

programación heurística y sus aplicaciones

Ma. Del Carmen J. de Todd.

Aspirante al grado de Doctor
en Ciencias.

INTRODUCCION

En esta época la solución de problemas ha tendido a incorporar diversas técnicas cuantitativas. Sin embargo estos métodos cuantitativos prestan utilidad a situaciones en las cuales los problemas conforman a una estructura bien definida. El dilema resta, entonces, en encontrar mejores técnicas para resolver problemas mal estructurados como lo son la mayoría de los problemas administrativos —problemas que puede resolver la inteligencia humana a través de un análisis que después se puede programar “heurísticamente” en una computadora (6-499).

El propósito de este trabajo es dar una breve introducción a lo que es la programación heurística en su presente estado para después plantear algunas posibles aplicaciones de la misma.

LA PROGRAMACION HEURISTICA

Cuando la mayor parte de los problemas administrativos son de un aspecto de pobre, mala o carente estructuración, todos los métodos cuan-

titativos resultan inútiles para su resolución. Sólo el ingenioso razonamiento humano puede resolverlos. ¿Cómo podemos incorporar esa inteligencia del hombre dentro de técnicas sistematizadas para resolver problemas? ¿Podríamos acaso incorporar las actividades mentales repetitivas de un humano a un programa de computación para obtener una solución a un problema complejo inestructurado (3-91)?

Herbert A. Simon, Allen Newell y J. S. Shaw fueron los primeros científicos en iniciar investigaciones sobre este tema de “inteligencia artificial” (6-502). Opinan que es posible construir programas que instruyeran a una computadora a seguir el mismo proceso de raciocinio que sigue el hombre inteligente. Parten desde la analogía entre el sistema nervioso humano que conduce al pensamiento y el procesamiento de información de la computadora. Lo único de que requiere la computadora es de alimentaciones de **suficientes modelos de análisis**, observaciones, y experimentos para que ella procese la informa-



ción en la misma forma que lo hacen los humanos. Esto comprendería un análisis de los problemas que resuelve la inteligencia humana, observando en cada paso la manera en que lo hace, y la construcción de un programa que haga lo mismo. Es decir, esto entallaría una transición de los métodos altamente matemáticos de solución a una forma heurística, no-matemática en lo absoluto, de llegar a un fin (7-7).

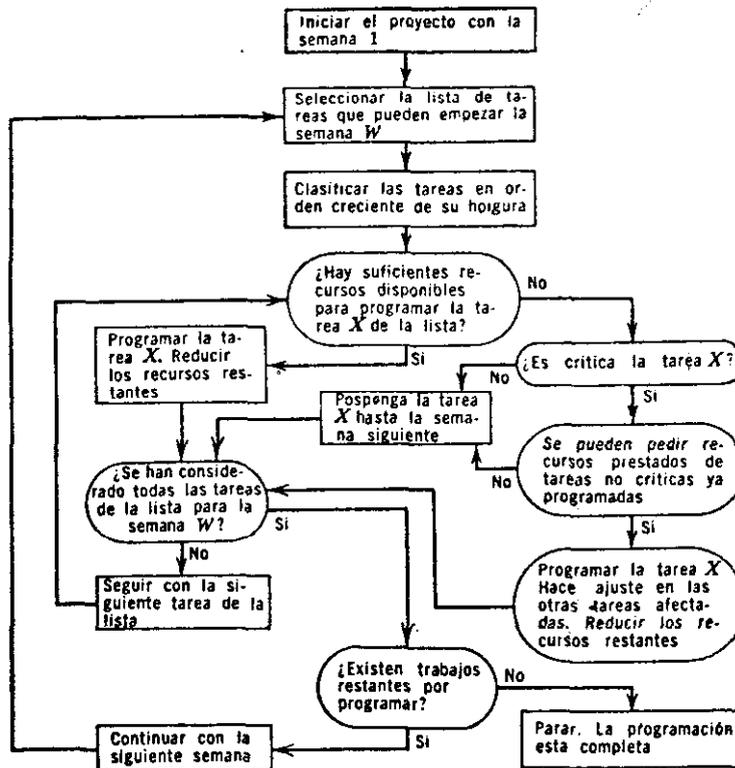
En relación a la solución de problemas a través de la toma de decisiones, por la heurística, habría que descomponer los problemas mal estructurados en metas y submetas, relacionando los medios con los fines. Para que una computadora pueda resolver este tipo de problemas, Simon, Neyell y Shaw formularon una serie de instrucciones que liberan a las computadoras de las rigideces de los programas matemáticos. A esto le llamaron el "Solucionador General de Problemas" (GPS) que es el factor crítico de la programación heurística (6-02). Este solucionador

