

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**FACULTAD DE PSICOLOGIA**

**EMPLEO DE LOS ALGORITMOS**  
**EN LA**  
**ENSEÑANZA PROGRAMADA**

**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**  
**LICENCIADO EN PSICOLOGIA**  
**P R E S E N T A N**

**LAURA LOPEZ RAMOS**  
**ORietta DEL CARMEN JIMENEZ MENDEZ**  
**SANDRA LUZ ROCHA ARIAS**  
**SILVIA ESTELA JURADO CUELLAR**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A NUESTROS PADRES  
CON GRATITUD Y CARIÑO.

## I N D I C E

	pag.
Introducción .....	1
I. La Enseñanza Programada .....	5
1.1 La Enseñanza Programada, una Inno vación en la Educación .....	5
1.2 Programación Lineal .....	10
1.3 Programación Matemática .....	15
1.4 Programación Ramificada .....	21
II. El Proceso de Resolución de Problemas .....	23
2.1 La Enseñanza como Proceso de Control .....	23
2.2 Antecedentes del Proceso de Resolución de Problemas .....	26
2.3 El Proceso de Resolución de Problemas en la Enseñanza .....	31
2.4 Aportaciones de Lev Landa al Proceso de Resolución de Problemas .....	35
2.4.1 Métodos de Investigación de los Procesos Mentales .....	35
2.4.2 Tipos de Problemas .....	36
2.4.3 Procesos Mentales .....	40

2.4.3.1	Procesos dependientes	
	(Algorítmicos) .....	40
	Ejemplos .....	53
2.4.3.2	Procesos independientes	
	(no algorítmicos) .....	80
2.4.3.3	Procesos Heurísticos .....	81
2.4.4	Operaciones en el proceso de resolución de problemas .....	88
III.	Los Algoritmos en la Enseñanza Programada. ....	96
3.1	Definición y origen de Cibernética .....	96
3.2	Aportaciones de la Cibernética a la Enseñanza...	100
3.3	La Cibernética y los Algoritmos empleados por Lev Landa en la Enseñanza Programada .....	104
3.4	Etapas para la elaboración de Algoritmos de Enseñanza .....	118
	Conclusiones .....	128
	Glosario .....	135
	Bibliografía .....	138

## INTRODUCCION

Nuestro interés al abordar el tema del "empleo de los algoritmos en la enseñanza programada" ha sido motivado por las deficiencias que hemos podido percibir en la enseñanza tradicional, a través de nuestra experiencia como alumnas y posteriormente como profesoras.

En nuestro medio educativo generalmente los grupos son numerosos y un sólo profesor no puede multiplicarse para atender todas las necesidades de cada uno de los alumnos de acuerdo con sus diferencias individuales. Como consecuencia, es el profesor quien desempeña el papel más activo, ya que la mayoría de las veces, el alumno se limita a recibir la información, a hacer preguntas en clase, presentar trabajos y resolver exámenes; pero casi nunca tiene oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos ni recibir información inmediata acerca de los resultados de su actividad. Es decir, no existe una retroalimentación operativa tanto para el alumno como para el profesor.

Con el surgimiento de la enseñanza programada hace algunas décadas, ha sido posible eliminar algunas fallas de la en-

señanza tradicional; sin embargo, a pesar de su importancia, ha sido poco difundida en el ambiente educativo. De ahí se deriva la necesidad de dar a conocer estas técnicas para que el profesor ejerza un mejor control de la enseñanza.

Consideramos que esa falta de comunicación no sólo existe de los programadores hacia los profesores, sino también, entre los estudiosos de la enseñanza programada, porque no se ha promovido un buen intercambio de los hallazgos obtenidos hasta la fecha, a través de sus investigaciones. De ahí que se considere que ya no hay nada que decir acerca de la enseñanza programada. Sin embargo, sabemos que ésto es falso, dado que continuamente se está aportando nueva información que permitirá perfeccionar este método y en el futuro elaborar una teoría de la enseñanza programada.

Como resultado de investigaciones realizadas en la U.R.S.S., se abre una nueva perspectiva para la enseñanza programada, al dar importancia no sólo a las manifestaciones externas de la conducta del alumno, sino también, a los procesos internos para la elaboración de dichas respuestas durante los procesos

de resolución de problemas. Al poder describir esos procesos internos, existirá mayor probabilidad de controlar eficazmente la actividad del alumno, así como las reacciones del profesor ante todas las posibles respuestas del estudiante. Tanto las operaciones que ejecutarán el profesor como el alumno durante el proceso de enseñanza-aprendizaje pueden ser controladas por medio de una directriz algorítmica.

El Psicólogo ruso Lev Landa ha estudiado estos procesos y ha sido el primero en aplicar el concepto de algoritmo en el campo de la enseñanza programada.

Los algoritmos son un sistema de reglas para dirigir la ejecución de las operaciones, tanto del profesor como del alumno; siguiendo ambos un orden determinado. Cualquiera que realice esa directriz al pie de la letra y que parta de los mismos datos obtendrá los mismos resultados.

Como mencionamos al principio, el interés principal de este trabajo consiste en proporcionar información respecto a los algoritmos y su uso en el campo de la enseñanza programada. Para desarrollarlo, fué necesario incluir información acerca de los --

antecedentes de la enseñanza programada, del proceso de resolución de problemas y la teoría de la cibernética, dado que es necesario mencionar brevemente las aportaciones de los originadores de las técnicas más conocidas, en qué consiste el proceso de resolución de problemas y la teoría de la cibernética. Con ayuda de ésta, ha sido posible descomponer en sus elementos a los procesos de raciocinio y controlarlos a través de una directriz algorítmica.

## CAPITULO I

## ANTECEDENTES DE LA ENSEÑANZA PROGRAMADA

1.1 La enseñanza programada, una innovación en la educación

La enseñanza programada es una innovación en la educación, que permite planear y organizar el aprendizaje con el propósito de lograr los objetivos\* operacionalmente definidos.

La enseñanza programada "es un método pedagógico que permite transmitir conocimientos sin la intervención directa de un profesor o de un monitor. Esto se efectúa respetando las características específicas de cada alumno considerado individualmente".(9)

La enseñanza programada tiene sus bases en la psicología educativa cuyas aportaciones datan de los primeros trabajos de Sidney L. Pressey (1926), quien advirtió en el proceso de re- fuerzo la posibilidad de una revolución tecnológica en la educa--

---

\*La definición de los términos marcados con asterisco (\*) se puede encontrar en el glosario que aparece al final.

ción consistente en una mayor actividad del alumno.

Pressey concibió la máquina para la enseñanza como un dispositivo complementario que examinaba a los alumnos y les proporcionaba conocimiento inmediato de sus resultados. Esto es uno de los primeros pasos para el logro de un control más eficaz de la enseñanza que se consolida treinta años después cuando B. F. Skinner (1954-1960) publica su artículo "Las Máquinas para la Enseñanza". Destaca que la máquina permite al estudiante conocer de inmediato los resultados de su ejecución; indica que es el programa quien enseña y no la máquina. Skinner considera que la máquina proporciona información al alumno sin que sea necesaria la presencia del profesor.

Estos precursores, basados en sus investigaciones realizadas en el laboratorio, aplicaron los principios del aprendizaje en la enseñanza, haciéndola más individualizada y fructífera.

El proceso de enseñanza-aprendizaje implica generalmente un alumno y un profesor, sin embargo, no es indispensable que el segundo se encuentre presente para realizar la función docente. Encontrar un método que permita adquirir nuevos conocimientos en-

forma rápida y eficaz es una de las metas a perseguir. Uno de estos métodos es la enseñanza programada, cuyos principios generales son:

- a) Micrograduación de la dificultad de la información.
- b) Participación activa del alumno.
- c) Ritmo individual.
- d) Verificación inmediata.

La micrograduación de la dificultad de la información es un principio que enfatiza la división del contenido por programar en etapas, dependiendo de su grado de complejidad, de tal forma que el alumno asimile fácilmente la información en cada etapa.

La participación activa es un principio que postula que el alumno aprende cuando hace algo con la información recibida, es decir "aprende haciendo".

El ritmo individual es un principio que toma en cuenta las peculiaridades de cada alumno de tal forma que un estudiante pueda asimilar la información de acuerdo con su ritmo de aprendizaje independientemente del ritmo de los integrantes de su grupo.

La verificación inmediata es un principio que permite -

al alumno conocer lo correcto o incorrecto de su actividad una vez que ha emitido su respuesta. Cuando su respuesta es incorrecta se le proporciona inmediatamente la información necesaria para corregirlo.

El programa presenta la información de acuerdo a los varios tipos de programación: lineal, matética, ramificada. El alumno lee el programa y posteriormente es capaz de reproducir la información y realizar las conductas señaladas en los objetivos.

La evolución de la enseñanza programada basada en las teorías e investigaciones psicológicas, se asocia con criterios y normas que se diferencian de otras innovaciones tecnológicas en el campo de la educación. Por ejemplo las películas, las videocintas y la televisión se desarrollaron en un principio con fines de entretenimiento y posteriormente se adaptaron al campo de la enseñanza; en tanto que los textos programados y las máquinas para la enseñanza fueron creados específicamente para la educación. Así los primeros también se diferencian de los segundos por el hecho de que se utilizan con grupos sin tomar en cuenta las diferencias individuales, en tanto que la enseñanza pro--

gramada, considera las características de la población de alumnos para hacer el programa.

Así como existen diferencias entre la enseñanza programada y las innovaciones tecnológicas mencionadas, también las hay con otros dispositivos como los libros de texto tradicionales. Cuando se elige un libro de texto no se toma en cuenta su eficacia para producir mejores niveles de asimilación, retención y transferencia, y se considera que sólo es necesario leerlos para aprenderlos. Estos no han sido comparados con otros, en función del rendimiento de los alumnos, por medio de pruebas objetivas destinadas a evaluar lo que se ha aprendido con ellos. Sin embargo, en los textos programados se ha llevado a cabo una validación tanto interna como externa que permite corregirlos.

Los programadores deben seguir ciertas etapas que les permitan elaborar un programa de manera eficaz, tales como:

a) Determinar las características de la población a la cual se dirigirá el programa, tomando en cuenta factores como edad, nivel cultural, experiencia previa, motivación e interés del alumno por la asignatura, etc.

b) Definir los objetivos de aprendizaje, es decir, las conductas que realizará el alumno a través del programa.

c) Analizar el contenido de la materia por enseñar, o sea, determinar los conceptos que deberá manejar el alumno así -- como el orden lógico-pedagógico en que se presentarán.

d) Programar el contenido eligiendo una técnica (lineal, matética, ramificada).

e) Validar internamente el programa o sea comprobar -- si la metodología empleada se aplicó correctamente.

f) Validar externamente el programa es decir, corregir lo tomando en cuenta las respuestas dadas por una muestra de la - población elegida.

g) Publicarlo.

La enseñanza programada como innovación tiene implica-- ciones diferentes pero específicas en la práctica educativa. Una de las más importantes es que facilita el aprendizaje individual-- porque se adapta a las necesidades de cada alumno; y otra es que propicia la enseñanza tutorial.

## 1.2 Programación lineal

La programación lineal se debe a B. F. Skinner originador de la enseñanza programada quien a través de los frutos obtenidos en sus investigaciones realizadas en el campo del análisis experimental de

la conducta vino a revolucionar la enseñanza al aplicarle las técnicas descubiertas, para controlarla de manera eficaz.

Este psicólogo se dedicó a estudiar el proceso de aprendizaje para encontrar las variables de las que depende y así poder controlarlas. Sus primeros experimentos los realizó con ratas y palomas, posteriormente aplicó los resultados obtenidos al control del aprendizaje humano. Descubre que para controlar el aprendizaje es necesario proporcionar contingencias de refuerzo\* apropiadas, sólo así, se obtendrán determinadas formas de comportamiento las cuales estarán controladas por estímulos específicos.

Skinner se dedicó a estudiar los diversos errores de la enseñanza tradicional y observó que el incremento de la población estudiantil trae como consecuencia que un sólo maestro se ocupe de un grupo numeroso, que se pierda el intercambio que se da en una clase tutorial-un maestro para un alumno- de tal manera que el alumno se convierte en un receptor pasivo. Sin embargo, ésto puede ser superado cuando se aplica la enseñanza programada.

Cuando se programa linealmente el profesor puede lograr que sus alumnos adopten nuevas formas de comportamiento si aplica el proceso de moldeamiento. Este consiste en reforzar diferencialmente-

aquellas conductas que m<sup>fs</sup> se aproximen a la que se desea formar. --  
Es decir, reforzar las respuestas que se quieren incrementar y extin-  
guir aquellas que se desean eliminar.

Para moldear la conducta el profesor establece la operan--  
te\* que el alumno debe adquirir, determina la secuencia exacta de ---  
respuestas que componen la operante y determina el reforzador\* que va  
a utilizar.

Si la operante que vamos a implantar es escribir correcta-  
mente la letra "m" minúscula es necesario establecer la secuencia --  
de respuestas esperadas que en este caso está representada por los -  
trazos y sus respectivas posiciones ( *m m m m* ).  
El refuerzo consiste en indicarle al alumno que su ejecución es ade--  
cuada sólo cuando sus trazos se asemejen cada vez más al modelo es---  
perado (m) y no reforzar aquellos que denoten un retroceso en su eje-  
cución.

Con el proceso de moldeamiento se establece una cadena de -  
estímulos y respuestas\* debido a que el estímulo reforzador proporcio-  
nado a la respuesta moldeada funciona al mismo tiempo como estímulo --  
discriminativo\* para que el sujeto emita la siguiente respuesta, y así-  
sucesivamente hasta completar la cadena. En el ejemplo anterior el --

refuerzo proporcionado a la ejecución de un trazo funciona como estímulo discriminativo para la realización de uno más perfecto y así hasta completar la cadena, la cual concluye con el trazo más apegado al modelo.

Skinner considera que la labor de programar es difícil, pues debe lograrse que el alumno emita la respuesta correcta a cada paso que dé a través de los cuadros y evitar que se equivoque para que no aprenda a dar respuestas inadecuadas; también el estudiante debe contruir su respuesta para que aprenda la forma de darla.

Estos dos factores -construcción de respuesta y éxito- deben estar presentes al programar linealmente de manera que el alumno aprenda un comportamiento complejo al realizar una serie de pasos cuidadosamente dispuestos, de tal forma que no se equivoque y poco a poco pueda dar la respuesta esperada.

Para programar linealmente Skinner propone realizar el proceso siguiente:

-- Delimitar el contenido a enseñar.

-- Analizar el contenido de la materia para especificar los términos técnicos, hechos, leyes y principios así como los casos en que se aplican.

-- Analizar el comportamiento con el objeto de estructurar el contenido en forma de cuadros y siguiendo un orden lógico. Estos cuadros vienen a ser el ensayo preliminar del programa.

-- Examinar la versión preliminar del programa aplicándola a los estudiantes de manera que le indiquen al profesor en qué cuadros cometieron errores y las posibles causas que daban lugar a los mismos. Esto indicará al programador las modificaciones pertinentes al programa.

Skinner señala que un programa para ser eficaz debe hacer las veces de autotutor favoreciendo con ello:

A. Intercambio continuo entre programa y alumno de manera que el estudiante esté en constante actividad.

B. Permite que el alumno pase al siguiente tema sólo cuando ya domina la información anterior.

C. Presenta la información tomando en cuenta la capacidad del alumno es decir, sólo le pide dar respuestas para las --- cuales está preparadò.

D. Ayuda al alumno a dar la respuesta correcta a tra--- vés de la construcción ordenada del programa.

E. Refuerza al alumno confirmándole en forma inmediata- lo correcto de cada respuesta acertada.

### 1.3 Programación matética

La matética es uno de los tipos de programación menos- conocidos cuyo origen se debe al Dr. Thomas F. Gilbert. El tér-- mino matética viene del griego "mathesis" que quiere decir ----- aprender.

A partir de 1962 se da a conocer este método en un --- par de artículos publicados por su iniciador. La programación ma- tética es una técnica sistemática que aplica algunos principios- de la teoría del condicionamiento operante\* para elaborar expe--- riencias de aprendizaje\* que permitan al alumno adquirir reperto- rios complejos de conducta.

Gilbert fué alumno de B. F. Skinner, sin embargo, no siguió los mismos lineamientos de su maestro. Para el segundo, el -- presentar al alumno la respuesta correcta le proporcionará refor-- zamiento; para Gilbert, no es necesario presentársela, basta que - el alumno se dé cuenta que al realizar las conductas requeridas do mina el tema. Es decir, es reforzado constantemente por las conse cuencias del manejo correcto de los conocimientos y habilidades que desea obtener.

A diferencia de la programación lineal, la matética se - caracteriza por la inclusión en cada cuadro de más de un objetivo- conductual. Esta técnica induce al alumno a realizar conductas pre viamente especificadas para alcanzar el dominio del contenido de - la materia, es decir, lo lleva a emitir respuestas apropiadas en - presencia de estímulos apropiados.

La estructura de los cuadros de un programa matético - sigue un mismo modelo para cualquier contenido a programar. Dicho modelo está basado en los principios del análisis conductual tales como encadenamiento, generalización y discriminaciones múltiples.

