

# Teoría del procesamiento de la información en la resolución de problemas

## The Information Processing Theory in Trouble

**Minotta, Carlos**

*Psicólogo Investigador del Colectivo Ampliado de Estudios Afrodiaspóricos Medellín-Colombia. Universidad de Antioquia (Colombia). Psiquikam@hotmail.com. Carlos.minotta@udea.edu.co*

**Para citar este artículo:** Minotta C. (2017). Teoría del procesamiento de la información en la resolución de problemas. *Escenarios*, 15(1), pp. 149-159.

**Doi:** <http://dx.doi.org/10.15665/esc.v15i1.1127>

*Recibido:* enero 19 de 2017

*Aceptado:* febrero 20 de 2017

### RESUMEN

En la década de los sesenta, Allen Newell y Herbert Simon dirigiendo un grupo de investigación en la Universidad de Carnegie-Mellon, dieron lugar a la teoría-modelo por ordenador del Solucionador General de Problemas (GPS); un sistema de procesamiento humano de información con la capacidad para aprender y adaptarse a las exigencias de un contexto problemático, por medio de la generación de programas orientados a la toma de decisiones y al hallazgo de soluciones a partir de su interacción con un amplio conjunto de tareas. El propósito del presente texto tiene como propósito; explicitar las bases conceptuales y metodológicas que subyacen al conjunto de procesos tanto de planteamiento de problemas como de su resolución, mirados desde el punto de vista de la Teoría del Procesamiento de la Información en la Resolución de Problemas.

**Palabras Clave:** tipología de problemas, espacio del problema, operadores, procesamiento de la información, heurística, algoritmo.

### ABSTRACT

In the sixties, Allen Newell and Herbert Simon leading a research group at the University of Carnegie-Mellon, led to the theory-model General Computer Troubleshooter (GPS); a system of human information processing with the ability to learn and adapt to the demands of a challenging context, through the generation of oriented decision-making programs and finding solutions from interaction with a wide range of tasks. The purpose of this text is intended; clarify the conceptual and methodological basis underlying the whole process approach both problems and their resolution, looked at from the point of view of the Theory of Information Processing in Problem Solving.

**Keywords:** types of problems; problem space; operators; Information processing; heuristics; Algorithm.

## INTRODUCCIÓN

El Sistema Solucionador General de Problemas, de ahora en adelante; GPS, fue diseñado de tal forma, que pudiese mimetizar la compleja función cognitiva de solucionar problemas, para ello, el GPS emplea estrategias heurísticas “débiles” de aplicabilidad general tales como: el análisis de medios y fines, y la búsqueda hacia adelante, pero imitando a su vez, las características de almacenamiento, y evocación de la memoria humana, debido a esto, el programa GPS posee una memoria de largo plazo (MLP) o banco de datos en donde almacena conocimientos de carácter declarativo; de hechos generales sobre el mundo del problema, mas específicamente semánticos, y conocimientos procedimentales referidos a reglas y algoritmos, necesarios para resolver problemas, además, el programa cuenta con una memoria de corto plazo (MCP) de duración limitada y con capacidad de almacenamiento también limitada, ello significa que la Memoria de corto plazo tan solo puede mantener activo y disponible un pequeño conjunto de datos durante un estrecho margen de tiempo, además de lo anterior, la memoria de corto plazo (MCP) también cuenta con una función operativa con capacidad limitada y restringida para manipular información, lo cual le ocasiona al Sistema GPS, restricciones de amplitud, extensión y tamaño en el la generación de estados de conocimiento.

Acorde con esta perspectiva, las distintas actuaciones que un solucionador puede ejecutar durante el intervalo de tiempo que dure el curso del proceso de resolución de un problema determinado, serian limitadas, y a su vez estarían restringidas por unas características invariantes propias de cada problema. Sin embargo, el conjunto de programas operantes del sistema GPS, poseerían capacidad de acomodación a las exigencias singulares que demanda una tarea en específico (De Vega, 1994).

### **Estructura del medio ( o ambiente ) de la tarea**

Así pues, retomando lo dicho anteriormente, la resolución se halla desde un principio circunscrita a unas condiciones y requisitos que demar-

can los atributos o propiedades básicas de todo problema, y que por tanto, son independientes de su contenido. A saber, la *Estructura del Medio (o Ambiente) de la Tarea*. Dicha estructura comprende las propiedades objetivas, neutrales e impersonales del problema, tal cual como son expresadas por el enunciado (Best John, 2002). De esto se desprende indefectiblemente que el “medio de la tarea”, carezca por completo de elementos subjetivos, y por tanto no está sujeta a la forma idiosincrática o particular de interpretación que de ella realice el marco de representación interno de la persona. Como antítesis y en contraposición, puede afirmarse que es el conjunto (n infinito) de todas las representaciones posibles que se puedan realizar sobre el problema.