le incorpora a la computadora una capacidad de adaptación; de razonamiento en términos de medios y fines y de resolución de problemas en forma sucesiva/progresiva desde los subproblemas más presionantes hasta el principal.

TIPOS DE PROGRAMAS

Básicamente, un programa heurístico adopta sus propias reglas heurísticas en base a valores humanos organizativos, eliminando alternativas o submetas en ciclos repetitivos hasta llegar a una buena resolución de un problema mayor. Aunque los programas heurísticos que se han formulado hasta ahora son de uso un tanto limitado, se incluyen algunos de los que han mostrado ser de mayor utilidad.

El tipo más conocido es el programa que se utiliza para la programación de un proyecto tomado del libro de Triauf y Grosse y del cual se tomó el diagrama que sigue (6-503):



Programa heurístico para la programación de un proyecto. (Nota: la semana W y la tarea X son las que se consideran.)



El programa se basa en tres pasos heurísticos. El primero asigna en serie los recursos en el tiempo. Es decir, se sigue la lógica humana de empezar a partir del primer día, programando todas las tareas posibles, haciendo sucesivamente lo mismo con los demás días. Cuando existen varias tareas compitiendo para obtener los mismos recursos, se aplica el segundo paso heurístico que da preferencia a las que tienen menos holgura, que son más críticas. El tercer paso permite la reprogramación de las tareas que no son críticas a fin de liberar recursos para la programación de las tareas críticas cuando no hay tiempo de holgura. Las fases del programa se repiten hasta terminar el tiempo y las tareas a asignar en la mejor forma posible, pues hemos de recordar que la computadora podrá "evaluar" entre las distintas programaciones.

El programa para determinar la mejor ruta a seguir por un vendedor desde un punto de partida para hacer sus visitas correspondientes y regresar al punto original también se ha considerado por sus beneficios al máximo aprovechamiento de tiempo y dinero, y por sus posibilidades de minimizar costos. El método heurístico consiste en añadir ciudades al itinerario del agente hasta que queden incluidas todas las del problema. La computadora evalúa la manera en que más favorablemente encaja la nueva alternativa en relación a las ya expuestas, y la coloca en su lugar sin afectar el resto del itinerario. Este proceso lo repite hasta llegar a una solución. Sin embargo, este programa requiere demasiado tiempo dentro de la computadora, y eso ha sido su mayor desventaja.

Otro tipo de programa que se ha formulado es de gran utilidad en la determinación de la localización más próxima a la óptima de las bodegas regionales, a fin de reducir al mínimo los costos de distribución. El programa permite la

consideración de magnitudes de sitios probables bajo el criterio humano que de otra manera se dificultaría. La selección la hace en base a cantidad de clientes en el área, mezclas de pedidos de los clientes, costos reales de embarque, costos de operación de las bodegas, demoras de embarque y tantos otros factores como puedan intervenir en una buena localización. El programa se descompone en dos partes: un programa principal y un programa de cancelación y cambio. El principal localiza las bodegas en forma sucesiva, una a la vez bajo las siguientes reglas heurísticas: a) los locales más prometedores son los que contienen una fuerte demanda o cuando menos la tienen muy a la mano; b) los mejores sistemas de bodegas pueden desarrollarse localizando las bodegas de una en una, incluyendo en cada paso del análisis la bodega que mejores ahorros produce en los costos para todo el sistema; c) sólo un pequeño conjunto de el total de las localidades posibles de bodegas debe evaluarse detalladamente en cada etapa del análisis para determinar la siguiente localización que se debe incluir. El programa rutina modifica las soluciones determinadas por el programa principal. Cancela cualquier bodega que no resulte tan económica como alguna otra, intercambiando el local elegido con los otros posibles dentro del territorio.