En la programación matética al elaborar los cuadros, se emplea el proceso de encademiento enseñando al estudiante prime---

ro, la conducta anterior a la última y así sucesivamente hasta llegar a la conducta inicial.

La aplicación de este proceso en la forma descrita es resultado de investigaciones de laboratorio realizadas con animales que, - han demostrado, que éstos sólo pueden adquirir una secuencia de conductas siguiendo este orden. Este proceso es ilustrado por el siguiente experimento en el cual se entrena a una rata a emitir las siguientes operantes:

- 1a. Jalar el cordón de una lámpara para encender una luz.
- 2a. Presionar un timbre para que se escuche un sonido.
- 3a. Dirigirse hacia la comida.

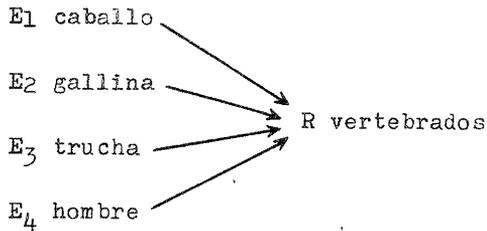
Esta cadena de estímulos (E) y respuestas (R) se representa de la siguiente manera:

$E_1 \longrightarrow R_1 .$	$E_2 \longrightarrow R_2 .$	$E_3 \longrightarrow R_3 .$	$E_4$
cordón	luz	sonido	bola
jalar	presionar	dirigirse	comida
cordón	timbre	timbre	comida

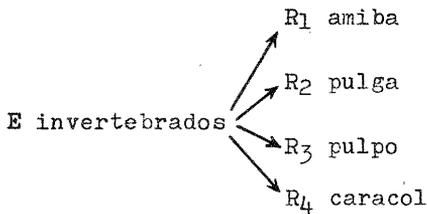
Se cree que esta secuencia debería enseñarse en este orden lógico, sin embargo, la práctica demuestra lo contrario ya que ejecutar la primer respuesta (jalar el cordón) no es reforzante para el animal y no podemos alterar la secuencia proporcionándole alimento una vez que la ha emitido. La secuencia a seguir consistiría ---

en que el animal realice un acto que le sea reforzante, como el aproximarse a la comida ( $R_3 \longrightarrow E_4$ ). La siguiente conducta a enseñar ---- sería aprender que al sonido del timbre debe aproximarse al recipiente para la obtención de reforzamiento ( $E_3 \longrightarrow R_3 \longrightarrow E_4$ ). Después se le enseña a presionar el timbre para escuchar el sonido ( $R_2 \longrightarrow \text{-----}$   $E_3 \longrightarrow R_3 \longrightarrow E_4$ ). Es decir, el timbre se ha convertido en un reforzador condicionado\*. La siguiente sería enseñar al animal que el timbre no sonará por el sólo hecho de presionarlo, a menos que se encienda la luz ( $E_2 \longrightarrow R_2 \longrightarrow E_3 \longrightarrow R_3 \longrightarrow E_4$ ). Por último para que se -- encienda la luz el animal debe aprender a jalar el cordón ( $E_1 \longrightarrow R_1 \text{-----}$   $E_2 \longrightarrow R_2 \longrightarrow E_3 \longrightarrow R_3 \longrightarrow E_4$ ).

Otro proceso empleado en la programación matética para elaborar los cuadros es la generalización. Esta, se emplea cuando se quiere enseñar al alumno a emitir una misma respuesta controlada por cierta clase de estímulos semejantes o bien, emitir respuestas semejantes ante un mismo estímulo. El primer caso es conocido como generalización de estímulos y el segundo, generalización de respuestas.



Este esquema ilustra la generalización de estímulos en el cual, los estímulos (gallina, trucha, caballo y hombre) pertenecen a distintas subcategorías (aves, peces y mamíferos respectivamente) sin embargo, todos ellos pertenecen a una misma categoría, pues poseen una característica en común: ser vertebrados.



Este esquema representa la generalización de respuestas, en donde ante un mismo estímulo (invertebrado) el alumno deberá emitir respuestas (amiba, pulga, pulpo y caracol) que aunque pertenecen a distintas subcategorías poseen una característica en común: ser invertebrados.

En la programación matemática también se emplea el proceso de discriminaciones múltiples. Por medio de éste, se enseña al alumno

a emitir respuestas diferentes a un número igual de estímulo diferentes. Gilbert indica que este proceso es útil cuando se trata de enseñar al alumno a diferenciar una serie de estímulos distintos presentados todos a la vez.

$$E_1 \longrightarrow R_1$$

batracios            rana

$$E_2 \longrightarrow R_2$$

aves            águila

$$E_3 \longrightarrow R_3$$

reptiles            boa

El esquema anterior ilustra este proceso en donde el alumno debe emitir ante cada estímulo específico (batracios, aves y reptiles) una respuesta específica que corresponda a esa subcategoría (rana, águila y boa).

Para elaborar un programa matético es necesario llevar a cabo las siguientes etapas:

#### A. Análisis de estímulos y respuestas.

Consiste en determinar qué estímulos y respuestas se requieren para la ejecución de determinada tarea. Estas unidades estímulo-respuesta deben reducirse de manera que se ajusten al repertorio inicial del estudiante.

#### B. Caracterización.

Consiste en determinar el campo o límite operante\*que - contendrá cada una de las secuencias que integren el programa.

#### C. Elaboración de los cuadros.

Consiste en redactar las secuencias del programa empleando cualquiera de las siguientes estrategias: encadenamiento, generalización y discriminaciones múltiples.

#### 1.4 Programación ramificada

La programación intrínseca fue desarrollada por Norman-A. Crowder. Se llama intrínseca debido a que cada respuesta dada por el alumno determina su propio camino o ramificación a seguir.

La técnica de Crowder no se basa en ninguna teoría psicológica del aprendizaje en particular, por lo tanto difiere de la de Skinner. Para el segundo el hecho de conocer la respuesta correcta es en sí reforzante para el alumno, por el contrario, -- Crowder le da mayor importancia al proceso de retroalimentación - que consiste en proporcionar información explicativa al estudiante acerca de lo correcto o incorrecto de su contestación.

Otra diferencia radica en la apreciación de los errores. Mientras Skinner considera que éstos deben minimizarse por produci

en el alumno un efecto castigante, Crowder los utiliza para proporcionar al alumno información adicional ajustándose a las necesidades de cada uno.

El tipo de respuesta constituye una diferencia más entre ambos programas. En el lineal la respuesta es construída por el alumno y en la ramificada éste la elige entre varias opciones.

Crowder considera que la información transmitida al alumno debe controlarse a través de sus respuestas. Cuando se programa siguiendo esta técnica, se presenta una unidad de información, se plantea una pregunta con varias opciones entre las cuales el alumno elige una. La respuesta dada por el alumno permite al programador determinar si la información fue adquirida en forma adecuada, en este caso se proporciona nueva información; en el caso contrario sería indicación de que el alumno comprendió parcialmente la información por lo cual es remitido a un cuadro que contenga información adicional para aclarar sus dudas, posteriormente se le regresa al cuadro anterior para que elija la opción correcta.

## CAPITULO II

### EL PROCESO DE RESOLUCION DE PROBLEMAS

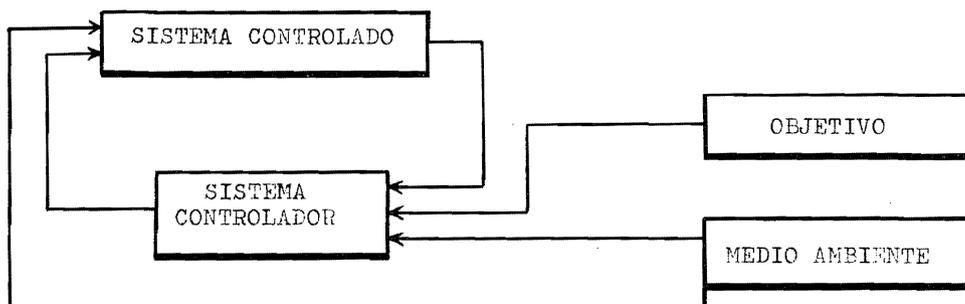
#### 2.1 La enseñanza como proceso de control

Uno de los principales investigadores que ha aplicado la cibernética en la enseñanza es el psicólogo ruso Lev Landa. Considerando que la cibernética es la ciencia del control y que la enseñanza es un proceso de control, ha aplicado a ésta las leyes generales del mismo descubiertas por la cibernética.

En un proceso de control interviene un sistema controlador que en la enseñanza está representado por el profesor y un sistema controlado, el alumno. Ambos se verán afectados por el medio ambiente. El profesor necesita establecer un objetivo y un plan o programa para llevar a cabo el control. Este tiene lugar cuando el profesor transmite información o conocimientos a sus alumnos es decir, -- lleva a cabo una ACCION sobre ellos para que efectúen una actividad que posea las características señaladas en el objetivo. El profesor recibe información acerca de los resultados de la actividad del alumno lo cual le permite controlar eficazmente el proceso de enseñanza al dirigir el proceso de asimilación de los conocimientos y adaptar-

se a éste de manera que modifique el curso de su acción sobre los - alumnos dependiendo de las necesidades de éstos. Para que el alumno asimile con éxito los conocimientos necesita recibir información -- acerca de los resultados de su acción. Este proceso de retroali- mentación también puede llevarse a cabo por medio de un texto progra- mado o una máquina para la enseñanza.

El diagrama siguiente representa el esquema general de - control proporcionado por la cibernética.



De lo anterior podemos concluir que cualquier proceso de - control, entre ellos la enseñanza, debe reunir los siguientes requi- sitos para realizarse de manera eficaz:

- A. Especificar con exactitud el objetivo.
- B. Establecer con exactitud el programa de control.

C. Existir una retroalimentación eficaz.

Landa analiza la enseñanza tradicional desde el punto de vista de la cibernética y concluye que ésta carece de los requisitos indispensables que debe poseer un buen proceso de control.

Una de las causas de la ineficacia de la enseñanza es -- enunciar objetivos poco exactos los cuales no indican los crite--- rios que debe contener la actividad requerida por el estudiante.

La segunda causa estriba en no establecer de manera con--- creta el programa de control. En éste, no se indican las acciones--- ni las condiciones en que deben realizarse, para alcanzar el obje--- tivo.

La tercera causa se debe a la mala programación de las ac tividades docentes, de tal manera que un mismo tema es enseñado -- por distintos profesores utilizando diferentes métodos y descono--- ciendo cual de ellos es el óptimo.

La cuarta causa proviene de un mal planteamiento de la re troalimentación es decir, no se realiza en forma adecuada del siste ma controlado al controlador y viceversa. El maestro recibe informa--- ción acerca de la actividad de los alumnos a través de dos medios: - los exámenes y los trabajos de control. Los primeros le proporcionan información en intervalos de tiempo muy espaciados, y los segundos -

le suministran información con más frecuencia y lo ponen en contacto con los resultados de la actividad intelectual del alumno pero no le permiten conocer los procesos de razonamiento que lo llevaron a obtener dicho producto, sea éste correcto o incorrecto.

La última causa radica en que el maestro desconoce total o parcialmente los procesos intelectuales o conjunto de operaciones que llevan al alumno a resolver un problema. El profesor sólo podrá ejercer un control eficiente sobre los resultados de la acción de los alumnos, cuando controle las acciones de los procesos intelectuales.

Todas estas fallas traen como consecuencia que no exista un buen control del proceso de enseñanza.

## 2.2 Antecedentes del proceso de resolución de problemas

Resulta evidente que una de las preocupaciones de Landa es analizar el proceso de resolución de problemas por medio del cual el alumno obtiene la solución. Antes de describir las aportaciones de Landa a este respecto, se considera necesario hacer referencia a las teorías psicológicas que han investigado este proceso, principalmente la gestaltista y la conductista.

La teoría gestaltista enfoca el proceso de resolución de problemas a partir del discernimiento . Consideran que éste posee -- cuatro características principales.

La primera se refiere al hecho de que un problema surge -- de manera repentina como consecuencia de un discernimiento. Una vez que éste ocurre, las soluciones pasan a formar parte del repertorio del sujeto en forma permanente.

La segunda característica consiste en ejecutar con suavi-- dad la secuencia de operaciones que lleven a la solución del problema. Cuando se producen cambios en el ambiente físico (campo geográ-- fico) del sujeto, éste cambia la dirección de las fuerzas de su campo psicológico, es decir, modifica la estructura de sus procesos --- perceptuales. Esto lo lleva a resolver el problema a través de una ejecución suave y continua de las operaciones.

Una característica más en la solución por discernimiento-- se refiere a que ésta tiene lugar antes de que el sujeto emita la -- respuesta que la contiene es decir, significa que la solución es -- identificada y comprendida antes de ser ejecutada.

La última característica es la novedad de la solución. -- Cuando el sujeto realiza una solución de manera repentina y suave -

pero ya ha tenido experiencia ante esta situación, dicho proceso de aprendizaje es denominado hábito. Por el contrario si se llega a la solución en forma repentina y suave pero la situación es nueva se dice que ha tenido lugar el discernimiento.

Las características anteriores son resultado de experimentos realizados con animales por psicólogos gestaltistas entre ellos Wolfgang Köhler quien toma en cuenta los estudios realizados por Max Wertheimer acerca del proceso de resolución de problemas en humanos.

Uno de los experimentos realizados por Wertheimer acerca de este proceso tiene lugar en un salón de clase donde observa al profesor enseñar a resolver un problema geométrico a sus alumnos. Los alumnos debían obtener el área de un rectángulo, para ello, el profesor dibuja un paralelogramo demostrando el teorema siguiente: el área de un paralelogramo es igual al producto de la base por la altura. Después el profesor pide a un alumno que resuelva el problema, éste lo realiza con éxito. Sin embargo, Wertheimer desea saber si el éxito se debió a un proceso de memorización o bien a uno de comprensión del problema. Para saberlo, gira la figura y pide que algún alumno demuestre el teorema; pero

fracasa lo cual demuestra que no hubo comprensión al no poder generalizar o transferir sus conocimientos a una nueva situación.

Wertheimer señala que las soluciones surgen a partir de la manera en que el alumno percibe las características del problema y no debido a la experiencia previa o al ensayo y error. (16)

Posteriormente N. R. F. Maier en sus estudios de resolución de problemas en humanos trata de conocer si la práctica por sí sola es suficiente para que el alumno resuelva el problema o bien requiere de una dirección que lo lleve a unificar los elementos de la experiencia previa. Maier concluye que la experiencia debe ir acompañada de una dirección que servirá de indicio distintivo para encontrar la solución adecuada del problema. (16)

La teoría conductista también ha estudiado el proceso de resolución de problemas. Las investigaciones se iniciaron con los experimentos de Thorndike realizados con gatos. La situación problema que les presentaba consistía en colocar al animal en una caja con barrotes -caja-problema - la cual tenía un mecanismo oculto y al animal sólo se le presentaba un botón que al ser apretado abría automáticamente la puerta para que obtuviera la recompensa (comida). La conducta de ensayo y error del gato consistía en emitir una serie

de respuestas tentativas que le permitían diferenciar y seleccionar. Estas verificaban el camino y fortalecían los indicios que lo llevarían a la solución del problema.

Hull psicólogo conductista, considera que una situación--- problema se presenta cuando el camino directo que conduce a la meta queda bloqueado. Durante el proceso de resolución de problemas el -- sujeto tiende a elegir el más corto de dos caminos que lo llevan --- a la misma meta y así recibir en menos tiempo el reforzamiento. El - sujeto eliminará de la situación los caminos más largos y a medida - que se encuentre más cerca de la meta aumentará su velocidad de di-- rigirse a ella, también disminuirá su número de errores.(24)

Los conductistas contemporáneos entre ellos Skinner consi- deran que el proceso de resolución de problemas es una conducta a -- través de la cual el sujeto manipula una serie de variables para --- hacer más probable la aparición de una solución. La situación pro--- blema surge cuando el sujeto no puede emitir la conducta requerida - por carecer de los medios necesarios, por lo tanto, encontrará la -- solución cuando emita una respuesta que le permita dar aquella que - contenga la solución. Esta respuesta es reforzada al haber solucionado el problema de ahí que aumente su probabilidad de ser emitida ---

en situaciones semejantes. Para encontrar la solución del problema - el sujeto tiene que analizarlo identificando aquellos estímulos relevantes (datos) que controlen la situación, este proceso de ordenamiento es indispensable para la aparición de la nueva respuesta; --- ésta es la característica fundamental del proceso de resolución del problema. No toda respuesta dada a un problema se considera original, sólo aquella que es dada por el sujeto al manipular un modelo nuevo de variables.

### 2.3 El proceso de resolución de problemas en la enseñanza

En el salón de clase una de las conductas que el profesor debe establecer al especificar los objetivos que alcanzarán sus alumnos es la habilidad para resolver problemas. Los alumnos se encuentran ante una situación problema cuando sus conocimientos previos no son suficientes para dar con la solución; por ésto, es necesario que adquieran otros conocimientos y que establezcan nuevas relaciones. - Cuando estas relaciones lo llevan a la solución correcta se refuerzan de tal forma que vuelven a presentarse.