Por otra parte, puede decirse, que, “el medio de la tarea”, en tanto colocación, está compuesta por tres partes. En primer lugar un punto inicial o de partida, como segundo, una serie de reglas condicionales que restringe las posibilidades de acción del solucionador, y finalmente un punto de llegada o meta; al que se llega una vez se ha encontrado la solución.

**Espacio del problema.** Este es la representación del conjunto de los diferentes estados de conocimiento que la persona construye del problema, representación que se puede corresponder en mayor o menor medida con el medio de la tarea, según la capacidad y la eficacia del solucionador. En otras palabras, la correspondencia o similitud entre el espacio y el medio de la tarea depende de qué tan eficiente sea el solucionador para aprehender los datos claves, las especificidades y pormenores críticos del problema; de ahí que el grado de dificultad de la resolución, sea inversamente proporcional al nivel de aproximación o semejanza entre la representación del problema y sus partes (espacio del problema) y el medio de la tarea. Dicho sea en otros términos, cuanto más completa sea la representación del problema, mayores serán las probabilidades de éxito que acompañen a la persona, en la tarea de resolución.

Por obvio que parezca, es prudente advertir que la construcción del espacio del problema

no obedece únicamente a la “libre” actividad, ni al ingenio creativo del solucionador, antes por el contrario, las posibilidades de creación de dicho espacio se encuentran de antemano subordinadas a la estructura del medio de la tarea, y a su vez, el espacio construido constriñe las estrategias, programas, -secuencia lógica de acciones-, a efectuar por el solucionador.

**Los operadores** La persona que resuelve un problema, primero ha de generar una representación interna del mismo, configurando con ello una imagen del estado inicial del problema, para luego realizar de forma secuencial una serie de operaciones tendientes a modificar dicho estado inicial en uno final, caracterizado por la solución hallada. Los *operadores* serían cada uno de los movimientos, tangibles u ocurridos en la mente de la persona en el trascurso de la resolución, y el *estado del problema* sería la configuración en que se hayan dispuesto los elementos del problema.

Con cada aplicación de un operador, el mundo del problema cambia de un estado a otro. De esta manera, el proceso de resolución comprendería dos tipos de secuencias; las de procedimientos u operaciones efectuadas con vista a hallar la solución y las secuencias de estados o configuración en la disposición y arreglo de las partes del problema que deriven de cada operación.

El proceso aquí descrito está inmerso en lo que, por antonomasia se ha dado en denominar *espacio del problema*, y es indistintamente válido, tanto para sistemas de procesamiento humano de información, como para ordenadores programados con el propósito de simular la conducta humana de resolución. El espacio del problema comprende:

*El estado inicial, en el que se representan las condiciones dadas o iniciales. El estado final, en el que se representa la situación del objetivo o final. Los estados intermedios del problema, que son los estados generados por la aplicación de un operador a un estado determinado. Los operadores, los movimientos que se hacen para pasar de un estado al otro (Mayer, 1968, p. 202).*

Solucionar un problema, es entonces siguiendo con esta línea de pensamiento, una exploración, búsqueda y desplazamiento a través de un espacio-problema; compuesto por un estado inicial, uno final, y múltiples estados intermedios.

**Estado del problema** Llamaremos <nodos> o estados de conocimiento del problema a la disposición, configuración o arreglo de cada uno de los elementos del problema, los estados posteriores al estado inicial, son resultantes de la realización de un movimiento u operación <legal> pertinente, cuyo marco de acción no traspase ni quebrante las restricciones impuestas por las condiciones del problema.

El espacio-problema, en tanto que una red de nodos, es un espacio abstracto en donde convergen vectores de haces de información expresados por cada uno de los estados inicial, final e intermedios que se interceptan entre sí, interconectados unos con otros formando redes de campos, sobre los cuales se operan transformaciones continuas sucedidas de forma lineal, dándole así al proceso de resolución un carácter predominantemente serial.

El resultado de ello, es una estructura de datos consistente en el registro secuencial de una sucesión ordenada de nodos, susceptible de ser decodificada en códigos abiertos que simbolizan las cadenas enlazadas de operadores y estados en los <protocolos de pensar en voz alta>. A continuación se ilustra las características que presupone el espacio del problema en los problemas bien estructurados.

### Tipología de problemas

**Problemas de transformación** En los problemas de transformación, el sujeto solucionador produce operadores que transforman la situación o estado inicial en un estado constituido por la llegada a la meta. Dichas transformaciones no son el resultado de operaciones fortuitas o aleatorias, en tanto están sujetas a unas reglas que limitan los potenciales viables y permitidos de mutación, y por ende de conversión de un estado a otro (de Vega, 1994). Aunado a ello, el solucionador ha de efectuar constantes y deci-

didados procesos de selección de acciones y movimientos dentro de una gama de posibilidades inmensurables que dan lugar a un número de transformaciones cuasi infinitas. De ahí la necesidad de monitorear y verificar periódica y asiduamente los efectos que deriven de los operadores empleados en aras de llegar al estado deseado con el menor gasto de recursos y de tiempo, es decir con la mayor eficiencia. Como ejemplo de este tipo de problemas se pueden mencionar el de los misioneros y caníbales y la torre de hanoi, como los más representativos, puesto que sobre ellos se han realizado una cuantía considerable de investigaciones.