También existe un tipo de programa heurístico para desarrollar soluciones deseables en cuanto a productos nuevos que se podrían introducir a un mercado debido a las muchas alternativas que se podrían evaluar. Inclusive, un programa heurístico se ha diseñado para los problemas de inventarios que también carecen de estructura sólida y son altamente complejos. Existen programas para resolver problemas de equilibrios en líneas de ensamble y de programación de tareas en talleres. En la solución de los equilibrios de líneas de ensamble se imita el



procedimiento humano. En la programación de tareas, las reglas heurísticas que se siguen para determinar el orden en que se programarán las tareas son de lo más lógico: en base a la primera tarea que llegó; en base a las que se pueden terminar primero o las que se demoran más; y así tomar después en cuenta las restricciones del problema como capacidades de máquinas, tareas de prioridad y restricciones de secuencia.

Se han formulado también programas heurísticos para la selección de valores para una cartera. Primeramente se enlistan todos los valores entre los que el inversionista hará las selecciones para su cartera, y se almacenan en la computadora. También se incluyen diversos datos relacionados con cada uno de los valores y entre ellos se incluyen datos como precios, proporción de incremento, pago de dividendos, utilidades esperadas. El programa guarda en la memoria una historia de decisiones pasadas y modifica el comportamiento futuro, eliminando los procedimientos que no han tenido éxito.

Existen programas heurísticos hasta para ganar o cuando menos empatar en un juego de ajedrez o de gato. No considero este tipo de programa de mucha utilidad para nuestro estudio, excepto desde el punto de vista de estrategias. Sin embargo, de todos los programas antes mencionadas, fue el único que puede obtener en diagrama y traducido a un lenguaje. El programa se expone en el lenguaje "BASIC" y su interpretación se deja a la iniciativa del lector, debido a que tiene la solución en el diagrama y probablemente ya conoce el lenguaje.

Todos estos programas representan probables aplicaciones de la programación heurística. Sin embargo, se dará un mayor peso a las aplicaciones dentro del proceso de la toma de decisiones. Son estas las que nos pueden facilitar el marco de referencia necesario para llegar a una

verdadera coordinación entre las ciencias y sus aplicaciones administrativas.

APLICACION DE LA PROGRAMACION HEURISTICA

El proceso de decisión dentro de una institución es en realidad un acto de elección de alternativas y de comportamiento, determinado por una comprensión del ambiente y de sus necesidades (4-87). Esto involucra series de problemas complejos debidos a las relaciones entre los subsistema administrativos (variedad). Las alteraciones que sufre una relación puede causar efectos en uno o más de las relaciones entre subsistemas. Por lo tanto, es de suma importancia el tratar de integrar el proceso de decisión a base de un alto grado de coordinación y cooperación y no olvidando las restricciones físicas y sociales que limitan la libertad de decisión (i.e. políticas, valores, reglas, competencia, normas, leyes, recursos humanos y materiales. . .).

En muchas ocasiones la falta de consideración de algunos de estos factores del proceso de decisiones tiende a rendir problemas malamente estructurados en los cuales no se delínean claramente las alternativas de la situación. En este punto, sólo la creatividad o experiencia pueden descifrar las verdaderas alternativas para la toma de una buena decisión. Aquí entonces, podemos distinguir entre cuatro tipos de situaciones bajo las cuales se formulan las decisiones; la certidumbre, el riesgo, la incertidumbre y conflictos o competencia. La situación más común dentro de las decisiones institucionales es la de incertidumbre donde surgen múltiples alternativas y un número equiparable de consecuencias de cada una de ellas, sólo que no se conocen las probabilidades de que sucedan estas consecuencias. Afortunadamente podemos formular probabilidades subjetivas de ocurrencia bastante acertadas en base a datos proporcionados por el