Al desarrollar en los alumnos la habilidad de resolver --- problemas, el maestro debe seleccionar el material que le permita -- ejecutar este proceso tomando en cuenta su repertorio previo de ----

conocimientos; también ha de proporcionar orientación al alumno durante el proceso indicándole si sus conductas son las esperadas y en caso contrario corregirlo. Para ello debe enseñarles un método general de búsqueda y resolución de problemas. Este incluye los principios -- que lo llevan a analizar un problema, determinar sus requisitos, y -- seleccionar entre sus conocimientos previos aquellos que pueda aplicar durante el proceso así como los medios para evaluar si la solución es correcta.

De los métodos generales para la resolución de problemas -- se encuentra el propuesto por Newell, Shaw y Simon en 1963. Este distingue dos tipos de procesos: uno que establece las alternativas para la solución y otro que las verifica. A través de estos procesos es -- posible que el alumno lleve a cabo una serie de actividades donde --- aplique reglas que lo aproximen cada vez más a la solución deseada.(16)

Otro método que permite realizar sistemáticamente este ---- proceso es el de Duncker que consiste en presentarle y pedirle al -- alumno que verbalice todas las operaciones mentales que realiza durante el proceso de resolución; al mismo tiempo el profesor dirige -- su actividad orientándolo hacia la solución correcta. Para llegar a la solución es necesario que el alumno analice los elementos del ---

problema y determine el camino a seguir.

Bloom y Broder en 1950 emplean el mismo procedimiento de Duncker para analizar los procesos de resolución en los alumnos. Sus resultados los clasificaron en cuatro categorías.

La primera enfatiza la comprensión de la naturaleza del problema y consiste en que el alumno utilice correctamente las palabras clave de la descripción del problema. De esta comprensión dependía que los alumnos resolvieran con éxito el problema.

La segunda hace referencia a la comprensión de las ideas contenidas en el problema. Para ésto el alumno debe poseer información previa que le permita seleccionar entre sus conocimientos aquellos que le faciliten llegar a la solución.

La tercera es un enfoque general para la solución de problemas que establece tres diferencias entre los alumnos que fracasan y los que tienen éxito. Estas consisten en un grado de atención, un análisis sistemático del problema y un plan de acción que conduce a completar el proceso de razonamiento.

La última es la actitud respecto al razonamiento que lleva a la solución del problema.

Otros investigadores han encontrado que la estereotipia o-

rigidez frecuentemente se presenta durante el proceso de resolución de problemas. El alumno ante una situación problema tiende a repetir una pauta de conducta aunque ésta no lo lleve a la solución en lugar de emplear una distinta y de fácil aplicación. Esto es demostrado por Luchins (1942) quien propone que para evitar y romper esa rigidez el profesor debe reforzar los intentos del alumno de modificar esa estrategia estereotipada. (16)

Miller encuentra que existe una relación entre los métodos que emplea el maestro para enseñar y la rigidez del alumno en la resolución de problemas, aunque no ha podido demostrarlo. (16)

Kersh en su experimento acerca del descubrimiento en la resolución de problemas considera que no es necesario dar al alumno información previa y que éste puede deducir la solución como consecuencia de un aumento en su motivación. (16)

Ausubel contradice esta posición y señala que el éxito de la resolución depende de la calidad y cantidad de la información -- proporcionada al alumno evitando así las desventajas de la práctica por descubrimiento. (16)

Corman en sus estudios encuentra que la información u --- orientación previa respecto al método de resolución debe estar direc

tamento relacionada con la tarea en cuestión. Apoya con ésto la posición de Ausubel. (16)

#### 2.4 Aportaciones de Lev Landa al proceso de resolución de problemas

Lev Landa realiza investigaciones a partir de 1952 cuyo propósito es crear un método general de raciocinio que le permita al alumno resolver cualquier tipo de problema. Para ésto, es necesario estudiar los procesos mentales que tienen lugar durante la resolución.

En la enseñanza, un problema es aquella situación en la cual existe algo que viene dado y algo que se debe obtener. El proceso asociativo entre ambas situaciones se denomina resolución. Este es necesario para construir la respuesta o solución.

##### 2.4.1 Métodos de investigación de los procesos mentales

Existen varios métodos para investigar los procesos mentales:

- A. Método de las observaciones masivas de los alumnos.
- B. Método de análisis de los trabajos de control.

Ambos determinan en forma general el estado de las habilidades y hábitos de los alumnos, pero tienen el defecto de que el profesor trata con el producto de la actividad mental y descuida su

proceso.

C. Método de estudio de la actividad del alumno durante la clase. Su limitación radica en que no estudia los procesos mentales del alumno sino que a partir de sus conductas observables deriva --- suposiciones acerca de algunas características de la actividad mental así como las causas de las mismas.

D. Método del experimento individual. Consiste en pedir -- al alumno que verbalice el curso de su razonamiento para encontrar -- la solución. La ventaja de éste sobre los anteriores es que se ocupa de analizar los procesos de la actividad mental- mecanismos general-- mente internos-.

Lev Landa ha analizado algunos de los procesos mentales -- aplicando el método del experimento individual y con el auxilio de -- la cibernética ha logrado descomponerlos en sus elementos y sus operaciones. Los procesos que ha investigado son de carácter algorítmico, heurístico y creador, los cuales serán tratados posteriormente -- en este mismo capítulo.

#### 2.42 Tipos de problemas

Los procesos mentales que el alumno ejecutará dependen de-

los tipos de problemas por resolver. Estos, pueden ser los siguientes:

A. Problemas en los que se conoce con anterioridad la cadena o cadenas del paso de materiales (datos del problema) de partida a los finales:

- lista completa de cualidades y estados de los materiales que hay que cambiar.

- serie completa de acciones cuya aplicación llevará del estado inicial al final.

- se conoce a que estado se debe aplicar cada acción para pasar al estado final.

Para estos problemas es posible construir una directriz - algorítmica que lleve paso a paso a la solución.

B. Problemas con un campo de elección determinado. Aquellos en los que se desconoce:

- la cadena del paso de materiales de partida a los finales.

- el estado del material al que debe aplicar cada operación para llegar al estado final.

pero se conocen:

- todas las cualidades y estados del material por transformar.

- la serie completa de acciones u operaciones para llegar al estado final.

Estos problemas requieren para su resolución algoritmos de tanteos (experimentación de caminos). La cantidad de tanteos se disminuye utilizando los medios aplicados en la programación heurística.

C. Problemas con un campo de elección indeterminado. Son aquellos en los que se desconoce:

- total o parcialmente la cadena del paso del material inicial al final.

- las cualidades y estados de los materiales a los que se aplican las operaciones.

- las operaciones que hay que aplicar.

- el medio de relación entre operaciones y materiales.

Este tipo de problemas se divide a su vez en:

C<sub>1</sub>. Problemas con un campo de búsqueda determinado. Aquellos en que se conoce donde buscar la solución pero se desconoce el material específico que reúna las características necesarias para encontrar la solución.

C2. Problemas con un campo indeterminado de búsqueda. Aquellos en los que se desconoce el campo de búsqueda y el material que reúna las condiciones necesarias para resolver el problema.

Este tipo no se resuelve por medio de un algoritmo de resolución o de tanteos. Sólo después de encontrar su solución podrá -- construirse su algoritmo -de resolución o de tanteos- pasando a ser -- de segundo tipo.

Estos problemas se resuelven a través de tanteos pues el - campo de búsqueda y las alternativas a elegir no le son dadas al --- alumno aunque ya existen en su repertorio.

D. Problemas en los que no existen en el repertorio del -- alumno los conocimientos necesarios para su resolución. Por lo tanto debe realizar actividades previas que le permitan adquirirlos y en-- contrar la solución.

Los dos primeros tipos de problemas no son creadores y --- los del tercero y cuarto si lo son.

Esta clasificación establece la relación entre las condi-- ciones del problema y los medios. Sin embargo no siempre es posible clasificar los problemas basándonos únicamente en la descripción --- de sus condiciones ya que un mismo problema puede pertenecer a dis--

tintos tipos dependiendo de si se conoce o no el algoritmo de su --  
resolución.

### 2.4.3 Procesos Mentales

Lev Landa clasifica los procesos mentales en:

- |                                     |   |                               |
|-------------------------------------|---|-------------------------------|
| -- Dependientes (Algorítmicos)      | } | - Independientes creadores    |
| -- Independientes (no algorítmicos) |   | - Independientes no creadores |
| -- Heurísticos                      |   |                               |

#### 2.4.3.1 Procesos dependientes (algorítmicos)

Son los procesos constituidos por un sistema de opera----  
ciones a través del cual puede resolverse cualquier tipo de proble-  
ma; ya que éstos se efectúan por medio de una directriz algorítmi--  
ca que indica al alumno las acciones a realizar, por ello, no se --  
les considera creadores.

Los algoritmos son estudiados por vez primera dentro del-  
campo de las matemáticas. Esta teoría surge como una rama de la ---  
lógica matemática. Sin embargo, los procesos algorítmicos además de  
utilizarse para resolver problemas de cálculo, comprenden un campo-

más amplio de aplicación dentro del cual se encuentra la enseñanza programada.

El término algoritmo se deriva del nombre de Al-Joream, - matemático Uzbeko de la edad media. En matemáticas el algoritmo es una prescripción exacta del orden en que debe realizarse un sistema de operaciones para resolver problemas de un cierto tipo. Estos son descritos a través de una serie de instrucciones verbales, de fórmulas y esquemas que representan la estructura de las operaciones y su orden de ejecución.

Una de las tareas de las matemáticas es buscar los algoritmos de una serie de problemas de un tipo dado, los cuales se resuelven cuando se establece el algoritmo.

Los algoritmos numéricos poseen dos características:

a. Naturaleza determinada del algoritmo.

Se refiere a la comunicación de un número finito de instrucciones que indiquen las operaciones que deben realizarse en los diferentes estadios del cálculo. Estas mismas operaciones al ser aplicadas por otras personas las llevarán a obtener los mismos resultados.

b. Generalidad de un algoritmo.

Se refiere a la utilidad del algoritmo consistente en resolver una serie de problemas de un mismo tipo.

Una vez que se ha construido el algoritmo y sobre todo el conveniente, es posible que cualquier persona resuelva con éxito -- los problemas correspondientes a una clase determinada siempre y -- cuando ejecute las operaciones elementales y poco numerosas que componen el proceso del problema y siga al pie de la letra las instrucciones indicadas. Los algoritmos pueden ser realizados por una computadora, en este caso, reciben el nombre de programas.

La persona o calculista que elabora un algoritmo realiza el siguiente proceso:

-- Almacena la información.

Recibe datos y los escribe o representa en una hoja por -- medio de cifras, letras u otros símbolos denominados "alfabeto" --- incluyendo las instrucciones.

-- Trata o procesa la información.

El calculista realiza las operaciones indicadas por el -- algoritmo de manera que concuerden o correspondan a las instruc---- ciones establecidas.

-- Controla el proceso.

Es la solución que debe tomar el calculista con respec--- to a ejecutar en cierta etapa del proceso una u otra operación y -- también con respecto a crear condiciones para su ejecución que se -

relacionen con las instrucciones.

Hasta ahora hemos hablado acerca del origen de los algoritmos y de sus características, pero tal como se había indicado -- el área de aplicación de los mismos ocupa un lugar de suma importancia dentro de la enseñanza programada, de la cual nos ocuparemos -- posteriormente.

#### INTRODUCCION DE LOS ALGORITMOS EN LA ENSEÑANZA.

Lev Landa psicólogo ruso, es el primero en introducir --- los algoritmos en la enseñanza programada. El concepto dado por -- éste no coincide exactamente con el matemático, sin embargo, conserva las características principales del mismo. Landa define al algoritmo como "una directriz (sistema de indicaciones, órdenes o reglas) para ejecutar siguiendo un orden determinado un sistema de -- operaciones suficientemente elementales destinadas a resolver todos los problemas de una clase dada". ( 18)

Indica que los algoritmos poseen varias características:

A. Determinista.

Significa que las instrucciones o indicaciones de la directriz remiten a operaciones suficientemente elementales, las cuales al ser ejecutadas unívocamente por todos los que sigan dicha --

directriz y que partan de los mismos datos, obtendrán el mismo resultado unívoco.

Esta equivale a la característica "naturaleza determinada de los algoritmos numéricos".

#### B. Masivos.

Se refiere a la aplicación de los algoritmos a toda una serie de problemas que pertenecen a una clase dada. Esta es equivalente a la característica "generalidad de un algoritmo numérico".

#### C. Resolutiva.

Significa que partiendo de los datos correspondientes, -- al aplicar el algoritmo se llega siempre al resultado buscado, es decir, a la solución del problema.

Un algoritmo se diferencia del proceso algorítmico en que además de estar constituido por el sistema de operaciones, contiene a la directriz.

### CLASIFICACION DE LOS ALGORITMOS EN LA ENSEÑANZA

Los algoritmos aplicados al campo de la enseñanza se han dividido en dos tipos: de conocimiento y de transformación.

Los algoritmos de conocimiento son reglas que permiten al alumno clasificar el problema dentro de una clase dada por medio -- del análisis de sus elementos, con el fin de determinar el sistema-

de operaciones que lo llevará a transformar el material inicial.

El análisis de los elementos del problema se efectúa determinando las cualidades de esos elementos así como sus relaciones. Las cualidades de los elementos están representadas por las definiciones, teoremas, leyes, etc. Estos enunciados se indican a través de la forma "si.....entonces", por ejemplo:

"Si una figura tiene tres lados y estos son iguales, entonces se denomina triángulo equilátero".

Las cualidades de los elementos o enunciados se relacionan por medio de uniones lógicas ("Si-entonces") ó a través de las conjunciones "y" (conjuntiva) u "o" (disyuntiva).

En el lenguaje de la lógica simbólica estas uniones se representan de la siguiente forma:

"si....., entonces" con el signo

→

"y" (conjuntiva) con el signo

∧

"o" (disyuntiva) con el signo

∨

Las circunstancias de que cierto material "x" posea la cualidad o característica "a" se representa:  $a(x)$

Las flechas  $\longleftrightarrow$  indican que la relación "si....., entonces" actúa en ambos sentidos.

Las letras Df son abreviaturas de "por definición".

El ejemplo dado anteriormente se representa de la siguiente forma:

Tres lados (cualidad a)

Lados iguales (cualidad b)

Triángulo equilátero (x)

$$a(x) \wedge b(x) \xLeftrightarrow{x}$$

Df

o bien en forma simplificada:

$$a \wedge b \longrightarrow x$$

Las relaciones de cualidades a través de uniones lógicas reciben el nombre de estructura lógica de las cualidades, siendo ésta conjuntiva (y) o disyuntiva (o).

El medio de acción que el alumno elija para establecer si el material pertenece a una clase dada dependerá del modo de relación entre las cualidades es decir, de su estructura lógica.

Si la estructura lógica es conjuntiva (y) el análisis se efectúa de la siguiente manera:

A. Comprobar si el material posee la primera caracterís\_ tica o cualidad:

-- En caso negativo suspender cualquier comprobación y formular una conclusión negativa.

-- En caso afirmativo:

B. Comprobar si posee la segunda cualidad. Si no la po\_ see, suspender toda comprobación posterior y concluir en forma ne\_ gativa. Si la última cualidad es positiva hacer una conclusión afir\_ mativa y en caso contrario negativa.

Ejemplo:

"Sobre la mesa hay una pirámide triangular y una cuadran\_ gular".

En este ejemplo los miembros no son homólogos (0) porque sólo poseen una de las cualidades, ser pirámides.

"Sobre la mesa hay una pirámide y un triángulo isósce\_ les".

En este ejemplo los miembros son homólogos (0) pues po\_ seen las dos cualidades: ser figuras, así como sus propias caracte\_

terísticas.

Cuando la estructura lógica es disyuntiva (o) el análisis se efectúa de la siguiente forma:

A. Comprobar si posee la primera cualidad:

-- En caso afirmativo interrumpir la comprobación y formular una conclusión positiva.

-- En caso negativo:

B. Comprobar si posee la segunda cualidad. En caso afirmativo seguir con la cualidad posterior hasta concluir el análisis y formular una conclusión positiva.

En caso negativo .....

Los algoritmos de transformación son reglas que permiten al alumno modificar el material inicial al aplicar el sistema de operaciones previamente establecido en el algoritmo de conocimiento. (Los algoritmos de conocimiento en ocasiones contienen al algoritmo de transformación, pero no necesariamente).

Los errores más frecuentes que el alumno comete al resolver cualquier tipo de problema se deben a :

-- El alumno durante el proceso de asimilación del material no entiende el significado de las cualidades, ni tampoco como utilizarlas.

-- El alumno ignora los posibles medios de relación entre las cualidades, así como sus uniones lógicas.

-- El alumno no domina métodos de acción con los materiales ni métodos de relaciones entre cualidades o estructura lógica.

Durante el proceso algorítmico en la transformación del material, es indispensable seguir el orden de ejecución establecido con el propósito de no alterar el orden que conduciría a ejecutar una operación por otra es decir, fracasar. Sin embargo un mismo problema puede resolverse a través de diferentes órdenes o algoritmos de transformación, en cuyo caso es necesario determinar su número.