**Los Misioneros y caníbales:** El problema de los misioneros y caníbales, (o de elfos y ogros), reza más o menos así: un grupo de tres misioneros viajan juntos en una selva agreste e inhóspita acompañados de un grupo de tres nativos en condición de guías por ser éstos conocedores de los caminos y tramos por los que hay que transitar, sucede empero que los nativos son caníbales y los misioneros lo saben.

De pronto, el grupo tropieza con un caudaloso río que amenaza con impedirles llegar a su destino, pues es demasiado ancho y profundo como para cruzarlo nadando. Por suerte, hallan arrinconada una balsa. Así, los misioneros en conjunto con los caníbales deciden cruzar el río por medio de la pequeña balsa, no obstante acontece que dicha balsa posee capacidad para transportar un máximo de dos personas, lamentablemente solo se dispone de esta balsa y como ya se dijo, su capacidad es limitada. Sumado a ello, el transporte de las seis personas que se encuentran a la orilla del río, debe cumplir con las siguientes condiciones, a saber: no puede haber en ninguno de los dos lados del río, un mayor número de caníbales que de misioneros, puesto que los primeros tienen la costumbre de engullir misioneros siempre y cuando, sobrepasen a estos últimos en número. Los misioneros son conscientes de la situación de riesgo en que se encuentran, por tal motivo, deciden fraguar una estrategia que los lleve sanos y salvos a la otra orilla. El meollo del asunto consiste pues en encontrar el modo de transportar tanto a los misioneros como a los caníbales a la otra orilla del río.

**La Torre de Hanoi,** este problema está compuesto por tres o hasta más discos, usualmente seis, todos de tamaño distinto, que además han sido perforados en su centro. Los discos se encuentran en un tablón que consta de tres fustes o varas, por las cuales se insertan los discos. Las tres varas que llamaremos (A) (B) y (C) ordenadas en ese mismo orden, son perpendiculares al tablón y paralelas entre sí. A su vez, están distribuidas a lo largo de un segmento rectilíneo, lo que significa que están alineadas bajo una misma recta y además guardan simétrica proporción de espacios entre una y la otra.

El estado inicial del problema plantea que los discos, (supongamos que son tres), se hallan en una de las varas (A), ordenados en orden decreciente, de mayor a menor tamaño. De esta manera, el más pequeño (1) se halla arriba, el de tamaño medio (2) está posicionado en el medio, y el disco más grande (3), se sitúa en la base, soportando a los otros.

El problema consiste en trasladar los discos de una vara (A) a la otra vara (C) opuesta, cumpliéndose con las siguientes reglas y restricciones: la vara (B) puede usarse como plataforma auxiliar, esto es, de trampolín, solo se puede mover un disco por vez, no puede haber nunca un disco colocado sobre otro de menor tamaño, tampoco se puede mover un disco que esté situado debajo de otro. Y finalmente se debe procurar realizar el menor número posible de movimientos. Todo movimiento <legal> ha de cumplir estas condiciones. Ubicados todos los discos en la tercera vara, se da por resuelto el problema. Con motivo de ilustración ver siguiente figura:

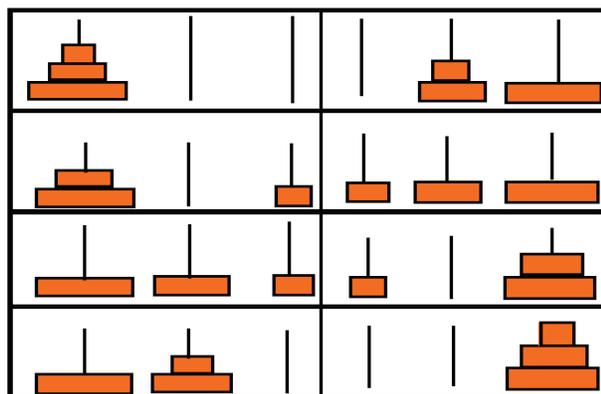


Figura 1. Torre de Hanoi

**Problemas de inducción de estructuras** Los problemas de inducción de estructuras consisten en descubrir relaciones de semejanza o similitud entre dos entidades que si bien pertenecen a dominios y tópicos temáticos distintos, guardan sin embargo cierto paralelismo en la forma como se hallan dispuestos el conjunto de elementos dentro de su misma estructura.

En otros términos, hay ligados entes de cosas, sean materiales u objetos abstractos que al tomar el carácter de una unidad, dan lugar a una entidad real o virtual, cuya distribución u organización de elementos comporta una relación de afinidad a modo de correspondencia especular con otra entidad, de suerte que, cumplido este requisito de paridad, decimos que tales entidades son equivalentes, o también, que sus partes se corresponden de manera análoga. Verbigracia, problemas tales como: *Analogías verbales*.