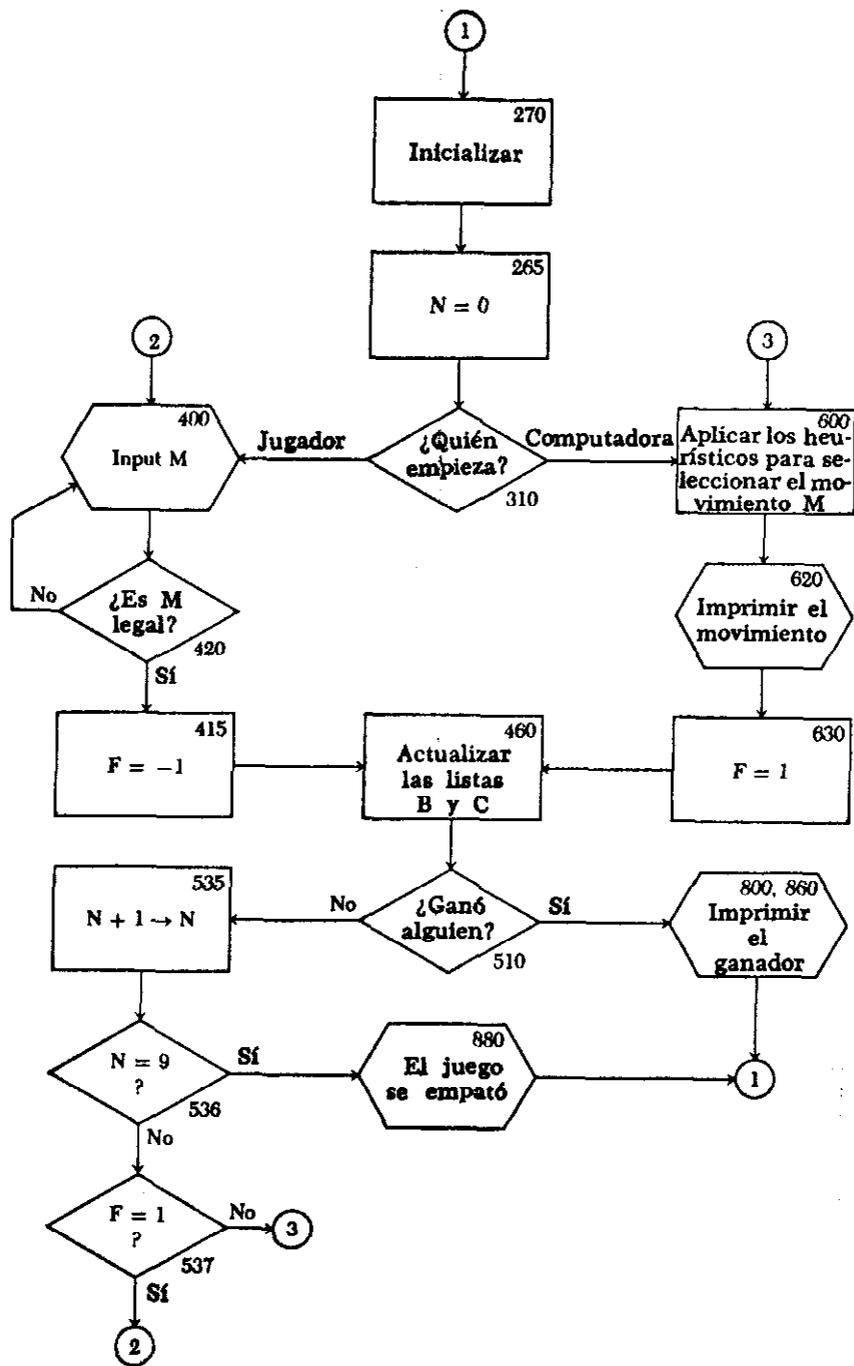


DIAGRAMA -- Gato -- un enfoque heurístico

PROGRAMA BASIC GATO

GATO-2 01/31/70 14:55

```

100 REM INICIALIZAR LAS TABLAS P Y U
105 FOR P = 1 TO 6
110 FOR J = 1 TO 3
120 READ T(P,J)
130 NEXT J
140 NEXT P
150 DATA 1, 2, 3
151 DATA 0, 9, 4
152 DATA 7, 6, 5
153 DATA 1, 8, 7
154 DATA 2, 9, 6
155 DATA 3, 4, 5
156 DATA 1, 9, 5
157 DATA 7, 9, 3
160
200 FOR S = 1 TO 9
210 FOR J = 1 TO 4
220 READ U(S,J)
230 NEXT J
240 NEXT S
250 DATA 1, 4, 7, 0
251 DATA 1, 5, 0, 0
252 DATA 1, 6, 0, 0
253 DATA 2, 6, 0, 0
254 DATA 3, 6, 7, 0
255 DATA 3, 5, 0, 0
256 DATA 3, 4, 0, 0
257 DATA 2, 4, 0, 0
258 DATA 2, 5, 7, 0
260
265 REM AQUI PARA UN NUEVO JUEGO
270 LET N = 0
275 FOR S = 1 TO 9
280 LET C(S) = 0
285 NEXT S
290
300 REM ECHE UN VOLADO PARA VER QUIEN EMPIEZA
310 IF RND < .5 THEN 350
320 PRINT "UD. TIRARA PRIMERO."
330
340 GO TO 400
350 PRINT "LA COMPUTADORA TIRARA PRIMERO."
360
370 GO TO 600
380
390 REM EL TIRO DEL JUGADOR
400 PRINT "SU TIRO:"
410 INPUT M
415 LET F = -1
420 IF M = INT(M) THEN 430
425 PRINT "TIRO ILEGAL; INTENTE OTRA VEZ."
430 GO TO 400
440 IF M < 1 THEN 425