Cuando el problema tiene varias cualidades existirán tantos algoritmos de conocimiento como cualidades.

## PROCEDIMIENTOS PARA DESCRIBIR ALGORITMOS EN LA ENSEÑANZA

Los procesos algorítmicos pueden ser descritos a través de diversos medios. Lev Landa utiliza el de anotación con palabras, el de descripción simbólica y el del esquema gráfico por considerarlos de fácil manejo en el campo de la enseñanza.

El procedimiento de anotación con palabras consiste en describir el número de operaciones elementales del proceso de una actividad y las condiciones en que deben ejecutarse, siguiendo un orden lógico.

El procedimiento de descripción simbólica fue propuesto por A. A. Liapunov y G. A. Chestopal y consiste en descomponer el proceso de la actividad en un determinado número de operaciones elementales e indicar las condiciones a partir de las cuales se ejecutan esas operaciones. Las operaciones son representadas con letras mayúsculas y las condiciones lógicas con minúsculas. Finalmente se representa en un esquema lógico la ejecución de las operaciones y el orden de comprobación de las condiciones.

El esquema, además de contener a los miembros -condicio

nes y operaciones- incluye flechas, puntos y números.

Las reglas para interpretar el esquema lógico son las siguientes:

A. Tomar en cuenta la letra situada a la izquierda.

Esa letra puede representar una condición lógica o una operación.

Cuando representa una condición lógica se presentan dos posibilidades:

-- Si la condición lógica se cumple, se pasa a la siguiente letra sin considerar la flecha.

-- Si la condición lógica no se cumple se toma en cuenta la flecha y se pasa a la letra que indica. La flecha apunta hacia arriba y tiene un número que también se localiza en otra flecha que apunta hacia abajo y que antecede a la letra. Cuando representa una operación, ésta debe ejecutarse e inmediatamente se pasa a la siguiente letra de la derecha.

B. Terminar el algoritmo cuando aparezca un punto que indica término de la actividad, o bien una operación junto a la cual no figura ningún miembro que pueda funcionar.

El procedimiento del esquema gráfico de algoritmos representa la estructura lógica de una actividad por medio de flechas que indican el orden de comprobación de las cualidades y -- acciones, de signos positivos y negativos que señalan la presencia o ausencia de alguna cualidad; y de letras seguidas de puntos que indican la terminación de la actividad.

En este procedimiento las operaciones y las cualidades pueden representarse por letras mayúsculas y minúsculas respectivamente o por medio de palabras.

A continuación se darán una serie de ejemplos de algoritmos descritos en sus tres formas. La primera forma en que se describen los ejemplos, ha sido tomada de los datos por Lev Landa. En este trabajo, esos mismos ejemplos fueron descritos en sus dos formas restantes.

Descripción por el procedimiento de Anotación con palabras del algoritmo anterior.

### OPERACIONES FUNDAMENTALES

- A. Determinar si la oración tiene sujeto:
  - En caso afirmativo pasar a la operación B.
  - En caso negativo pasar a la operación C.
- B. Determinar si la oración tiene predicado:
  - En caso afirmativo, concluir que la oración es personal determinada, o sea pasar a la operación E.
  - En caso negativo, concluir que la oración es nominativa o sea pasar a la operación F.
- C. Determinar si el predicado está expresado por un verbo en la segunda persona:
  - En caso afirmativo pasar a la operación B.
  - En caso negativo pasar a la operación D.
- D. Determinar si el predicado está expresado por un verbo en tercera persona del plural:
  - En caso afirmativo pasar a la operación G.
  - En caso negativo pasar a la operación H.
- E. Concluir que la oración es personal determinada.
- F. Concluir que la oración es nominativa.

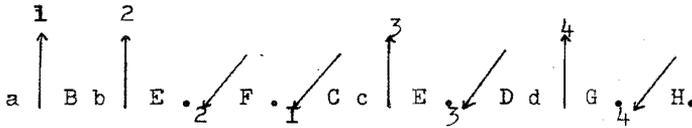
- G. Concluir que la oración es personal indeterminada.
- H. Concluir que la oración es impersonal.

CONDICIONES LOGICAS DE LAS QUE DEPENDEN LAS OPERACIONES.

- a. Existencia o no de sujeto en la oración.
- b. Existencia o no de predicado.
- c. Existencia o no de un predicado expresado por un verbo en la segunda persona.
- d. Existencia o no de predicado expresado por un verbo en tercera persona del plural.

## DESCRIPCION SIMBOLICA DEL ALGORITMO ANTERIOR

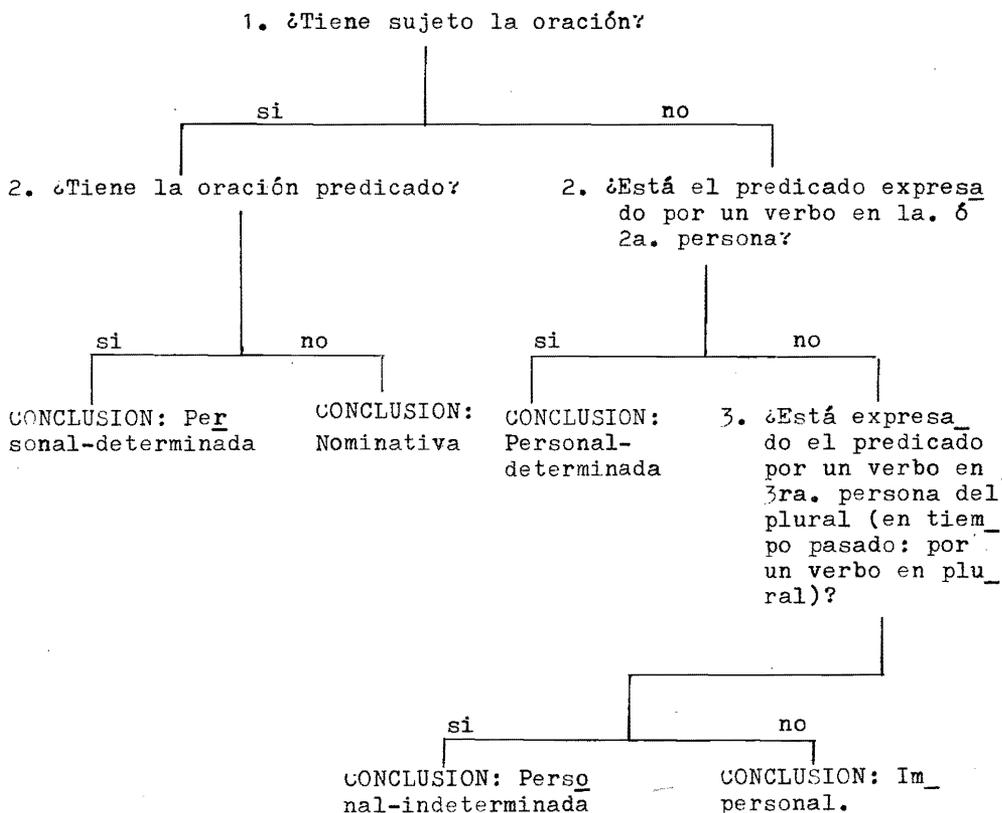
Para traducirlo, regrese a la página anterior y lea las condiciones lógicas y operaciones fundamentales.



Algoritmo descrito por el procedimiento de Esquema Gráfico.

Algoritmo para conocer el género de una oración simple.

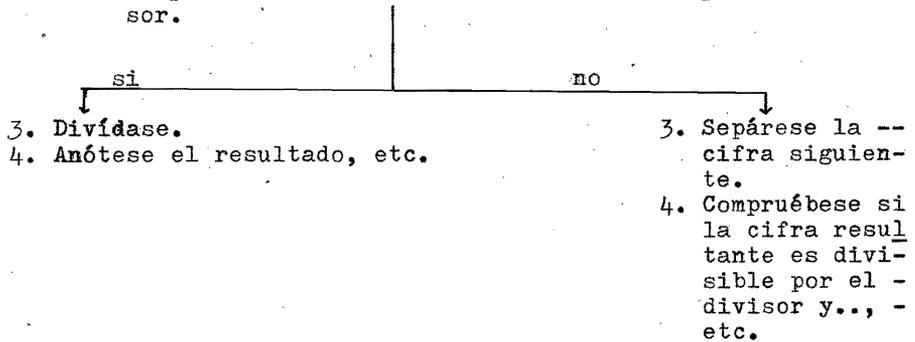
Para determinar el género de una oración simple, hay que comprobar:



.. Algoritmo descrito por medio del esquema gráfico.

Algoritmo de la regla para la división de dos cifras.

1. Sepárese la primera cifra del dividendo.
2. Compruébese si dicha cifra es divisible por el divi---sor.



Descripción por el procedimiento de Anotación con Pa\_ labras del algoritmo anterior.

OPERACIONES FUNDAMENTALES

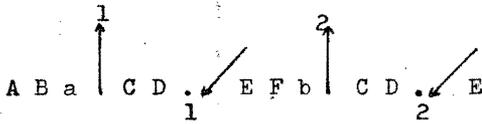
- A. Separar la primera cifra del dividendo.
- B. Comprobar si la primera cifra es divisible por el divi\_ sor.
  - En caso afirmativo pasar a la operación C.
  - En caso negativo pasar a la operación E.
- C. Dividir la cifra separada entre el divisor y pasar a la operación D.
- D. Anotar el resultado.
- E. Separar la cifra siguiente. Pasar a la operación F.
- F. Comprobar si la cifra resultante es divisible por el di\_ visor.

CONDICIONES LOGICAS DE LAS QUE DEPENDEN LAS OPERACIONES.

- a. La primera cifra es divisible o no por el divisor.
- b. La cifra resultante es o no divisible por el divisor.

## DESCRIPCION SIMBOLICA DEL ALGORITMO ANTERIOR.

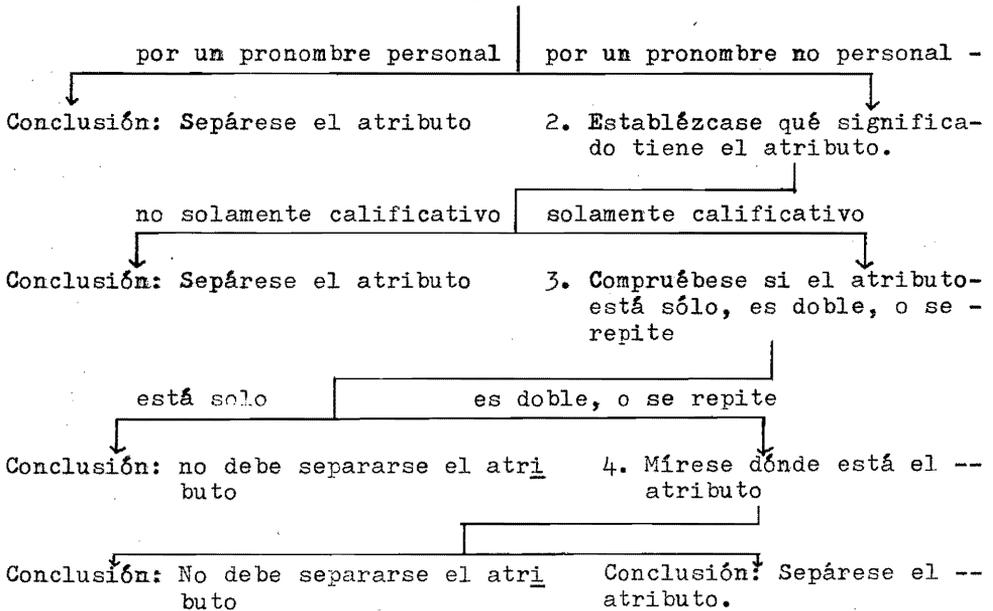
Para traducirlo, regrese a la página anterior y lea las condiciones lógicas y operaciones fundamentales.



5. Algoritmo descrito por medio del esquema gráfico.

Algoritmo de conocimiento de la separabilidad de los atributos concordantes (gramática).

1. Una vez subrayado el atributo concordante, hállese la palabra calificada y véase si está expresada.



Descripción por el procedimiento de Anotación con Pa-  
labras del algoritmo anterior.

OPERACIONES FUNDAMENTALES.

- A. Subrayar el atributo y pasar a la operación B.
- B. Encontrar la palabra calificada y pasar a la operación C.
- C. Véase si está expresada por un pronombre:
  - Si está expresada por un pronombre personal pasar a la operación D.
  - Si está expresada por un pronombre impersonal pasar a la operación E.
- D. Concluir separando el atributo.
- E. Establecer el significado del atributo:
  - Si no solamente es calificativo pasar a la operación D.
  - Si solamente es calificativo pasar a la operación F.
- F. Comprobar si el atributo está solo, es doble, o se re-  
pito.
  - Si está solo pasar a la operación G.

-- Si es doble o se repite pasar a la operación H.

G. Concluir no separando el atributo.

H. Localizar donde está el atributo:

-- Si está colocado delante de la palabra definida pasar a la operación G.

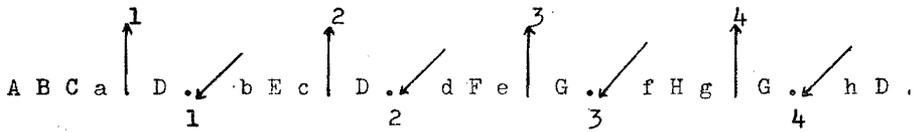
-- Si está colocado detrás de la palabra definida pasar a la operación D.

CONDICIONES LOGICAS DE LAS QUE DEPENDEN LAS OPERACIONES.

- a. La palabra calificada está expresada por un pronombre personal.
- b. La palabra calificada está expresada por un pronombre impersonal.
- c. El atributo tiene significado no solamente calificativo.
- d. El atributo tiene significado solamente calificativo.
- e. El atributo está solo.
- f. El atributo es doble o se repite.
- g. El atributo está colocado delante de la palabra definida.
- h. El atributo está colocado detrás de la palabra definida.

## DESCRIPCION SIMBOLICA DEL ALGORITMO ANTERIOR.

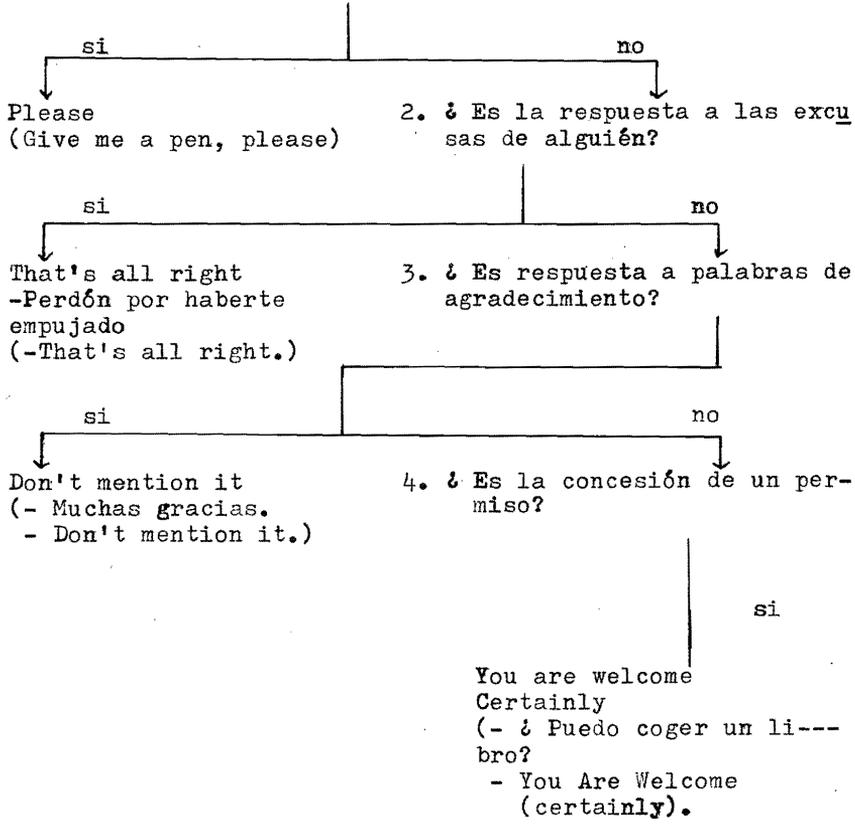
Para traducirlo, regrese a la página anterior y lea las condiciones lógicas y operaciones fundamentales.



3. Algoritmo descrito por medio del esquema gráfico.

Algoritmo para expresar el "por favor" ruso en inglés.

1. ¿ Va "por favor" acompañado de una súplica?



Descripción por el procedimiento de Anotación con Pa-  
labras del algoritmo anterior.

#### OPERACIONES FUNDAMENTALES

- A. Ver si la frase "por favor" va acompañada de una súplica:
- En caso afirmativo concluir con la operación B.
  - En caso negativo pasar a la operación C.
- B. Concluir indicando que si va acompañada de una súplica.
- C. Indicar si "por favor" es la respuesta a las excusas de alguien:
- En caso afirmativo concluir con la operación D.
  - En caso negativo pasar a la operación E.
- D. Concluir que si es la respuesta a las excusas de alguien.
- E. Ver si "por favor" es la respuesta a palabras de agradeci-  
miento:
- En caso afirmativo concluir con la operación F.
  - En caso negativo pasar a la operación G.
- F. Concluir que si es la respuesta a palabras de agradeciamen-  
to.