*Estos problemas consisten en determinar la relación entre sus elementos. Un ejemplo común son los problemas de analogía, en los cuales se proporcionan cuatro elementos y el sujeto debe determinar si se relacionan de alguna manera que concuerde con la estructura A:B:: C:D (Es decir, A es a B como C es a D). (Best John, 2002. p. 432).*

**Problemas de ordenación** Un tercer tipo de problema; está referido a los *problemas de ordenación*, en los cuales se le presenta al sujeto, una serie de elementos; numéricos, alfanuméricos o de otra índole, que deben ser ordenados acorde a un criterio predefinido.

En muchas ocasiones, la persona ha de llevar a cabo un razonamiento de tanteo, ensayo y error, consistente en el lanzamiento de múltiples procesos de búsquedas explorativas, indagando y pesquizando los patrones que son las directrices subyacentes o reglas implícitas bajo las cuales, se han de reorganizar los elementos.

A esta modalidad de búsqueda se la ha denominado “constructiva”, en tanto que su aplicación genera soluciones parciales cuyo grado de acierto es comprobado en el transcurso mismo

de la actividad de resolución. Se crean vías alternativas de resolución plausibles y provisionales, que consisten en intentos de solución experimentales derivados de los yuxtapuestos y combinados sondeos de las pautas o patrones que soportan el esquema de ordenación subyacente. Ejemplifican este tipo de problemas los *Anagramas y Criptoaritméticos*.

**Problemas independientes y dependientes de campo** Los problemas independientes de campo son aquellos que no requieren de conocimientos específicos para ser solucionados, es decir, son problemas que ponen a prueba más que toda la capacidad de raciocinio y no tienen que ver con un cúmulo de conocimientos cristalizados. La persona que se enfrenta a este tipo de problemas no requiere de saberes referidos a un campo o dominio definido.

Este tipo de problemas no dependen de la escolaridad y tienden hacer culturalmente imparciales. Utilizando la terminología de Raymond Cattell decimos que ponen a prueba la inteligencia fluida. Por el contrario, los problemas dependientes de campo requieren de un mayor uso de la inteligencia cristalizada, es decir del banco de información, de la experiencia y práctica del solucionador del problema, ello es debido a que pertenecen a dominios de saber concreto.

**Problemas bien definidos y problemas mal estructurados** Los problemas bien definidos, poseen un punto de partida puntual y precisa, además el objetivo se encuentra delimitado y una vez alcanzado es fácilmente verificable. De ahí que la solución aportada puede ser evaluada conforme a unos criterios taxativos y exactos, no dándose lugar a la ambigüedad o imprecisión al momento de evaluar si la respuesta satisface o no el interrogante.

Un ejemplo de un problema bien definido es el ajedrez, dado que las condiciones iniciales están puntualmente demarcadas, a saber, hay un tablero con sesenta y cuatro casillas y treinta y dos piezas, la mitad de un color y la otra mitad de un color distinto, ambos grupos de piezas ubicadas en los extremos opuestos del tablero.

Pueden jugar la partida dos jugadores, nunca un número mayor de dos. El objetivo de la partida es dar jaque mate al rey opuesto; para ello hay una serie de reglas que deben ser cumplidas por ambos jugadores y establecen que únicamente se puede mover una pieza por vez, así pues el propósito de la partida y los medios para cumplir con el están claramente señalados, no hay lugar a la ambigüedad, ni a la tergiversación. De este tipo de problemas decimos que están bien definidos.

No sucede así con los problemas mal definidos o mal estructurados, éstos son aquellos en los cuales falta información acerca de las condiciones iniciales o los medios para llegar a la meta o falta por definir la meta. Es decir, que la información se presenta incompleta, por lo que la solución no sería programable siguiendo una serie de pasos invariantes, esto debido que los pasos necesarios para llegar a la meta tampoco están tipificados.

Si se plantease como un problema; aliviar la crisis económica de un país, o reducir en un tanto por ciento la pobreza absoluta a nivel mundial en determinado lapso de tiempo, o mejorar la calidad de vida de las personas, muy seguramente acontecería que no habría acuerdo acerca de cuales son los medios idóneos para lograr tales propósitos.

De hecho, habrían tantas interpretaciones del significado de la meta a conseguir con tantas posturas filosóficas, políticas, e ideológicas hay existentes, igualmente sucedería que no habrían parámetros universales de medida que aseguren que se ha alcanzado la meta. Por poner un ejemplo, en cuanto a la pobreza, ésta puede ser entendida como privación o carencia de bienes materiales, o ser pensada como la convergencia de múltiples necesidades básicas insatisfechas. E igualmente, desde el punto de vista utilitarista de Stuart Mill, la pobreza puede ser conceptualizada como un reducido nivel de utilidad, ausencia de satisfacción, bienestar o felicidad, mientras que desde el enfoque de las capacidades y de desarrollo humano de Amartya Sen, la pobreza es definible como falta de capacidad y poder real de elección libre.