445 IF M > 9 THEN 425
450 IF B(M) <> 0 THEN 4

```

```

455
460 REM ACTUALIZA LISTA C, VERIFICA GAME
465 LET B(M) = F
470 FOR J = 1 TO 4
480 LET P = U(M,J)
490 IF P = 0 THEN 530
500 LET C(P) = C(P) + F
510 IF C(P) = -3 THEN 860
520 IF C(P) = 3 THEN 880
530 NEXT J
540 LET N = N + 1
550 IF N = 9 THEN 880
560 IF F = 1 THEN 400
570
600 REM TIRO DE LA MAQUINA
610 GOSUB 1000
620 PRINT "LA COMPUTADORA TIRA:" M
630 LET F = 1
640 GO TO 460
650
660 REM EL JUEGO SE TERMINO
810 PRINT "Y LA COMPUTADORA GANA."
820 PRINT
830 PRINT
840 PRINT "NUEVO JUEGO."
850 GO TO 265
860 PRINT "FELICITACIONES, DERNOTO A LA COMPUTADORA."
870 GO TO 820
880 PRINT "EL JUEGO SE EMPATO."
890 GO TO 820
895
900 REM SELECCIONAR UN MOVIMIENTO
1010 FOR P = 1 TO 6
1020 NEXT P
1030 NEXT P
1040 FOR P = 1 TO 6
1050 NEXT P
1060 FOR P = 1 TO 6
1070 NEXT P
1080
1090 GO TO 1200
1100 FOR I = 1 TO 3
1110 LET M = I(P,1)
1120 IF B(M) = 0 THEN 1999
1130 NEXT I
1140
1150 FOR S = 1 TO 9
1210 LET V(S) = 0
1215 IF B(S) <> 0 THEN 1270
1220 FOR J = 1 TO 4
1230 LET P = U(S,J)
1240 IF P = 0 THEN 1260
1250 LET V(S) = V(S) + 1 + ABS(C(P))
1260 NEXT J
1270
1280