G. Indicar si "por favor" es la concesión de un permiso.

-- En caso afirmativo concluir con la operación H.

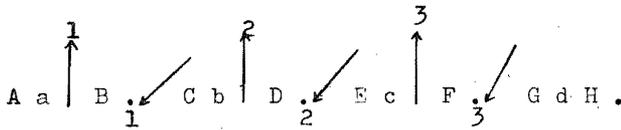
H. Concluir que si es la concesión de un permiso.

CONDICIONES LOGICAS DE LAS QUE DEPENDEN LAS OPERACIONES

- a. "Por favor" va acompañada de una súplica.
- b. "Por favor" es la respuesta o no a las excusas de alguien.
- c. "Por favor" es la respuesta o no a palabras de agradeci\_ miento.
- d. "Por favor" es la concesión de un permiso.

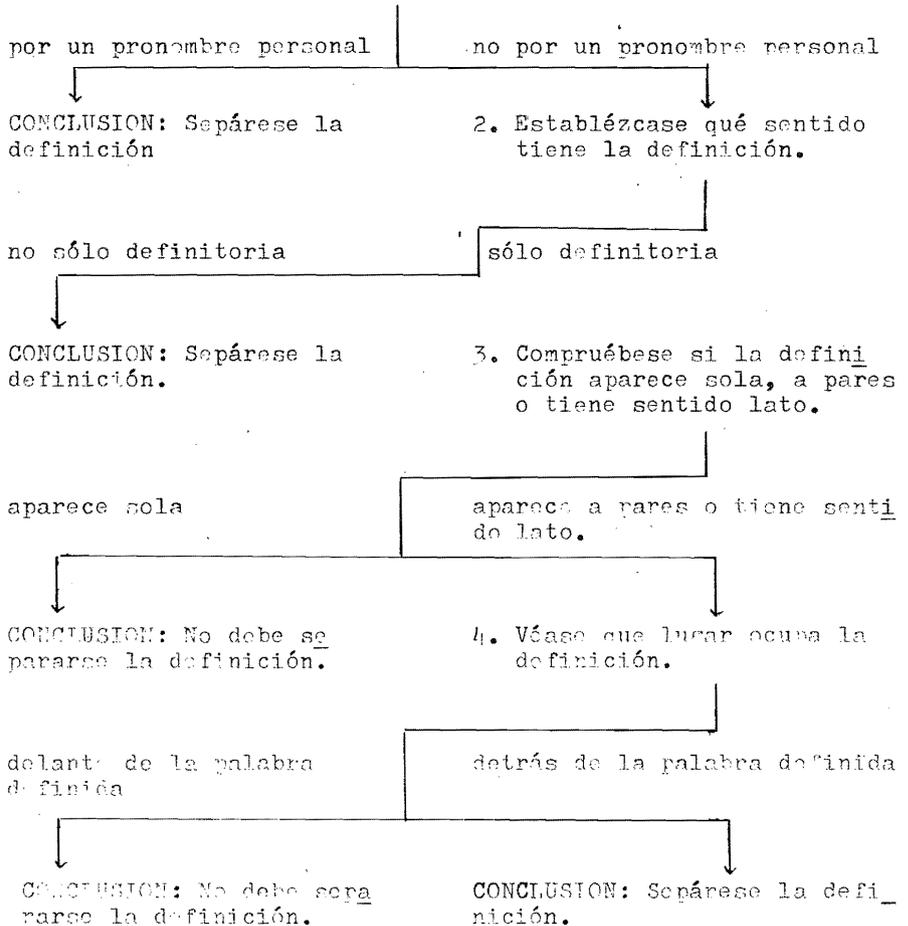
## DESCRIPCION SIMBOLICA DEL ALGORITMO ANTERIOR.

Para traducirlo, regrese a la página anterior y lea las condiciones lógicas y operaciones fundamentales.



Algoritmo descrito por el procedimiento de Es\_  
 quema Gráfico.

1. Una vez descubierta una definición concordante, hállese la palabra definida y véase por qué palabra está expresada.



Descripción por el procedimiento de Anotación con Pa-  
labras del algoritmo anterior.

OPERACIONES FUNDAMENTALES

- A. Localizar la definición concordante.
- B. Encontrar la palabra definida.
- C. Ver porqué palabra está expresada:
  - Si está expresada por un pronombre personal, conclúyase con la operación D.
  - Si no está expresada por un pronombre personal pasar a la operación E.
- D. Separar la definición.
- E. Establecer el sentido de la definición:
  - Si la definición tiene sentido no solo de limitorio concluir con la operación D.
  - Si la expresión tiene sentido solo de limitario pasar a la operación F.
- F. Comprobar si la definición es **sol**a, a varias o tiene sentido lato:

-- Si la definición aparece sola, concluir con la operación G.

-- Si la definición aparece a pares o tiene sentido lato, pa\_sar a la operación H.

G. No separar la definición.

H. Ver que lugar ocupa la definición:

-- Si la definición va delante de la palabra definida, con\_cluir con la operación G.

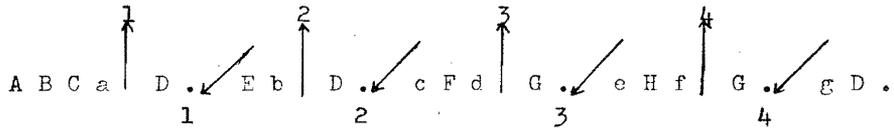
-- Si la definición está detrás de la palabra definida con\_cluir con la operación D.

#### CONDICIONES LÓGICAS DE LAS QUE DEPENDEN LAS OPERACIONES

- a. La palabra está o no expresada por un pronombre personal.
- b. La definición tiene sentido definitorio, no únicamente.
- c. La definición tiene sentido sólo definitorio.
- d. La definición aparece sola.
- e. La definición aparece a pares o tiene sentido lato.
- f. La definición va delante de la palabra definida.
- g. La definición está detrás de la palabra definida.

## DESCRIPCION SIMBOLICA DEL ALGORITMO ANTERIOR.

Para traducirlo, regrese a la página anterior y lea las condiciones lógicas y las operaciones fundamentales.



Algoritmo descrito por Anotación con Palabras.

Algoritmo para describir la actividad de un operador en con  
diciones determinadas.

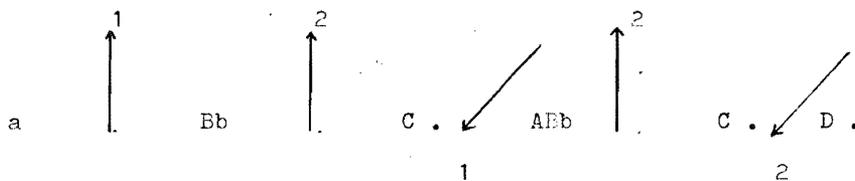
OPERACIONES FUNDAMENTALES

- A. Comprueba si el aparato está conectado a la red;
  - En caso afirmativo, pasa a la indicación C.
  - En caso negativo, pasa a la operación B.
- B. Conéctelo a la red.
- C. Oprima el interruptor.
- D. Comprueba si se ha encendido la luz piloto:
  - En caso afirmativo, pase a la operación E.
  - En caso negativo, pase a la operación F.
- E. Empiece a trabajar.
- F. Llame al técnico reparador.

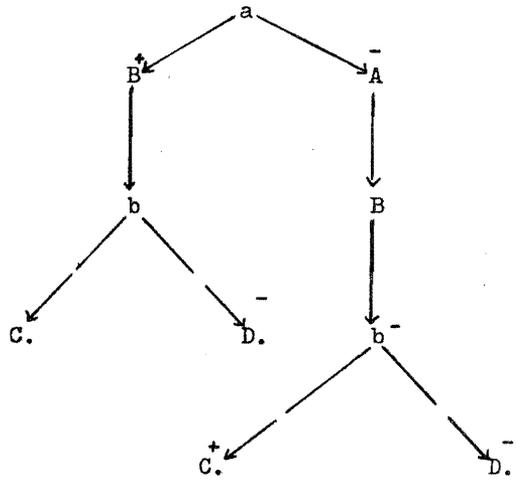
CONDICIONES LÓGICAS DE LAS CUALES DEPENDEN LAS ACCIONES.

- a. El estar conectado el aparato a la red.
- b. El encenderse la luz piloto.

## DESCRIPCION DEL ALGORITMO ANTERIOR POR ESCUENA SIMBOLICO.



Descripción del algoritmo anterior por esquema gráfico.  
fico.



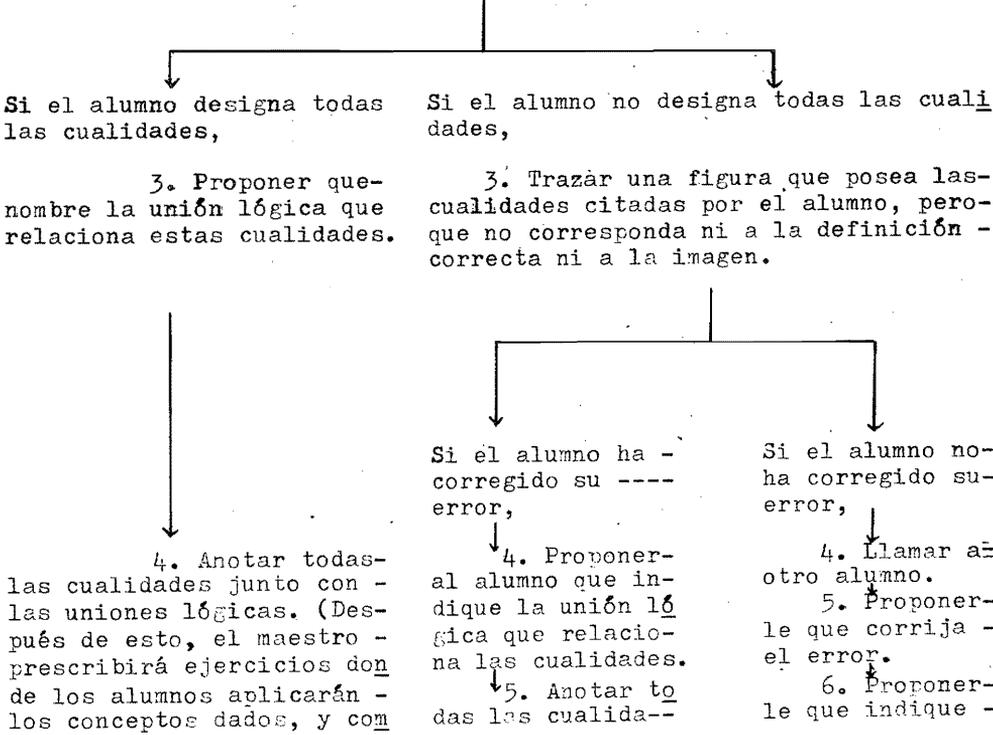
- Algoritmo descrito por el procedimiento del esquema gráfico.

Descripción algorítmica de una actividad pedagógica (algoritmo de enseñanza.)

Para que los alumnos comprendan y asimilen lo que es una circunferencia, es necesario:

1. Dar una definición del concepto y un dibujo ("se llama circunferencia a una línea curva cerrada situada sobre un plano y en la que todos los puntos son equidistantes de otro punto que recibe el nombre de centro de la circunferencia").

2.- Proponer a los alumnos que designen las cualidades indicadas en la definición y que las nombren.



probará el nivel de asimilación. Sin embargo, para ahorrar espacio no incluiremos esta etapa en el algoritmo.)

↓  
des junto con las uniones lógicas. - (Después de esto, el maestro prescribirá ejercicios -- donde los alumnos aplicarán los conceptos dados, y -- comprobará el nivel de asimilación. Sin embargo, para ahorrar espacio, no incluiremos esta etapa en el algoritmo.)

↓  
la unión lógica que relaciona a las cualidades.  
7. Anotar todas las -- cualidades -- junto con -- las uniones lógicas. --- (Después de esto, el --- maestro prescribirá ejercicios donde los alumnos aplicarán -- los conceptos dados, y -- comprobará -- el nivel de asimilación. Sin embargo, para ahorrar espacio, no incluiremos esta etapa en el algoritmo.)

- Algoritmo de enseñanza descrito por anotación con --  
palabras.

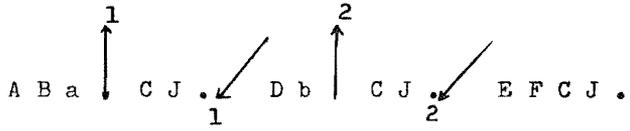
Condiciones lógicas:

- a) El alumno descubrió todas las cualidades (sí, o no);
- b) El alumno corrigió su error (sí, o no).

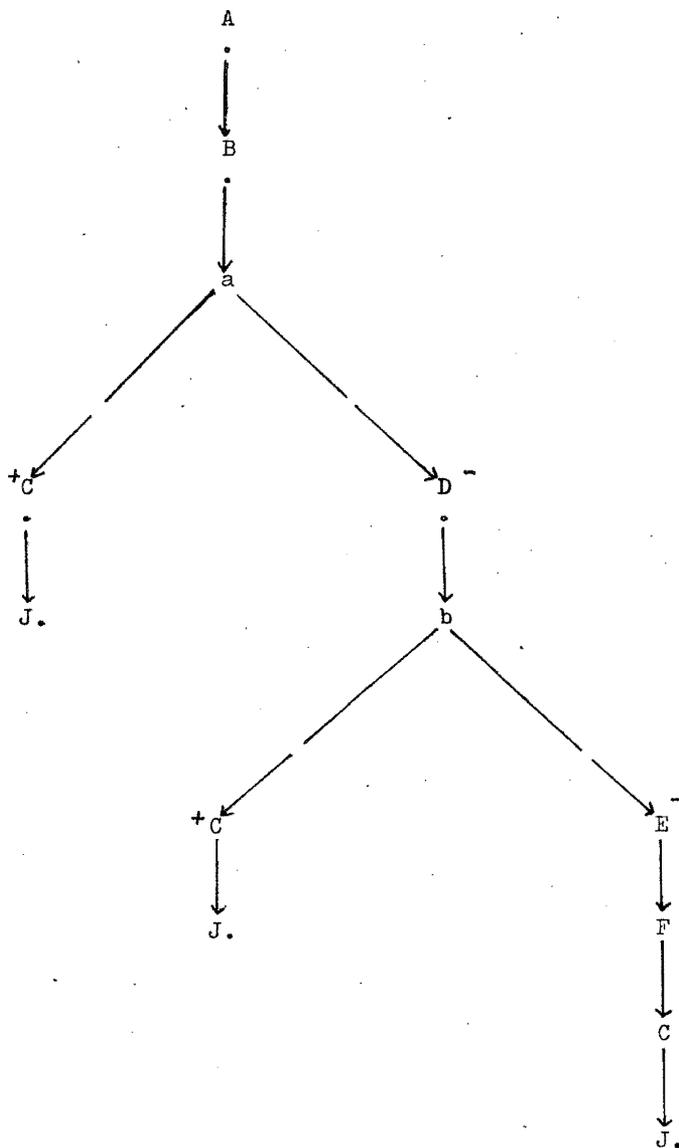
Operaciones:

- A) Formulaci3n de la definici3n del concepto y presenta--  
ci3n del dibujo;
- B) Proposici3n de designar las cualidades indicadas en --  
la definici3n y de nombrarlas;
- C) Proposici3n de indicar la uni3n l3gica que relaciona -  
las cualidades;
- D) Aplicaci3n del procedimiento de contraimagen;
- E) Llamada de otro alumno;
- F) Proposici3n de corregir el error;
- J) Anotaci3n de las cualidades junto con las uniones l3--  
gicas.

DESCRIPCION SIMBOLICA DEL ALGORITMO ANTERIOR.



- Descripción por esquema gráfico del algoritmo anterior.



#### 2.4.3.2 Procesos Independientes (no algorítmicos).

Son los procesos que presentan distinto grado de independencia y de dificultad para quien los realice. Son independientes porque no están determinados por una directriz (no todos los procesos independientes son creadores). Pueden precisarse los factores que determinan el grado de independencia y creatividad y como consecuencia del grado de dificultad del problema.

Los procesos no algorítmicos se dividen en dos tipos:

##### Independientes Creadores.

Son aquellos en los que las operaciones o acciones del alumno no están determinadas por directrices o lo están parcialmente, por lo tanto la búsqueda se realiza en un campo de elección indeterminado.

Los problemas creadores se caracterizan porque no se conoce el algoritmo de su resolución y los elementos del campo de elección, además los conocimientos no se actualizan directamente por asociación al recibir los datos del problema. La solución

de éste se logra utilizando la experiencia y reconstruyéndola para aplicarla en la búsqueda no algorítmica. A través de la búsqueda se actualizan los materiales que no habían sido asociados.

#### Independientes No Creadores.

Aquellos procesos que no están determinados total o parcialmente por una directriz y son reproducidos al percibir los datos por asociaciones inmediatas basadas en la experiencia.