Como se puede entonces apreciar, el objetivo de reducir la pobreza, planteado en los términos de un problema por resolver, resulta siendo muy ambiguo e impreciso, debido a que, comporta una meta poco clara y discutible, ergo no se sabe a ciencia cierta que es lo que hay que reducir, y en consecuencia las condiciones y los medios para lograr el objetivo tampoco son determinables, en síntesis, reducir la pobreza es un problema deficientemente estructurado y demasiado mal definido, como para plantear en algoritmo las acciones necesarias para llegar a su meta y traducir en un lenguaje de programación las características del estado inicial y del estado final.

**La Heurística y el algoritmo** Entre algunos matemáticos que habrían teorizado y/o hecho uso de la heurística, Polya, (1989) nombra a Pappus, Leibniz, Euclides y por supuesto Descartes. Recuérdese que edificó un método amplio y general para llegar a la verdad, basado en cuatro principios que podríamos llamar heurísticos, a saber:

1. *“no recibir como verdadero lo que con toda evidencia no reconociese como tal, evitando cuidadosamente la precipitación y los prejuicios, (...).*
2. *División de cada una de las dificultades con que tropieza la inteligencia al investigar la verdad, en tantas partes como fuera necesario resolverlas.*
3. *Ordenar los conocimientos empezando siempre por los más sencillos, elevándose por grados hasta llegar a los más compuestos y suponiendo un orden en aquellos que no lo tenían por naturaleza.*
4. *Hacer enumeraciones tan completas y generales, que dieran la seguridad de no hacer incurrir en ninguna omisión”.* (Descartes, 2004, p. 31)

Por otra parte, suele designarse por *algoritmo* a un conjunto de instrucciones procedimentales finitas, secuenciales y ordenadas que de manera indefectible conducen a un objetivo (Ferrerías Puente, 1999; López García, 2009). El algoritmo está definido por un número finito de pasos que conforman una secuencia invariante, es decir,

que en su puesta en práctica no se puede variar el orden de pasos.

Al contrario que la estrategia heurística el algoritmo siempre da con la respuesta, más no todas las veces es eficaz; particularmente cuando el espacio del problema es demasiado amplio y existen muchas alternativas a elegir. Para ilustrar esto, obsérvese como ejemplo: un problema de anagrama de siete letras: {e -z -a -r -e -d -j} o mejor aún, un anagrama de catorce letras que esté dividido en dos partes: [{ t -e -l -a -r -b} + { t -e -s -i -n -e -n -i }] Si se aplicase un algoritmo para resolverlo, podría darse el caso de tener que organizar todas las letras, una a una, es decir, relizar una ordenación por vez, lo que llevaría mucho tiempo. Las estrategias heurísticas en cambio, aunque conlleven algo de riesgo, es decir, no son infalibles, porque pueden conducir a errores, poseen una significativa probabilidad de éxito, además permiten economizar recursos cognitivos y llegar a la solución con un bajo costo.

Si de utilizar un algoritmo se trata, el anagrama aquí planteado, puede representarse matemáticamente como un ejercicio de permutación en donde se calcule el mayor número posible de variaciones, uno de los tantos procedimientos para ponderar el costo de esfuerzo de resolución que implicaría el empleo de un algoritmo en un problema de anagrama, podría consistir en: Calcular el número total de letras y luego hallar la cantidad máxima de agrupaciones distintas con o sin sentido, que se pueden formar con el número sumado de letras. Eso sí, cada palabra compuesta diferenciándose de otra en al menos un elemento (letra) distinto en relación al orden, es decir en al menos una letra colocada en un lugar disímil.

Así pues, el número de las distintas agrupaciones que se pueden formar con las letras del anagrama {e -z -a -r -e -d -j}, entrando todas ellas en cada variación, vendría dado por:  $P! = 7!/2! = 5040/2 = 2520$  variaciones distintas, una de las cuales correspondería a la palabra Ajedrez, que sería la respuesta al primer anagrama. Para el segundo: [{ t -e -l -a -r -b} \* { t -e -s -i -n -e -n -i }] el solucionador podría requerir

realizar  $\{P! = 6!\} * \{8!/2!2!2!\} = \{722\} * \{40320/6\} = \{720\} * \{6720\} = 4838400$  combinaciones distintas una de las cuales de cómo resultado la expresión compuesta: Albert Einstein.

Con el propósito de facilitar aún más, la comprensión de lo que son las estrategias heurísticas, se hará una breve repaso de algunas estrategias que han resultado útiles en una considerable variedad de problemas, las cuales fueron recopiladas a partir del informe de protocolos verbales de sujetos que resolvían problemas, dichos reportes fueron luego analizados por Allen Newell y Herbert Simon, quienes compilaron dichas estrategias, para luego adaptarlas en un programa de ordenador conocido como Solucionador General de problemas (Ferrerías Puente, 1999).