```

```

1300 LET V = 0
1310 FOR S = 1 TO 9
1320 LET V(S) = V + V(S)
1330 LET N = 5
1340 NEXT S
1350 RETURN
9999 END
READY
RUN
GATO-2 01/31/70 15:02
LA COMPUTADORA TIRARA PRIMERO.
LA COMPUTADORA TIRA 9
SU TIRO 7 1
LA COMPUTADORA TIRA 3
SU TIRO 7 7
LA COMPUTADORA TIRA 8
SU TIRO 7 4
SU TIRO 2 2
LA COMPUTADORA TIRA 6
EL JUEGO SE EMPATO.
NUEVO JUEGO.
UD. TIRARA PRIMERO.
SU TIRO 7 9
LA COMPUTADORA TIRA 1
SU TIRO 7 3
LA COMPUTADORA TIRA 7
SU TIRO 7 8
LA COMPUTADORA TIRA 4
SU TIRO 7 2
LA COMPUTADORA TIRA 6
SU TIRO 7 5
EL SUEGO SE EMPATO.
NUEVO JUEGO.
LA COMPUTADORA TIRARA PRIMERO.
LA COMPUTADORA TIRA 9
SU TIRO 7 8
LA COMPUTADORA TIRA 1
SU TIRO 7 5
LA COMPUTADORA TIRA 3
SU TIRO 7 9
TIRO ILEGAL; INTENTE OTRA VEZ
SU TIRO 7 2
LA COMPUTADORA TIRA 7
Y LA COMPUTADORA GANA.

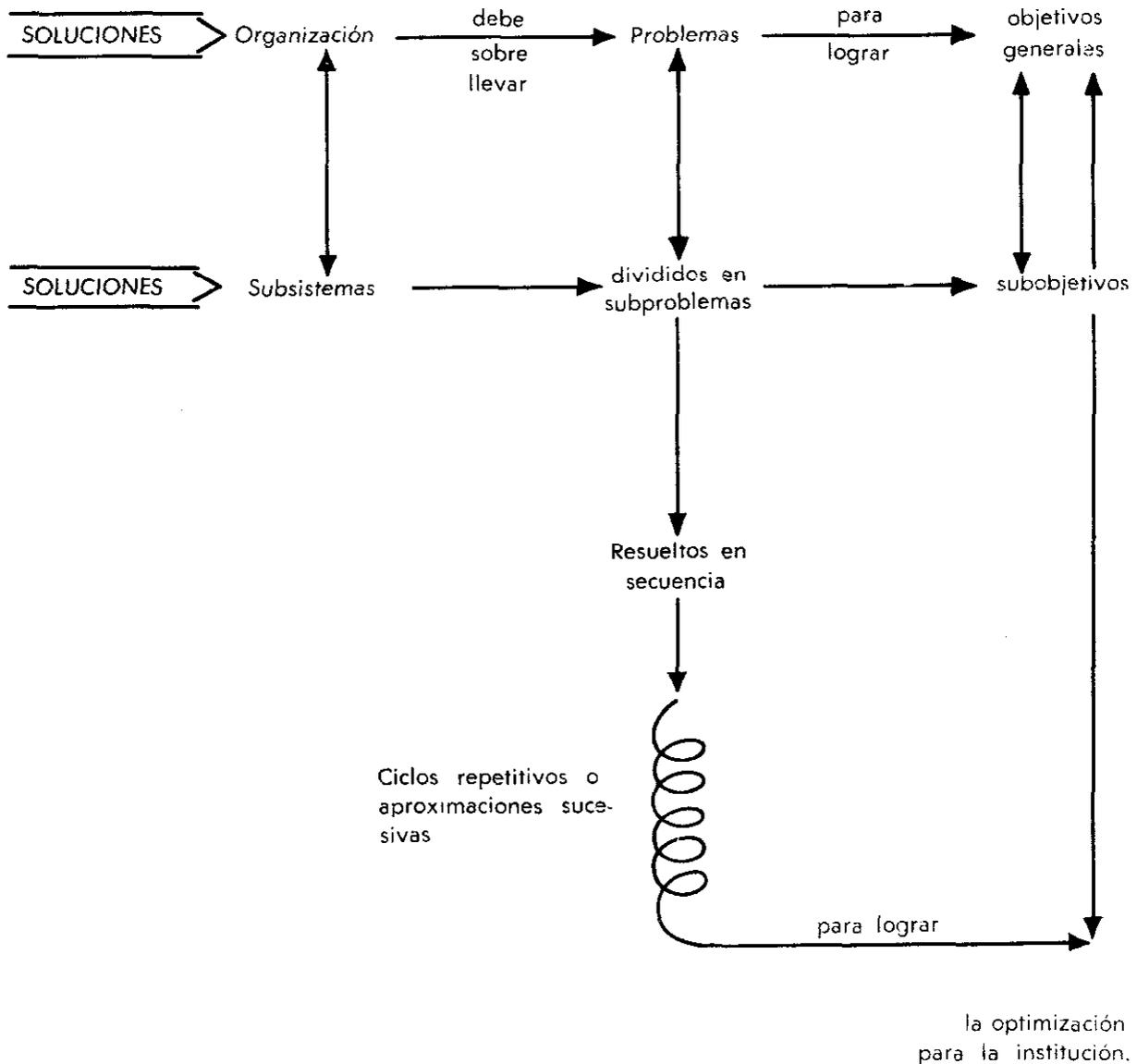
```