#### 2.4.3.3 Procesos Heurísticos.

La actividad heurística es uno de los procesos de raciocinio que se moldea y controla mediante determinadas reglas, directrices o indicaciones que la llevan a su fin.

Es necesario descubrir la naturaleza de los procesos heurísticos con el propósito de controlarlos a través de programas.

Los problemas heurísticos son aquellos que tienen un

campo de búsqueda determinado y se resuelven eligiendo y experimentando diferentes medios dados. Las características de éstos son:

-- Se da en el planteamiento del problema un material de partida (lo que viene dado) y un material final (lo que hay que demostrar) que debe deducirse del material inicial.

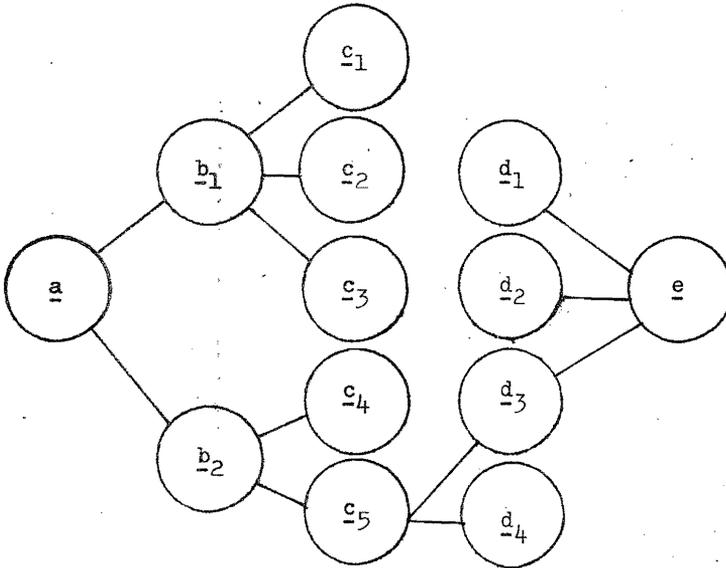
-- Se da un campo o lista de medios o reglas que se pueden utilizar para encontrar la solución.

-- Se desconoce el camino para ir del material de partida al final y no existe previamente el algoritmo de su conocimiento, por lo tanto el camino a seguir es el utilizar un algoritmo de tanteos.

-- Se construye el árbol de demostración en el que se representan en forma gráfica todos los caminos posibles para pasar del material de partida al material final.

No es posible construir un algoritmo que indique todos los caminos a seguir para encontrar la solución y cuales no, sin embargo es posible hacerlo durante el proceso de resolución y comprobación de distintos caminos.

## Arbol de Demostración



En este ejemplo a es el material de partida y e, el material final. Como se observa no todos los caminos conducen del material de partida al final.

La solución de este problema se obtiene al aplicar el sistema de reglas:

$a \longrightarrow b2$ ;     $b2 \longrightarrow c5$ ;     $c5 \longrightarrow d3$ ;     $d3 \longrightarrow e$ .

Cuando el sistema de reglas es completo, practicando todos los caminos se encuentra la solución (algoritmo de selección total), en caso contrario no se llega a ella. Si el sistema de reglas no es aplicado en forma completa, el grado de resultatividad es limitado ya que no cubre todos los materiales.

-- Los tanteos y experimentaciones de los medios se eligen de una lista (campo) de medios posibles.

#### DIFERENCIAS ENTRE PROCESOS HEURISTICOS Y ALGORITMICOS.

La diferencia entre los programas heurísticos y los algorítmicos se obtiene comparando sus características. Los algoritmos tienen las siguientes peculiaridades:

- a. Carácter determinista.
- b. Carácter masivo.
- c. Carácter resultativo.

Los programas heurísticos poseen las dos primeras características. Tienen carácter determinista porque fijan total y rigurosamente el proceso de resolución provocando en los alumnos las mismas acciones y conduciéndolas a las mismas transformaciones siempre que partan del mismo material inicial.

También poseen carácter masivo en cuanto pueden aplicarse a una serie de problemas que pertenezcan a una clase dada.

El carácter resultativo es la única diferencia entre los programas heurísticos y los algorítmicos. En los programas algorítmicos consiste en que partiendo de los mismos datos se obtiene el mismo resultado buscado, es decir, la solución del problema; en cambio en los heurísticos se da un menor grado debido a que el alumno puede seguir diferentes caminos y no aplicar un sistema de reglas completo por lo que obtendrá un resultado pero no el esperado (solución correcta). Esta diferencia es cuantitativa puesto que el grado de resultatividad es mayor en los algoritmos.

Una ventaja de los programas heurísticos es que si el alumno aplica el sistema completo de reglas desde el inicio limitará la cantidad de elecciones y caminos a seguir y por lo tanto

ahorrará tiempo para encontrar la solución.

Los programas heurísticos funcionan mediante un sistema incompleto de reglas es decir, representan algoritmos incompletos. Con el término incompleto se quiere decir que el alumno no aplica en forma completa el sistema de reglas. (no puede haber algoritmos incompletos).

Con frecuencia se cree que el término heurística caracteriza a los procesos creadores sin embargo los procesos que desarrollan los programas heurísticos no moldean la actividad creadora puesto que sus acciones están determinadas por una directriz al igual que los algoritmos. Las heurísticas de los procesos heurísticos no originan ni orientan la actividad creadora.

Existen otro tipo de heurísticas denominadas "Auténticas" que si provocan y orientan el proceso creador. Estas, son indicaciones o reglas que determinan en forma incompleta la actividad mental y contienen cierta indeterminación respecto al medio de ejecutar las indicaciones.

La heurística auténtica presupone cierta independencia del sistema al que va dirigido y auto-organización en el desarrollo.

llo de las indicaciones. De ahí que todo proceso creador requiere de independencia y auto-organización y no existe una directriz que determine las operaciones a seguir.

Una vez que se conoce la directriz que determina el proceso de resolución, éste deja de ser creador.

La función de las "auténticas heurísticas" es facilitar la actuación y organización de los conocimientos que llevarán a la solución, así como dirigir y regular la búsqueda que caracteriza a todo proceso creador. Las "auténticas heurísticas" son reglas que no indican el campo, ni las cualidades exactas que sirvan para buscar un problema similar o del mismo género; pero en cierta medida dirigen la búsqueda de los correspondientes problemas.

El grado de indeterminación varía para cada heurística: "Cuanto más general sea la indicación habrá mayor indeterminación y por consiguiente tanto menos determinará las correspondientes acciones del alumno exigiéndole más independencia y creatividad". (18).

Hasta ahora se han mencionado los procesos mentales que tienen lugar durante la resolución de problemas y se ha indicado

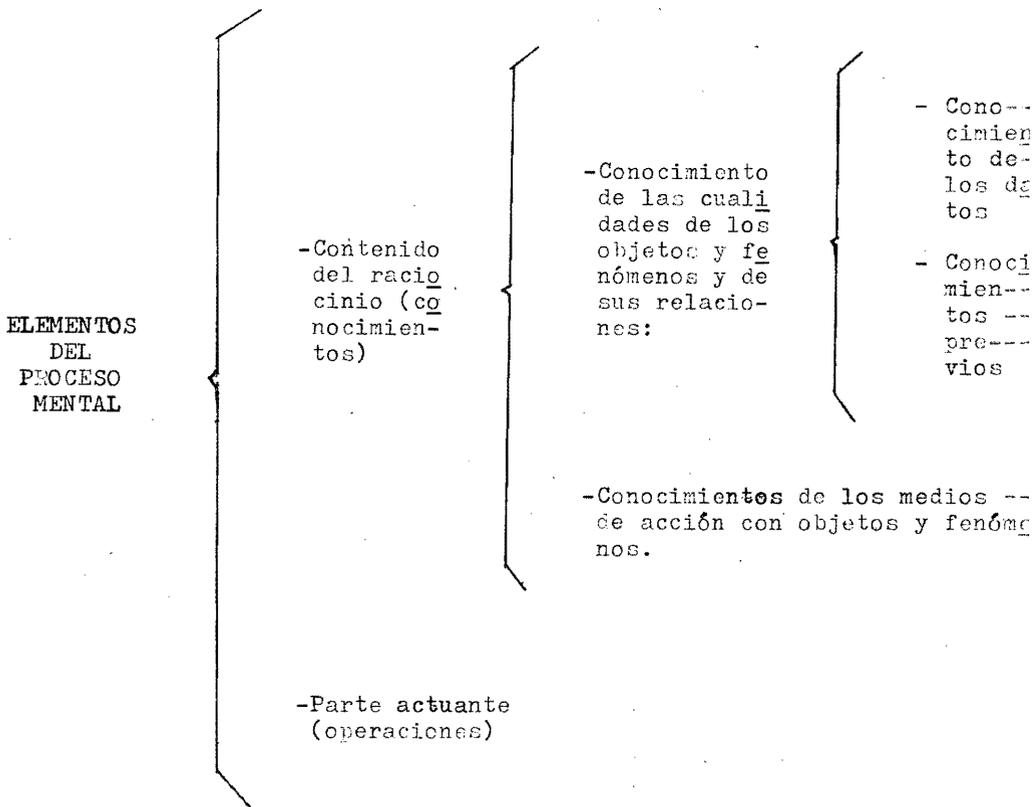
la dificultad que existe en analizarlos debido a que son procesos internos.

#### 2.4.4 Operaciones en el Proceso de Resolución de Problemas.

Durante el proceso de resolución de problemas el alumno lleva a cabo una serie de operaciones. El éxito de la resolución está determinado por el carácter de las operaciones que el alumno domine, siendo el grado de dominio distinto en cada alumno.

Es necesario encontrar un método general de raciocinio que permita al alumno dirigir sus conocimientos, analizarlos y utilizarlos en nuevas situaciones y con otros materiales. Para esto, es necesario investigar las condiciones en las que una habilidad\* específica llega a convertirse en general, así como los procesos pedagógicos que desarrollan las facultades indispensables para la solución.

Para llevar a cabo la actividad mental es necesario relacionar los conocimientos y las acciones.



Como se observa en este esquema el contenido del raciocinio está representado por los conocimientos y la parte actuante por las operaciones que el alumno ejecutará para resolver el problema.

Los conocimientos que participan en la actividad mental se clasifican en dos categorías:

La primera denominada conocimiento de las cualidades de los objetos y fenómenos y de sus relaciones, y se realiza a través del conocimiento de los datos y conocimientos previos.

El conocimiento de los datos significa percibir los elementos que constituyen el enunciado del problema, y a partir de esto, el alumno hace uso de los conocimientos previos adquiridos a través de la experiencia (teoremas, definiciones, leyes, etc.) y que no vienen dados en los datos del problema.

En la actividad de raciocinio hay un paso continuo de un conocimiento a otro y viceversa. Este proceso se establece por medio de asociaciones y es facilitado por las acciones que efectúa el alumno sobre los datos del problema -parte actuante-.

La segunda conocimiento de los medios de acción a emplear sobre los objetos y fenómenos- se realiza a partir de la observación de los datos del problema que facilita la abstracción de elementos para actualizar los conocimientos que determinen las acciones a ejecutar sobre los datos. El proceso anterior constituye el análisis del problema. Después de éste, el alumno procede a ejecutar las operaciones -parte actuante- para resolver el problema.

Para resolver cualquier tipo de problema el alumno debe desarrollar dos procesos:

A. Análisis o conocimiento de lo que viene dado. Este consiste en aplicar una serie de operaciones analíticas para des-

cubrir las características del material.

B. Transformación o paso de lo que viene dado a lo que hay que obtener. Este se realiza a través de la aplicación de operaciones de transformación o de síntesis.

Durante el proceso de resolución el alumno descompone en partes el material por medio de las operaciones de análisis y como consecuencia pasa de lo que viene dado a lo que hay que obtener mediante la aplicación de las correspondientes operaciones de transformación o de síntesis para encontrar la solución; cometerá error cuando no aplique alguna de las operaciones de análisis o de transformación.

Ambos tipos de operaciones juegan un papel importante en el proceso de resolución y reciben el nombre de operaciones analítico-sintetizadoras.

Las operaciones analítico-sintetizadoras son reglas que deben seguirse para resolver cualquier tipo de problema. Su función consiste en ver los datos del problema, analizarlos, descomponerlos y transformarlos para llegar a la solución.

Estas operaciones se realizan a través de varios procesos siendo los principales el de generalización y actualización, indis

pensables para que el alumno desarrolle un proceso general de raciocinio. El dominio de estas operaciones y el de las habilidades intelectuales constituyen mecanismos internos de acción y relaciones entre las acciones y el contenido.

La generalización es un proceso que consiste en transferir conocimientos, habilidades y hábitos de una situación a otra para establecer una comparación entre la experiencia pasada y nuevas situaciones. La generalización puede ser de dos tipos.

El primero, generalización de conocimientos consiste en transferir ideas y conceptos de unos fenómenos a otros.

La segunda, generalización de habilidades y hábitos consiste en transferir acciones u operaciones observables o encubiertas. Permite trasladar conocimientos y operaciones anteriores a nuevas situaciones con datos similares haciendo posible el proceso de actualización.

Durante el proceso de resolución, ambas generalizaciones se relacionan dando como resultado que el alumno al conocer los datos del problema evoque las operaciones para analizarlos. Estas acciones transforman los datos y evocan y actualizan nuevas operaciones y así sucesivamente.

La actualización es un proceso que consiste en relacionar o asociar los conocimientos acerca del contenido de un problema

determinado, con las acciones que se aplicarán sobre ese contenido. De ahí que en el proceso de raciocinio tenga lugar tanto la actualización de conocimientos como la de operaciones.

La función de la actualización consiste en analizar el problema descomponiendo los datos en sus elementos, transformándolos en determinada forma y relacionándolos entre sí etc. o sea utilizando una serie de operaciones analítico-sintetizadoras..

Al efectuarse el proceso de actualización en la resolución de un problema, el alumno abstrae de la experiencia los conocimientos y operaciones estableciendo las asociaciones necesarias para resolver el problema. Cuando las operaciones sean transferidas a un mayor número de problemas similares aumenta su generalización, la cual facilita que se actualicen con más frecuencia dichas acciones, es decir, a mayor generalización mejor actualización.

Al resolver cualquier tipo de problema el alumno debe aplicar un sistema de reglas adecuado a las operaciones analítico-sintetizadoras. Este sistema debe seguir un orden lógico de tal forma que no realice tanteos inmotivados es decir, que las etapas del proceso de resolución estén encadenadas—la anterior determina la aparición de la siguiente—.

Para que el alumno desarrolle un método general de raciocinio es necesario que tenga suficientemente generalizado el sistema de operaciones analítico-sintetizadoras para aplicarlas en diversas situaciones problema y, evitar que realice numerosos "tanteos ciegos".

Los "tanteos ciegos" son aquellos que se realizan cuando el alumno trabaja con un material desconocido, lo analiza en forma desordenada y trata de adivinar la solución.

Existe otro tipo de tanteos llamados "creadores" o "buscadores" que caracterizan a la actividad creadora. Se utilizan experimentando caminos correctos para encontrar la solución cuando el --- alumno conoce el material de trabajo y el objetivo.

En el proceso de resolución de problemas el alumno puede cometer errores debido a alguna de las siguientes causas: no domina cierta operación, no generaliza suficientemente las operaciones, no posee un sistema de operaciones y si lo tiene no lo sistematiza, no generaliza suficientemente el sistema de operaciones.

De ahí que sea necesario enseñar a los alumnos a resolver problemas de contenido variado para que desarrollen un sistema generalizado de operaciones analítico-sintetizadoras y utilicen ---

diversos procedimientos.

## CAPITULO III

## LOS ALGORITMOS EN LA ENSEÑANZA PROGRAMADA

3.1 Definición y origen de cibernética

La palabra cibernética proviene del griego Kybernetike que significa ciencia del que pilota. Es definida por su originador Norbert Wiener como "todo el campo de la teoría del control y la comunicación tanto en la máquina como en el animal".

Esta definición fué cambiada con el propósito de precisar los términos empleados por Wiener. A partir de 1958 en una reunión de los estudiosos en este campo se adopta la siguiente "cibernética-arte de asegurar la eficacia de la acción".

Los términos máquina y comunicación empleados por Wiener fueron sustituidos por mecanismo e información respectivamente. Se entiende por mecanismo, aquel objeto que toma estados sucesivos diferentes que lo lleven de un estado inicial a uno final. Cuando estos mecanismos son creados por el hombre se denominan artificiales, cuando no, se llaman naturales.

Para que un mecanismo adquiriera una finalidad es necesario que interactúe con su medio. Durante este proceso la acción ejer ---

cida de medio a mecanismo recibe el nombre de datos y las modificaciones que sufre el medio debidas a la acción del mecanismo se denominan resultados.

Como se citó en párrafos anteriores, el término comunicación se substituyó por información. Se entiende por ésta, el dar a conocer acontecimientos nuevos o ignorados. En cibernética es el conjunto de un sustento y una semántica. El sustento es el medio que asociado a una semántica da lugar a una información. El efecto que una información produce en el hombre -a través de diferentes sustentos- se denomina semántica.