Se puede comenzar por hacer alusión al heurístico de *análisis de medios y fines* en su versión computalizada; dicho heurístico consiste en reducir la diferencia habida entre el estado inicial del problema y el estado final; determinado por el hallazgo de la solución, de esta manera, el sujeto aplica operadores destinados a minimizar la discrepancia entre los estados inicial y final, lo cual produce un efecto de acercamiento a la respuesta (De Vega, 1994).

Este heurístico suele emplearse cuando por las características del mismo problema, se requiere por parte del informante la elaboración de un complejo plan de solución, cuya ejecución implique múltiples acciones coordinadas. En consecuencia, el sujeto se ve abocado a posponer temporalmente la meta final que es conseguir la respuesta al problema, para en lugar de ello, plantearse fines mucho más accesibles, es decir, alcanzables, de aquí que centre sus esfuerzos en hallar salidas o escapatorias a estados intermedios del espacio del problema. Dejando así de lado el objetivo primordial que es llegar al estado final, ahora bien, cada estado intermedio plantea nuevas exigencias para salir del mismo, por lo que el sujeto debe enfrentarse con el requerimiento de elaborar distintos procedimientos y tácticas para resolver los interrogantes a los que conduce cada estado intermedio. En otras palabras, cada estado dentro del espacio

del problema se caracteriza por una meta u objetivo, y por unos medios para lograrlos, elaborados por el solucionador.

Resumiendo lo dicho en el párrafo anterior, podría decirse que, el heurístico de *análisis de medios y fines*, desagrega, o descompone el problema en partes, y resuelve las partes del problema fragmentado en determinado orden, siguiendo una secuencia lineal de etapas, cada etapa posterior mas próxima al estado final (Ferrerías Puente, 1999). La división del problema en etapas, que produce el heurístico de análisis de medios y fines, le da al proceso de resolución un carácter aparentemente discontinuo debido a que el solucionador dirige sus esfuerzos en lograr pequeños objetivos que guardan relativa independencia entre sí.

Los estados del problema por los cuales se desplaza el solucionador se hallan distanciados unos de otros, en términos de prioridad, puesto que cada uno lanza un subobjetivo a resolver, plantea unos obstáculos, y demanda unos operadores acertados y efectivos para salvaguardarlos, y es lo mismo con el estado subsiguiente, por esta razón podría considerarse que cada estado intermedio, es un problema menor en sí mismo.

Mayer, (1986) describe tres clases de subobjetivos, perseguidos en el heurístico del análisis de medios y fines, el cual ha sido adaptado al programa GPS, dichos subobjetivos, fueron anteriormente formulados por Newell & Simon, (1972), a saber, primeramente, el objetivo de transformación: éste objetivo sondea, pondera y computa la magnitud de la diferencia existente entre el estado inicial y el estado final; el segundo subobjetivo, es el objetivo de reducción, el cual radica en descubrir un operador legal e idoneo para reducir y suprimir la diferencia entre el estado actual y el estado deseado, una vez hallado un operador adecuado, se establece el objetivo de aplicación, el cual consiste en aplicar el operador al estado actual para producir el estado deseado.

El resultado de todo ello, es la emergencia de un nuevo estado del problema cercano al es-

tado final, siempre y cuando no haya ningún obstáculo para la aplicación del operador; de haber dicho obstáculo, no se aplica el operador, en lugar de ello, se establece un nuevo objetivo, que involucra el cómputo de la diferencia entre el estado actual que se desea transformar y el estado requerido libre de obstaculo, ello, para que dicha transformación inicialmente planteada como objetivo, sea realizable sin que se quebrante ninguna condición impuesta por el problema.

Dicho en otras palabras, dándose por verídica la existencia de un estado actual de cosas (Ea) que difiere de un estado deseado de cosas (Ed), un programa se propone como primera medida cuantificar la brecha (B) entre ambos estados, una vez cuantificada, el programa se plantea el objetivo de reducir (-B) dicha brecha, para lograr ello, hace frente a la demanda de encontrar un operador (Z) capaz de llevar a cabo la reducción (-B), recurriendo a un inventario de operadores (Zs) almacenados en la memoria y diseñados para reducir (-B) un amplio conjunto de diferencias (B) entre estados, también almacenadas en la memoria, por lo que a cada tipo de diferencia (B) le corresponde un operador (Z) especializado para reducirla.

Una vez se hubo seleccionado el operador (Z), el programa se plantea el objetivo de aplicarlo (C), si el programa se percata de algún impedimento (B2) –que constituya una nueva diferencia– para aplicar el operador (Z), el programa pospone el objetivo de aplicación (C), y en su lugar, crea un objetivo de segundo orden, encaminado a suprimir el impedimento (B2), el objetivo de segundo orden así creado, se subdivide a su vez en tres subobjetivos.