sistema de información, así como introducir una "equivalencia" numérica de las preferencias del decisor.

Es precisamente en la solución de problemas mal estructurados y bajo condiciones de incertidumbre donde existe poca información cuando utilizamos la programación heurística. Basados en un proceso de intento y error buscamos encontrar datos clave que nos llevan hacia más intentos hasta llegar a una decisión final. Soluciones a problemas relacionados (subproblemas)

de menor grado podrían ser resueltos en los primeros ensayos. Cada ensayo se considera un ciclo; al terminarse un ciclo, se inicia otro para la toma de otra decisión, llegando progresivamente hacia una decisión total final. Cada ciclo se supone que nos llevaría hacia una mejor decisión final, bajo las restricciones del tiempo, los conocimientos y el factor económico.

Lundgren, describe este proceso de toma de decisiones por el método heurístico en forma muy precisa en el siguiente diagrama (4-94):



Observamos pues que el proceso de toma de decisiones heurístico, consta de una secuencia de operaciones repetitivas. Según Kenneth R. Macrimmon, todo tipo de operación repetitiva se puede identificar como un programa en el mismo sentido que los programas de una computadora (5-452). Cuando estos programas son utilizables, se utilizan y cuando no, se archivan. Así, la programación heurística se puede aplicar o utilizar cuando surgen problemas mal-estructurados y se toma a nivel de "reglas empíricas" que no proporcionan soluciones estandar ni tampoco creativas. En casos en que los cómputos son flexibles y sencillos con respecto a sus parámetros se puede adaptar la heurística. Por lo tanto, puede ser bastante útil dentro del proceso de la toma de decisiones, puesto que se identifica muy particularmente a un problema de decisiones específico. Sin embargo, hace falta un tanto más desarrollo en su teoría y en el tipo de situaciones que puede auxiliar. Por lo pronto se considera (5-453) que podría ser de mucha utilidad al proceso de la toma de decisiones debido a su flexibilidad y consideración del medio ambiente.

En forma más breve lo que se ha venido diciendo, es que la programación heurística no se relaciona con las matemáticas de orden elevado, sino que es más aplicable a problemas que no tienen una estructura definida y que imposibilitan el uso de las matemáticas, por esta naturaleza. La única solución para estos casos como afirma R.M. Hodgetts, descansa en los principios de la programación heurística que se basa en "reglas empíricas" o procesos de pruebas y error, como en el siguiente caso, tomando de su libro *Management Theory and Practice* (1-269):

"Una epidemia ha llegado a un poblado. Los doce sanatorios de éste han llamado a una compañía farmacéutica cercana para pedir el envío del medicamento adecuado, de inmediato. Por casualidad la compañía tiene suficiente medicamento para surtir la necesidad. El medicamento se coloca en doce paquetes iguales y se envían al embarque. En el preciso momento que el embarcador está dispuesto a enviarlas a sus destinos

recibe una llamada diciendo que a uno de los paquetes le faltan 5 onzas del medicamento. Este se enviará en seguida, pero el embarcador debe cerciorarse de que el sanatorio recibiera el faltante. Sólo tiene una basculita para resolver su dilema. ¿Cómo podría aislar el paquete al que le falta medicamente si sólo tiene dos minutos para hacerlo?"