Las informaciones pueden ser equivalentes y distintas. En el primer caso la semántica es la misma pero con diferentes sustentos así por ejemplo: La información que se va a transmitir es la hora exacta, ésto se hace por medio de sustentos tales como un radio y un reloj. En este caso la semántica es la misma (conocimiento de que en ese momento son las 7p.m.), aunque recibida a través de diferentes sustentos.

En el segundo caso las semánticas son distintas. Por ejemplo en México el hecho de jalar el cordón de un camión de pasajeros para que suene el timbre, es una indicación para que el ca -----

mión se detenga, por el contrario, en Londres la semántica de esta - información es distinta pues se interpreta como una indicación para- que el camión siga su ruta.

Cuando una información carece de sustento o no es tomado - en cuenta recibe el nombre de pautas, éstas se almacenan en la me-- moria formando un conjunto. Al manejar este conjunto de pautas se -- construyen nuevas informaciones. Las pautas se representan por símbo los los que al parecer en otras situaciones evocan la pauta formándo se así un modelo dialéctico. Cada pauta para ser comunicada necesita de un sustento que puede ser un símbolo o un modelo dialéctico\*.

El sustento o medio para transmitir una información es el- lenguaje, éste puede ser oral, escrito o gráfico. Está constituido - por "signos" (elemento persistente del lenguaje utilizado para comu- nicar algo a alguien) y "señales" (elemento transitorio de lenguaje- que sirve para evocar una acción) y el conjunto de éstos forman una- cadena. La cadena tiene lugar cuando los signos y las señales se unen en forma coherente, es decir, formando una secuencia lógica de pala- bras. La función y estructura del modelo dialéctico dependerá de --- las cadenas que constituyen el lenguaje.

Los términos mecanismo e información adquieren sentido al- asociarse al concepto acción.

La acción es el funcionamiento del mecanismo sobre el medio para transformarlo, esta transformación es la meta.

Para establecer la realización de una acción se siguen -- tres etapas:

I. Programa de acción:

A. Determinar las operaciones que conduzcan al logro de -- la meta.

B. Ordenar en forma lógica dichas operaciones.

C. Determinar el agente que ejecutará la acción.

II. Decisión de actuar.

Para decidir si se realiza una acción o se abstiene de -- ejecutarla se precisa hacer una comparación en base a juicios de -- valor.

III. Ejecución de la acción.

Consiste en la realización de las fases anteriores que se inicia con la ejecución de la primera operación del programa para -- cambiar el medio y así hasta terminar con la ejecución de la últi-- ma operación.

El programa está sujeto a cambios y adaptaciones debido -- a las necesidades que surjan durante su desarrollo, pero siempre di-

rigidas al logro de la meta. A ésto se le denomina guía de acción.

La guía de acción es una actividad intelectual misma -- que se asocia a la definición actual de cibernética como el arte de asegurar la eficacia de la acción.

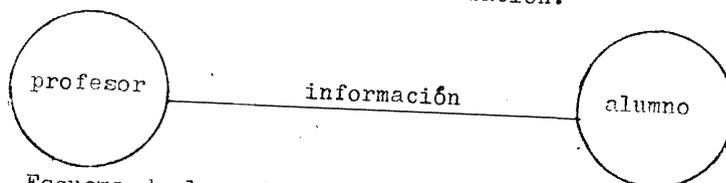
### 3.2 Aportaciones de la cibernética a la enseñanza

En el campo de la enseñanza se ha ejercido acción sobre los alumnos con el fin de que adquieran conocimientos. La cibernética plantea a la pedagogía como una metodología de la acción y la define como "todo mecanismo mediante el cual un ser humano recibe información con el propósito de fijarla en su memoria". (8) Esta definición implica la determinación del mecanismo por medio del cual el alumno adquiere los conocimientos así como el análisis de las finalidades del mecanismo.

El alumno puede recibir información a través de dos vías: la cadena directa y la cadena refleja.

La cadena directa tiene lugar cuando el profesor habla y

el alumno se limita a escucharlo. El profesor es el mecanismo pedagógico más antiguo para transmitir información.



Esquema de la cadena directa.

La cadena directa se utiliza para enseñar a grupos de alumnos más o menos numerosos. Este proceso tiene como finalidad que la información transmitida al alumno sea fijada en su memoria.

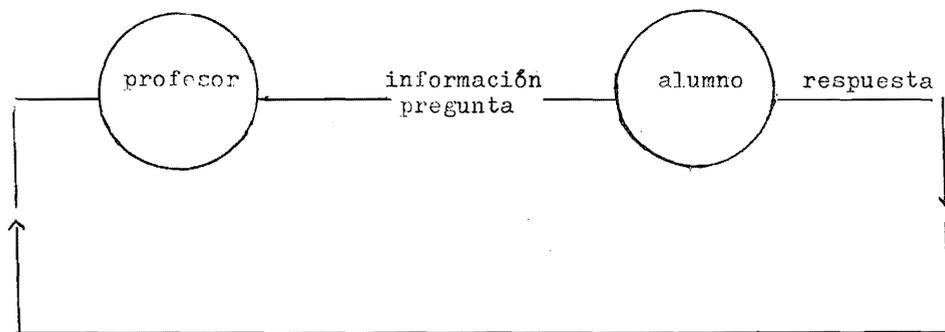
Como ésto no es posible con una sola exposición, se requiere que le sea repetida varias veces por el profesor o cualquier otro medio.

En este tipo de cadena el control de la enseñanza se efectúa por varios procedimientos, el más usual consiste en plantear al alumno una serie de preguntas y evaluar las respuestas. Estas pueden ser elaboradas para cada alumno en particular o bien preparar un examen que contenga preguntas iguales para todos los alumnos.

La segunda vía a través de la cual el alumno recibe información es la cadena refleja, en la cual la enseñanza es controlada por medio de preguntas control que el profesor plantea al alumno

y a éstas les sigue en forma inmediata las respuestas del estudiante. De acuerdo con estas respuestas el profesor modificará la información con el objeto de adecuarla a dichas respuestas de tal manera que los alumnos adquirieran los conocimientos.

En este tipo de cadena la retroalimentación es un proceso básico que permite tanto al alumno como al profesor modificar sus respuestas a través de las preguntas control.



Esquema de la cadena refleja

La cadena refleja se utiliza en la enseñanza activa y su finalidad es que todos los alumnos alcancen un mismo nivel de conocimientos.

Este tipo de cadena puede emplearse en grupos numerosos pero corre el riesgo de reducir su eficacia debido a que el profe---

sor sólo plantea las preguntas control a unos cuantos alumnos y --- la modificación de la información estará supeditada a las respues-- tas de la minoría.

Generalmente el profesor ha sido el mecanismo más usual - para transmitir información al alumno; en la actualidad han surgi-- do dispositivos mecánicos -grabaciones, diapositivas, películas, -- radio, televisión, y libros programados- que lo sustituyen total -- o parcialmente en esta tarea.

Los mecanismos empleados por la enseñanza programada pa-- ra sustituir al profesor en la aplicación de la cadena refleja son-- los textos programados. Por medio de este mecanismo el profesor --- puede determinar qué preguntas control planteará y en qué momento - deberá incluirlas en la información que presente.

En la programación lineal la cadena está constituida por-- la información que presentan los cuadros, por la pregunta control - que dá lugar a la respuesta y por la verificación.

En la programación ramificada se da la información, se -- plantea una pregunta control seguida de varias opciones y el alumno selecciona la que considera correcta; presentándole información ---

elemental cuando su respuesta es la acertada y cuando no, se le -- proporciona información complementaria.

Es así como la cibernética ha contribuido al surgimiento de la enseñanza programada.

### 3.3 La cibernética y los algoritmos empleados por Lev Landa en la enseñanza programada

La enseñanza es un proceso general que el profesor -- puede realizar por medio de un programa-algoritmo, ya sea a través de la enseñanza programada o de la enseñanza no programada; o bien sin la ayuda de un programa-algoritmo.

En el campo de la enseñanza el significado del término -- programa-algoritmo debe ser entendido en forma rigurosa conforme -- a la definición dada y no confundirlo con el de programa o descripción del temario de un curso.

La enseñanza es un proceso encaminado a resolver problemas didácticos transformando sus datos de partida en datos finales. El problema didáctico está formado por los datos, estados o -- condiciones iniciales, y por los datos finales. Los primeros incluyen el nivel previo de conocimientos, habilidades y hábitos de los alumnos; y los segundos están representados por los objetivos o --

nuevos estados de conocimientos, habilidades y hábitos adquiridos -- como resultado de la enseñanza.

El profesor puede resolver los problemas didácticos a través de una directriz algorítmica, la cual recibe el nombre de "algoritmo de resolución del problema didáctico" o "algoritmo de enseñanza"; o por medio de tanteos como se hace comúnmente en la enseñanza tradicional.

La enseñanza programada se auxilia de la cibernética para tratar de resolver los problemas didácticos a través de algoritmos de resolución.

Lev Landa extrae una serie de conceptos que se utilizan en la cibernética con objeto de aplicarlos en la descripción de algoritmos, tales como variables, sistema de variables, valores numéricos y vector.

En la enseñanza programada es necesario aislar las cualidades o características de los fenómenos con el propósito de estudiarlas y controlarlas. Estas cualidades reciben el nombre de variables, y pueden adquirir determinado valor numérico o bien describirse cualitativamente. Al conjunto de variables extraídas de un fenómeno para analizarlas se les dá el nombre de sistema.

El estado de un sistema está determinado por los valores -

númericos del conjunto de variables. Este conjunto de cifras numéricas recibe el nombre de vector.

Cuando el profesor se enfrenta ante un problema didáctico-puede resolverlo al transformar su estado inicial en final, aplicando un sistema de acciones didácticas, el cual es posible representar por medio de un algoritmo de transformación.

Para que la actividad del programador se considere científica, es necesario que la enseñanza programada plantee los problemas didácticos con el fin de encontrar los medios para construir los algoritmos de su resolución.

Por medio de la enseñanza programada ha sido posible controlar la actividad del profesor y del alumno. Para que este control sea más eficaz es necesario que el programador describa algorítmicamente aquellos fenómenos y procesos pedagógicos susceptibles de tal descripción.

Existen procesos pedagógicos cuya descripción algorítmica es difícil de realizar; sin embargo, se pueden elaborar algoritmos especiales en base a la naturaleza probabilística de dichos procesos.

La cibernética ha demostrado que para lograr un control automático de los procesos de las operaciones se requiere determi---

nuevos estados de conocimientos, habilidades y hábitos adquiridos -- como resultado de la enseñanza.

El profesor puede resolver los problemas didácticos a través de una directriz algorítmica, la cual recibe el nombre de "algoritmo de resolución del problema didáctico" o "algoritmo de enseñanza"; o por medio de tanteos como se hace comúnmente en la enseñanza tradicional.

La enseñanza programada se auxilia de la cibernética para tratar de resolver los problemas didácticos a través de algoritmos de resolución.

Lev Landa extrae una serie de conceptos que se utilizan en la cibernética con objeto de aplicarlos en la descripción de algoritmos, tales como variables, sistema de variables, valores numéricos y vector.

En la enseñanza programada es necesario aislar las cualidades o características de los fenómenos con el propósito de estudiarlas y controlarlas. Estas cualidades reciben el nombre de variables, y pueden adquirir determinado valor numérico o bien describirse cualitativamente. Al conjunto de variables extraídas de un fenómeno para analizarlas se les dá el nombre de sistema.

El estado de un sistema está determinado por los valores -

númericos del conjunto de variables. Este conjunto de cifras numéricas recibe el nombre de vector.

Cuando el profesor se enfrenta ante un problema didáctico-puede resolverlo al transformar su estado inicial en final, aplicando un sistema de acciones didácticas, el cual es posible representar por medio de un algoritmo de transformación.

Para que la actividad del programador se considere científica, es necesario que la enseñanza programada plantee los problemas didácticos con el fin de encontrar los medios para construir los algoritmos de su resolución.

Por medio de la enseñanza programada ha sido posible controlar la actividad del profesor y del alumno. Para que este control sea más eficaz es necesario que el programador describa algorítmicamente aquellos fenómenos y procesos pedagógicos susceptibles de tal descripción.

Existen procesos pedagógicos cuya descripción algorítmica es difícil de realizar; sin embargo, se pueden elaborar algoritmos especiales en base a la naturaleza probabilística de dichos procesos.

La cibernética ha demostrado que para lograr un control automático de los procesos de las operaciones se requiere determi---

nar: sus elementos; el estado inicial, medio y final de dichos procesos así como el curso de las operaciones.

El control automático de un proceso se efectúa a través del conocimiento de su estructura, de sus leyes y de su descripción algorítmica a partir de la cual se construirá la directriz que indique -- como controlar ese proceso. De ahí que la enseñanza programada deba -- atender a factores tales como: tareas, contenido de la programación -- y el conocimiento acerca de la estructura y leyes del proceso por -- programar.

En la enseñanza programada al elaborar un programa de enseñanza, se construye un "algoritmo de enseñanza". Un algoritmo de enseñanza es un programa o una directriz que sirve de guía al maestro -- para controlar la actividad del alumno. Este programa indica las operaciones que el profesor debe realizar ante las acciones de los alumnos. En este programa las acciones de los alumnos representan las -- condiciones lógicas.

La diferencia entre un "algoritmo de enseñanza" y la "enseñanza de un algoritmo" radica en que el segundo es un programa que -- sirve de guía al alumno para resolver un problema determinado. Este -- programa indica las operaciones que el alumno debe ejecutar con el --

material. En esta directriz las condiciones lógicas están representadas por los cambios de material.

En la enseñanza programada, un programa es un algoritmo -- de enseñanza a través del cual se enseñan algoritmos a los alumnos, ya que el programa hace las veces de un profesor. Cuando el programa no está bien elaborado no logra enseñar algoritmos.

El concepto de enseñanza programada y algoritmo de enseñanza tienen diferente significado. La enseñanza programada consiste en llevar a la práctica determinado algoritmo de enseñanza a través de dispositivos didácticos como son el texto programado y la máquina para la enseñanza; en tanto que cualquier programa-algoritmo puede enseñarse por otros medios.

La enseñanza programada posee algunas características de los algoritmos:

a. Retroalimentación operativa, tanto para el profesor como para los alumnos puesto que les indica con exactitud las operaciones a ejecutar ante determinadas condiciones lógicas.

b. Enseñanza individualizada, ya que el algoritmo se dirige al trabajo individual del alumno y no al trabajo con el grupo --- pues en este caso, se trataría de un algoritmo de enseñanza de gru--

po dado que sus integrantes poseen características similares. Este nivel promedio sólo tiene valor estadístico. Sin embargo esto no es suficiente para la enseñanza programada puesto que algunos alumnos pueden desviarse del nivel promedio, y la enseñanza programada enfatiza las diferencias individuales para poder adaptar la magnitud de los pasos al grado de desarrollo de cada alumno.

El nivel promedio puede ser útil para establecer la magnitud de los pasos siempre y cuando el programador una vez que elabore el programa basándose en él, lo aplique a los alumnos para modificar durante la enseñanza la magnitud de los pasos de acuerdo con el nivel real de desarrollo del alumno, y de ser necesario cambie el contenido.

Un medio que utiliza Lev Landa para establecer la magnitud de los pasos consiste en realizar un análisis de contenido que determine: 1) el nivel previo de desarrollo de los conocimientos y operaciones de los alumnos, 2) el contenido que el alumno podrá o no asimilar fácilmente y 3) las tareas (objetivos, exigencias) de la enseñanza.

Los dos primeros requisitos se pueden obtener a través del procedimiento descrito en las etapas para elaborar algoritmos de enseñanza que serán desarrolladas posteriormente.

La enseñanza programada se ha planteado la pregunta de --- si es posible algoritmizar el proceso de enseñanza, es decir crear un algoritmo universal de enseñanza. Tomando en cuenta que programar consiste en "describir el proceso de enseñanza como un sistema de operaciones unívocamente ejecutables, practicables con un orden que viene determinado por unas condiciones lógicas unívocamente --- controladas" (18), se concluye que no es posible crearlo ya que no pueden determinarse:

-- Todos los factores y condiciones de la enseñanza.

-- Todas las acciones del profesor ni sus reacciones ante las acciones del alumno.

-- Todas las acciones del alumno ni sus reacciones ante las acciones del profesor.

-- Todas las operaciones del alumno ante todos los posibles problemas por resolver.

Es decir, no pueden conocerse todos los fenómenos y procesos psicológicos y pedagógicos de la enseñanza. Sin embargo, dentro de la enseñanza es posible practicar la algoritmización de ----

aquellos procesos psicológicos cuyas leyes ya se conozcan y a --- a partir de las cuales puedan determinarse los factores que los - controlan. Estos factores a su vez serán incluidos en un algoritmo para ser controlados y dirigir el proceso de enseñanza.

La enseñanza programada controla la actividad del pro-- fesor y del alumno a través de los textos programados y las máqui-- nas para la enseñanza. A ésto se le ha denominado automatización de la enseñanza programada. La automatización de la enseñanza progra- mada está basada en las leyes del aprendizaje y la experiencia ob- tenida en la aplicación de programas. Lo cual está permitiendo a los programadores elaborar una metodología y una técnica de progra- mación exacta que les permita construir algoritmos de composición- de programas. Para ésto se están seleccionando y construyendo ejer- cicios dirigidos a formar habilidades y hábitos intelectuales en los alumnos.