El primero orientando a cuantificar la magnitud del impedimento (B2), el segundo dirigido a reducir (-B2), por medio de un nuevo operador (Z2) y el tercero encaminado a aplicar dicho operador (Z2). De poder cumplirse con éxito los tres subjetivos que conforman el objetivo de segundo orden se reduce (-B2) y se elimina por consiguiente, el impedimento (B2) que obstaculizaba el objetivo de aplicación (C) y se crea un estado del problema en el cual es posible traer

de vuelta a dicho objetivo de aplicación (C) que antes hubo sido desplazado y almacenado en la memoria mientras se eliminaba el impedimento (B2).

Si por el contrario, no es factible la realización del objetivo de segundo orden porque alguno de los objetivos que le conforman poseen algún obstáculo (B3) para su ejecución, entonces se crea un nuevo objetivo, esta vez, de tercer orden dirigido a reducir y suprimir el obstáculo aludido (-B3). De esta manera se van almacenando en la memoria del solucionador, nuevos objetivos, con el propósito de hacer viables y realizables los objetivos predecesores.

Así pues, si el objetivo de primer orden no se puede lograr, se establece un objetivo de segundo orden con el propósito de hacer posible la realización del primero, mas si aconteciera que el objetivo de segundo orden tampoco se puede realizar, se crearía un objetivo de tercer orden que haga realizable al de segundo orden y por ende al de primer orden.

A continuación se mostrará la aplicación del heurístico de análisis de medios y fines en el problema de la Torre de Hanoi, por medio de lo que (Mayer, 1968) denomina: "la estructura de objetivos en el análisis de medios y fines". Para ello, se ilustrará el orden en que se establecen los distintos objetivos de identificación de diferencias, de reducción y de aplicación para dar solución al problema.

Por otra parte, la ilustración del proceso de resolución del problema de la Torre de Hanoi, representará el problema de forma tal que el espacio del problema construido se halle dividido en ocho estados del problema, recordemos que por <<estado del problema>>, se entiende la descripción de la disposición y arreglo de los elementos o partes del problema.

Por ejemplo, un estado del problema en la Torre de Hanoi, sería la ubicación de los discos; mediano y de mayor tamaño en la primer clavija

y la ubicación del disco de menor tamaño en la segunda clavija, estado que a su vez, sería producto de la aplicación del operador: \*mover el disco de menor tamaño a la segunda vara\*.

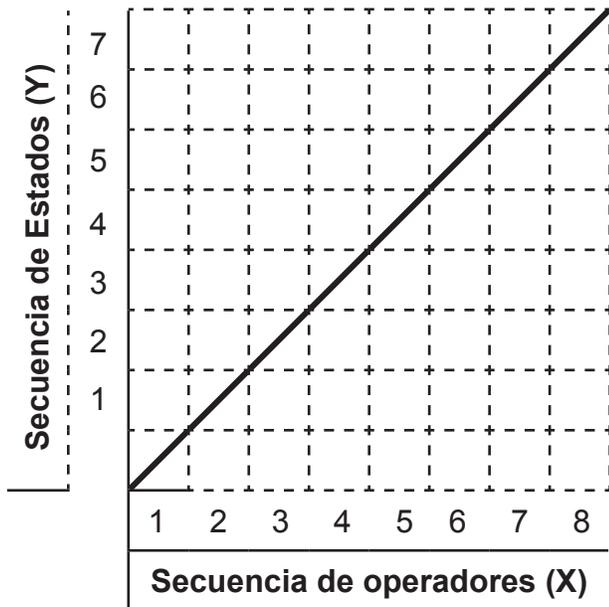
En seguida se proseguirá con una breve exposición del heurístico de aplicabilidad general, de *subir la cuesta* o *subir la montaña* o también llamado *busqueda hacia adelante*: consiste en un procedimiento de búsqueda sistemática sin mira atrás, de movimientos consecutivos tendientes a hallar la solución, en dicha secuencia, cada movimiento posterior se hace mas próximo a la respuesta que el antecedente. La hilera de movimientos termina, una vez se ha hallado la respuesta, o cuando el solucionador llega a un punto sin salida (Garnham, Alan., & Oakhill, Jane, 1994; Ferreras Puente, 1999).

En otros términos, el heurístico de subir la cuesta, consiste en elegir movimientos que aproximen lo mas cerca posible a la solución, así, en cada estado del problema se realiza una inspección de posibles acciones a realizar, eligiéndose siempre aquella capaz de desplazar al solucionador, lo mas rápida y directamente posible al estado final.

El heurístico de subir la montaña, toma su nombre, porque con el se busca imprimir una línea recta de dirección constante al plan de solución, y además porque con el se elige movimientos orientados a recorrer la menor distancia entre el estado inicial y el estado final de un problema, es decir, el heurístico opta por una serie continua de movimientos –el menor número posible – y los dirige en una sola dirección a través del espacio del problema.

