rules using computer-assisted instruction. **American Educational research Journal**, 18 (4), 425-438.
- TENNYSON ET AL. (1980),Instructional Control Strategies and content structure as design variables in concept acquisition using computer-based instruction. **Journal of Educational Psychology**, 72(4), 525-532.
- TOFFLER, A. (1970). **Learning for Tomorrow**. New York: Random House.
- VAN DIJK, T. Y KINTSCH,W. 1983. **Strategies of Discourse Comprehension**. New York: Academic.
- WANG, M.C. HAERTL, C. D. WALBERG, H.J. (1990). Wood Influences Learning? A content Analysis of Review literature. **Journal Eductional Research**, 84, 30 -43.
- WHITLOCK, L.R. (1976). Interactive test construction and administration in the generative exam system. **Dissertation Abstracts International**, 37, 5215-B
- WIIG, K.M. (1994) Learning Organizations in the Knowledge Society: Practical Perspectives on Knowledge and Knowledge Transfers.In **Proceedings of the Thirty- Fifth International ADCIS Conference**. Pg 221- 228
- WONG, Wicius (1985). **Fundamentos del Diseño Bi-tri-dimensional**. Gustavo Gilli.
- WONG, Wucius (1997). **Fundamentos del Diseño**. Gustavo Gilli. Segunda edición. Traducción del original: Principles of Form and Design. Edit. Van Nostrand Reinhold, 1993.
- WORDEN, P.E. (1983). Memory strategy Instruction with the Learning Dysabled. In M. pressley I.J. Leving (Editors). Cognitive strategy Research: **Psychological Fondations** (p.p. 129-153). New York Springer - Verlag.
- WYDRA, F. (1980). **Lerner-Controlled Instruction**. Englewood Cliffs, NJ: Educational

Technology Publications.

XIA, XIADONG AND YEUNG, DID- YAN (1995). **A Learning Model for the Selection of Problem- Solving Strategies in Continuous Physical Systems**, In Ram, Ashwin and Leake, David B. (Editors) : **Goal Driven Learning**. Cambridge, Massachusetts: The Mit Press.