Es un problema muy común y no creo que existiera fórmula matemática para resolverlo. Sin embargo veamos la solución que propone Hodgetts. Si el embarcador pesa los doce paquetes, seis en cada lado de la báscula, un lado bajaría por exceso de peso. Esto reduce sus alternativas a seis. Ahora podría pesar tres bultos en cada lado. El lado en el cual se encuentra el faltante subiría. Ahora tiene sólo una solución; pesar un paquete en cada lado. Si un lado sube, ese será el que tendrá que identificar, y si pesan lo mismo, el paquete que no se pesó sería el indicado.

Desde luego que esto no se podría resolver por ninguna computadora tan rápido como por el razonamiento humano. Requeriría de mayores conocimientos, tiempo y dinero el emplear un programa para resolver el problema. Así pues, vemos la gran utilidad de la programación heurística.

La programación heurística responde cuando los algoritmos fallan, pues conforme se eleva la complejidad de los problemas a resolver se requiere de una cordura y juicio humano mucho más profundo en todas las etapas del proceso de toma de decisiones. Kast y Rosenweig, sugieren que la heurística es el proceso que la mayoría de administradores utilizan para atacar los problemas complejos de sus instituciones (2-433). Desde luego que no hay que confundir las prácticas empíricas con un proceso delimitado y más sofisticado como lo es la heurística.

Finalmente se podría comentar que la aplicación designada a la heurística debe ser basada en un franco entendimiento entre los administradores y los innovadores técnicos, pues aunque



sus propósitos son distintos, debe haber una colaboración entre los dos. Un reconocimiento legítimo de la heurística utilizada por los administradores que saben decidir en forma competente, podría conducir a la formulación de procesos concretos y efectivos que se practican empíricamente sin conciencia de cada una de las fases en que se desarrolla. El factor más crítico en la determinación de la aplicabilidad de la heurística es el contexto del problema.

CONCLUSIONES

— La programación heurística ha tenido su mayor auge en la resolución de problemas mal estructurados y en la toma de decisiones que no se prestan a soluciones cuantitativas.

— Las ventajas de la programación heurística están en la sencillez de sus cálculos, su economía, las grandes escalas a las que puede tratar problemas, su flexibilidad, y el rendimiento de soluciones casi óptimas que ofrece.

— Las desventajas de este tipo de programación caen en las limitaciones de problemas de diseño estrecho que resuelve, falta de refinamiento de procesos y creatividad, y de lenguajes adecuados.

— La mayor utilidad de la programación heurística se llevará a cabo cuando la iniciativa administrativa y científica se unan para tomar el

contexto de un problema y buscan una solución que considere los objetivos de la solución por sí mismos y no los de los interventores.

BIBLIOGRAFIA

1. Richard M. Hodgetts. **Management Theory: Process and Practice.** W.B. Saunders Co., 1975.
2. Fremont Kast y J.E. Rosenweig.—Organization & Management: **Systems Approach.** McGraw Hill, 1974.
3. J.G. Kemeny y T.E. Kurtz. **Programación "Basic".** Cía. Ed. Continental, S. A., Ed. Inglés, 1971.
4. E.F. Lundgren. **Organizational Management: Systems and Process.** Canfield Press, 1974.
5. K.R. MacCrimmon. "Managerial Decision-Making". **Contemporary Management.** Prentice-Hall, Inc., 1974.
6. R.J. Thierauf. **Toma de Decisiones por Investigación de Operaciones.** Ed. Limusa Wiley, Ed. Inglés, 1970.
7. J. Von Neumann y O. Morgenstern. **Theory of Games and Economic Behavior.** Sience Editions. John Wiley and Sons, Inc., 1964.