Véase la siguiente ilustración, en donde cada aplicación de un operador posterior se corresponde con un estado mas avanzado de conocimiento. En otras palabras, la transformación del mundo efectuada por cada operador es directamente proporcional o están en función de un estado más próximo al final.  $X = f(Y)$

**Figura 2.** Ilustración del heurístico; Subir la cuesta



Si bien, el principio que subyace al heurístico es relativamente simple, a saber; en cada estado del problema realizar el movimiento que lleve más cerca al objetivo, lo cierto es, que; *subir la cuesta*, puede plantear múltiples dificultades en aquellos problemas que demandan al solucionador, retroceder a estados anteriores y tomar distancia del objetivo para luego poder acercarse al mismo .

También en los problemas cuyas operaciones legales a efectuar están pobremente definidas, y también en aquellos en los que se hace imposible precisar un camino o ruta a seguir cuyo recorrido lleve a la respuesta, y en aquellos problemas en los cuales no es posible establecer un método capaz de evaluar la distancia de un estado a otro (Ferrerías Puente, 1999). Sumado a lo anterior, el subir la cuesta puede llevar a un estado próximo o cercano a la solución, no obstante sin salida puesto que no admite la aplicación de ningún movimiento que lleve al estado final.

Resumiendo lo dicho en los párrafos precedentes en palabras de (Garnham, Alan; Oakhill, Jane, 1994, p. 232):

*Cuando las personas se enfrentan a la elección de lo que tienen que hacer como*

*ocurre en cada punto de sus intentos por encontrar la solución a un problema, utilizan métodos heurísticos <<de andar por casa>> para seleccionar la que esperan sea su mejor acción.*

A continuación y para finalizar, se presenta paso a paso el proceso que emplea el programa para solucionar un problema (Garnham, Alan; Oakhill, Jane, 1994; Best John, 2002; Mayer, 1986; García Madruga, 2002):

Para empezar, el programa genera una representación del problema compuesta por el estado inicial, (entendido como la configuración de los elementos del problema tal cual como están dispuestos por el enunciado), el estado final comprendido por el logro del objetivo de solución y el conjunto de operadores permitidos. Sumado a ello, posteriormente pondera las diferencias o discrepancias entre ambos estados, una vez identificada y registrada la distancia entre los estados inicial y final, el programa se plantea el objetivo de reducirla.

No pudiéndose llevar a cabo el objetivo, arriba mencionado, de forma directa e inmediata, el programa concentra sus recursos en alcanzar un segundo objetivo: el de eliminar el impedimento que mantiene distante a la meta (la solución). Pero dado que, eliminar el impedimento puede conllevar pequeños impasses, el programa suspende temporalmente el objetivo de eliminar el impedimento, y en su lugar, se plantea el nuevo propósito de suprimir los impases que se constituyen en una barrera para la eliminación del impedimento. De manera que, una vez suprimidos los impasses, se acorte la distancia entre el estado inicial y el estado final, de lo anterior se deduce que el programa genera pequeñas sub-metas por alcanzar o sub-objetivos por resolver.

Para tal efecto de generar pequeñas sub-metas, los jerarquiza en una *pila de objetivos*, que como datos son almacenados en la memoria y guardados en una lista de espera, los objetivos se ordenan al interior de la pila según su orden de llegada. Sumado a ello, la pila revela un sistema de priorización en donde la posición de

cada objetivo con respecto a los otros indica el grado de prioridad del mismo. Acto seguido, el programa busca y selecciona múltiples procedimientos u operaciones dirigidas a lograr los sub-objetivos, verifica si existen fallos en el intento de alcanzarlos, para tal fin, comprueba el éxito o fracaso obtenido por los operadores en reducir las diferencias, esto es, en la creación de un nuevo estado intermedio más próximo al final.

## Referencias

- Best John, B. (2002). *Psicología cognoscitiva. Solución de problemas*. México: Thomson.
- De Vega, M. d. (1994). *Introducción a la psicología cognitiva. Tercera parte: procesos cognitivos complejos*. Pensamiento. Madrid: Alianza.
- Descartes, R. (2004). *Discurso sobre el método que ha de seguir la razón para buscar la verdad en las ciencias*. Bogotá, D. C., (Colombia): Ediciones Universales. Impreso por Gráficas Modernas.
- Ferreras Puente, A. (1999). *El cerebro creador. Qué hacer para que el cerebro sea más eficaz*. Madrid: Psicología Alianza Editorial, S. A.
- García Madrugada, J. A. (2002). Resolución de problemas. En P. Abrantes, J. E. García Jimenez, J. A. García, & T. Fuentes, *La resolución de problemas. Teoría y experiencias* (págs. 27-33). Caracas (Venezuela): Laboratorio Educativo.
- Garnham, Alan. Oakhill, Jane. (1994). *Manual de psicología del pensamiento: Pensar y razonar*. Editorial Paidós Ibérica, S. A. Barcelona.
- Mayer, E. Richard. (1986) *Pensamiento, resolución de problemas y cognición*. Ediciones Paidós Ibérica, S.A. España.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Pólya, G. (1989) *CÓMO PLANTEAR Y RESOLVER PROBLEMAS*. *Cómo plantear y resolver problemas*. Editorial Trillas, S. A. de C. V. México D. F.