Se le ha planteado a la enseñanza programada la convenien- cia de una automatización completa de los procesos algorítmicos, es decir, si su control se puede realizar únicamente a través de un a- parato didáctico (máquina y libro programado).

La enseñanza programada no recomienda el uso exclusivo -

del sistema cerrado "alumno-aparato didáctico" puesto que el programa puede presentar fallas y por lo tanto, no funcionar el algoritmo. En tal caso el alumno se verá obligado a consultar al maestro, pero esta comunicación -alumno-profesor- no es idónea debido a que es producto de las deficiencias del programa.

La enseñanza programada recomienda que en el proceso de --- enseñanza no se sustituya al profesor por el aparato didáctico, sino que sea el maestro quien determine en qué momento y en qué situacio-- nes usará estos dispositivos combinándolos con otras técnicas.

Tanto en la U.R.S.S. como en otros países se ha criticado a la enseñanza programada por considerar que no ha facilitado el des--- arrollo de los procesos de raciocinio. Sin embargo, esta deficiencia no es propia del método sino debida a la forma en que actualmente se elaboran los programas.

Lev Landa al analizar el método de enseñanza programada --- señala algunos aspectos importantes que han sido descuidados por los programadores. Estos son los siguientes.

-- Los programadores conceden importancia al orden lógico de presentación del contenido que se va a enseñar. La enseñanza determina un orden lógico de presentación, sin considerar que el contenido -

(conocimientos) de cada ciencia posee uno o varios órdenes que pueden o no ajustarse al establecido por la enseñanza. Además, descuidan tanto la determinación como la organización de las actividades del alumno; siendo esta organización la que permite reelaborar y asimilar la información transmitida.

-Cuando en un Programa se le pide al alumno una respuesta que deberá colocar en un espacio en blanco, no quiere decir que sea controlado el proceso de elaboración de la respuesta o que se esté provocando una actividad de raciocinio, ya que el alumno puede no haber comprendido la información y como consecuencia responder mecánicamente.

-Cuando un programa conduce al alumno a una lectura repetida, es decir, le presenta un cuadro de información con varias alternativas, y éste elige una opción incorrecta, es remitido a otro cuadro que presenta la misma información expresada en forma distinta.- En este caso se presupone que el alumno no comprendió la información sin tomar en cuenta que su error pudo deberse a que no encontró el método de resolución del problema, por lo que la simple repetición de la lectura no es suficiente para que lo resuelva, ya que el programa no controla el proceso de formación de éste método.

-Por medio de un programa ha sido posible controlar la información de entrada y la de salida (eslabón inicial y final respectivamente). Ambos representan los elementos externos de la cadena. Pero el control del elemento medio o eslabón medio se efectúa en un mínimo grado. El control que Skinner ha logrado del elemento medio se ha efectuado a través de establecer asociaciones sencillas en cada paso del programa, pero la formación de actividades no se limita a asociaciones simples; el hecho de completar espacios con respuestas elementales no significa controlar la formación de procesos complejos, ya que estos requieren la formación de varias cadenas que conducen de la entrada a la salida.

En los programas de Crowder el paso de la entrada a la salida es más largo porque existe mayor número de elementos intermedios. Crowder ha descuidado el control del elemento intermedio, prestando mayor atención a los errores cometidos por el alumno, porque considera que su análisis es suficiente para que el alumno comprenda la información, y corrija su error. Estos programas controlan

a través de los errores la conducta final que conduce a tomar en --- cuenta una sólo causa de error ignorando todas las posibles causas - que los originan como resultado del desconocimiento del eslabón me-- dio.

-- Los programas lineales y ramificados no propician el -- desarrollo de los procesos heurísticos y creadores. En los lineales, el problema conduce al alumno por medio de apuntes a encontrar la -- respuesta correcta, reduce en él su capacidad de búsqueda, limitan-- do su razonamiento creador.

En los programas ramificados, las alternativas pueden fun-- cionar como heurísticas, sin embargo, éstas se presentan en su for-- ma acabada, es decir, se da al alumno un campo determinado en el --- cual debe elegir la alternativa correcta, eliminando así la caracte-- rística de los procesos creadores, en donde el alumno tiene que se-- leccionar en un campo "indeterminado" la heurística que le permita - resolver el problema.

Ambos tipos de programas no crean en el alumno el autocon-- trol y la autoorganización, que desarrollan los procesos creadores - y heurísticos.

Los programadores soviéticos, entre ellos Lev Landa han logra

do representar procesos resolutivos por medio de algoritmos en la --  
enseñanza programada. También están interesados en lograr la forma--  
ción de procesos heurísticos y creadores.

La enseñanza programada establece que para formar procesos heurísticos en los alumnos es necesario: -conocer la estructura interna de estos procesos, es decir el mecanismo de los conocimientos y operaciones; -elaborar un sistema particular y uno general de reglas heurísticas; -crear métodos que permitan enseñar reglas heurísticas y formar procesos heurísticos; -descubrir los mecanismos de -- autoregulación de actividades heurísticas y elaborar un procedimiento para que el alumno encuentre y formule heurísticas por sí mismo. Para la actividad heurística se requiere una buena organización, -- generalización y actualización de los conocimientos en el campo de búsqueda. La organización de los conocimientos está dado por varios sistemas de relaciones, mientras mayor sea el número de sistemas -- de relaciones, la búsqueda de los conocimientos será mas fructífera para la resolución de un problema.

Los procesos creadores también pueden formarse a través - de programas. El hecho de que los programas tomen en cuenta la mag-- nitud de los pasos no excluye la autoorganización e independenciam --

de las operaciones en los procesos creadores ya que el control por la magnitud de los pasos no implica necesariamente la formación de operación tras operación, ni el control de operación tras operación. La enseñanza programada debe asegurar la obtención de cualquier magnitud del caso requerido para la formación de cualquier tipo de procesos, en este caso los creadores. La determinación de la magnitud de los pasos para los procesos creadores es un problema no resuelto hasta la fecha, pero se supone que esta magnitud debe ser mayor que en los procesos algorítmicos.

Ya que una de las tareas de la enseñanza programada consiste en determinar precisamente las acciones de los alumnos en cada paso con objeto de reaccionar adecuadamente ante ellas, en la formación de los procesos creadores, lo único que se ha podido lograr, es darse una idea o presuponer acerca de cómo el alumno buscará la solución. Esto permitirá al programador determinar las reacciones del programa ante las acciones de los alumnos.

Una de las tareas fundamentales que debe perseguir la enseñanza programada es la formación de procesos heurísticos y creadores.

### 3.4 Etapas para la elaboración de algoritmos de enseñanza.

Cuando se va a programar cualquier material de enseñanza - es necesario determinar por anticipado los algoritmos de enseñanza (guía o directriz que le permite al profesor controlar la actividad del alumno) así como la enseñanza de algoritmos (guía o directriz-- que permite al alumno resolver un problema determinado).

Por ahora únicamente se tratarán los "algoritmos de enseñanza".

Para la elaboración de algoritmos de enseñanza se requieren realizar varias etapas que a continuación se describen:

#### A. Determinación del contenido y del objetivo de enseñanza.

El programador debe establecer el contenido o campo de conocimientos que va a programar, así como determinar el objetivo de enseñanza o habilidades y hábitos que va a formar en los alumnos.

El objetivos de enseñanza se formula describiendo el estado final del conjunto de variables con sus respectivos valores numéricos o características cualitativas (vector).

Cuando se construye el vector se descompone la actividad-- mental ( conocimientos, habilidades, hábitos ) en sus elementos ---

(variables) y su grado de desarrollo , seleccionando aquéllos que contribuyan a la formación de dicha actividad.

B. **Determinación de los medios de conocimiento o de diagnóstico, de los procesos mentales.** El programador se enfrenta con el problema de determinar qué medios de conocimiento le permitirán diagnosticar la formación de los procesos mentales en los alumnos; o bien si utilizará para ello las pruebas diagnósticas.

La importancia de establecer los medios radica en que permiten determinar el grado de formación de los procesos en cada etapa de la enseñanza y por lo tanto controlarlos en forma eficaz.

El análisis de la conducta es uno de los medios que permite conocer los procesos mentales. Dado que éstos son internos sólo pueden conocerse a través de sus manifestaciones externas o actos de conducta, es decir, en forma directa. Para ésto es necesario encontrar aquellos actos de conducta que sean indicadores de ciertos procesos mentales. La dificultad radica en el hecho de que un mismo proceso puede aparecer en distintos actos de conducta o --

bien un mismo acto de conducta puede aparecer en diferentes procesos mentales.

Las pruebas diagnósticas usadas para determinar los procesos mentales y sus indicadores adolecen del defecto de que el programador considere ciertos actos de conducta como indicadores de un proceso, cuando en realidad no lo son. Por ejemplo cuando el profesor desea que el alumno domine un concepto, la prueba diagnóstica le permite formarse un juicio acerca de si el alumno domina o no el concepto. En la prueba el alumno puede definir el concepto correctamente, sin embargo no implica el dominio del mismo, ya que su respuesta puede ser resultado de la simple memorización y no de su aplicación. También suele darse el caso de que lo aplique y no lo defina correctamente; o bien que lo aplique sin tener un dominio perfecto, de ahí que lo utilice correctamente en algunos problemas de una clase determinada y en otros de la misma clase fracase, es decir las pruebas diagnósticas sólo proporcionan una información insuficiente para determinar el dominio perfecto de los actos de conducta de los procesos mentales.

Un medio más para conocer los procesos mentales y formular afirmaciones precisas acerca de los indicadores de los mismos,

consiste en analizar el conjunto de sistema de actos de conducta de un determinado proceso y en formular un sistema de tareas que propicie la práctica de tales actos. Es conveniente que ese sistema de tareas forme parte del programa de enseñanza y así conocer con certeza la formación o no de los procesos mentales en los alumnos, permitiendo su control.

C. Determinación de los valores numéricos de las variables del estado final.

Una tarea más del programador consiste en determinar el grado de desarrollo del proceso a formar, esto es, especificar los criterios para valorar y medir la formación de dichos procesos y en tal caso saber qué etapa de la formación de ciertos procesos se considera como dominio.

D. Determinación de los valores numéricos de las variables del estado inicial.

El programador también debe conocer el grado de dominio de los actos de conducta que desea formar en el alumno, es decir, describir el estado inicial (vector) de las variables. Cuando el alumno no posee un grado de dominio de los procesos la variable inicial tendrá un valor numérico de cero, y si ya posee algún de

minio, las variables adoptarán otros valores. El propósito de conocer el estado inicial es el de empezar la enseñanza a partir de ese valor o dominio previo de los procesos.

Si a través de la enseñanza el alumno logra pasar del -- estado inicial al final quiere decir que el problema didáctico ha sido resuelto, es decir, se han formado en el alumno los procesos mentales.

Las cuatro etapas anteriores constituyen el planteamiento didáctico o sea, los procesos que se van a formar en los alumnos y los medios para determinar el estado inicial y final de dichos procesos.

"La resolución del problema didáctico" consiste en que el profesor debe:

-- Buscar los medios de enseñanza o acciones didácticas para producir en el alumno la transformación del estado inicial en final. Esta búsqueda representa un problema de raciocinio.

Cuando la transformación puede obtenerse a través de un algoritmo el programador debe construirlo y aplicarlo.

-- Aplicar dichos medios o acciones didácticas sobre el alumno para lograr la transformación de estados.

minio, las variables adoptarán otros valores. El propósito de conocer el estado inicial es el de empezar la enseñanza a partir de ese valor o dominio previo de los procesos.

Si a través de la enseñanza el alumno logra pasar del -- estado inicial al final quiere decir que el problema didáctico ha sido resuelto, es decir, se han formado en el alumno los procesos mentales.

Las cuatro etapas anteriores constituyen el planteamiento didáctico o sea, los procesos que se van a formar en los alumnos y los medios para determinar el estado inicial y final de dichos procesos.

"La resolución del problema didáctico" consiste en que el profesor debe:

-- Buscar los medios de enseñanza o acciones didácticas para producir en el alumno la transformación del estado inicial en final. Esta búsqueda representa un problema de raciocinio.

Cuando la transformación puede obtenerse a través de un algoritmo el programador debe construirlo y aplicarlo.

-- Aplicar dichos medios o acciones didácticas sobre el alumno para lograr la transformación de estados.

Esta aplicación representa un problema práctico.

Estos dos puntos unificados dan como resultado la resolución del problema didáctico.

E. Determinación del orden de estados en la transición -- del estado inicial al final.

Para resolver el problema didáctico (pasar del estado --- inicial al final) el programador debe incluir en el programa didáctico (algoritmo de enseñanza) el conjunto de estados por los cua--- les el alumno debe atravesar para llegar al estado final. Para ---- ello, el programador considerará:

-- El orden de la enseñanza según su contenido, es decir-- el orden en el cual se estudiarán los conceptos, temas etc.

-- El orden de las etapas de trabajo acerca de ese conte-- nido.

Al elaborar el programa se tomará en cuenta tanto el aspecto lógico (orden de presentación del contenido) como el psicológico (el orden de asimilación de las operaciones).

F. Determinación de los géneros de actividad del alumno-- que aseguran el paso de estado a estado.

Es necesario organizar la actividad de los alumnos para--

para evitar que por sí solo pase del estado inicial al final. El -- profesor además de transmitir la información debe organizar la ac-- tividad del alumno para que éste la asimile y reelabore, y así lo -- grar la formación de los procesos y el objetivo de la enseñanza.

La organización de la actividad consiste en determinar -- los problemas, las tareas y los medios para resolverlos.

Para ello el profesor debe:

-Determinar qué tipos o géneros de actividad formarán -- cada uno de los procesos mentales. Es decir las variables que per-- miten alcanzar el estado final.

-Descomponer la actividad en sus componentes u operacio-- nes.

-Determinar un orden lógico de ejecución y formación de -- esas operaciones.

-Determinar qué tipo de tareas provocarán esas operacio -- nes que asegurarán el estado final.

G.Determinar los tipos de tareas que aseguren la ejecu---- ción por los alumnos de los géneros de actividad.

Para que el alumno realice una actividad, el profesor -- tiene que organizarla, comunicar la información al respecto y dar --

le una tarea concreta con las instrucciones para realizarla.

Quando se determinan las tareas se están buscando las acciones didácticas que provocan la actividad deseada.

Al hacer ésto, se presentan varios problemas:

-Encontrar los tipos de acciones didácticas o tareas que provocan la actividad deseada y que contribuyen a la formación de los procesos.

-Conocer todas las posibles consecuencias o cualidades didácticas que puedan provocar cada género de tarea.

-Comparar las cualidades didácticas o psicológicas de cada uno de los géneros, y a su vez comparar éstas con las que se obtienen como resultado de las acciones y así elegir la que resuelva el problema y la que provoque el mayor número de consecuencias psicológicas útiles.

-Si las acciones didácticas o tareas conocidas no son útiles hay que construir otras tareas que provoquen la actividad deseada.

H. Determinación de los medios de reacción ante las acciones de los alumnos y ante sus resultados (en particular ante sus errores). El alumno es un sistema controlable y a la vez es un sis-

tema autocontrolable y auto-organizable. El control de la enseñanza consiste en conducir al alumno al estado final a través de las acciones didácticas o tareas.

En la enseñanza programada el control se realiza a través de dos medios:

-- Control de entradas. Consiste en proporcionar al alumno el material, las tareas e indicaciones para ejecutarlas.

-- Control de las salidas. Consiste en analizar las respuestas del alumno y las reacciones posteriores a éstas.

La cadena está formada por el eslabón inicial (entradas)-el final (salidas) y el eslabón medio (procesos mentales los cuales reelaboran la información). El inicial y el final son factores-externos, con el primero comienza la actividad mental y concluye -- con el segundo.

La enseñanza programada hasta el momento sólo ha controlado el eslabón inicial y el final, pero no ha ejercido control directo sobre el eslabón medio. Cuando el alumno comete un error, únicamente se le señala, pero no se le dan indicaciones de como pensar-para resolver el problema.

Para construir un algoritmo de enseñanza que permita con-

trolar el eslabón medio, es necesario describir previamente las acciones del maestro y las posibles reacciones de las respuestas del alumno así como, las reacciones del maestro ante las acciones de -- los alumnos para llegar al estado final. También es necesario que -- en ese algoritmo de enseñanza se determinen:

-- Los motivos psicológicos del error ya que un mismo --- error, puede tener diversas causas, las cuales se precisa conocer -- para reaccionar adecuadamente ante el error. La enseñanza programada, hasta ahora ha controlado el error pero sin diagnosticar sus -- posibles causas.

-- El medio o métodos para resolver problemas es decir, -- qué hacer, cómo hacerlo y qué operaciones mentales hay que hacer -- para resolverlo.

-- Un método para enseñar o formar en el alumno un sistema de operaciones (paso anterior).

Puede decirse que la construcción de un algoritmo de enseñanza requiere la realización de todas las etapas citadas anteriormente.

## C O N C L U S I O N E S

El propósito de esta tesis es dar a conocer la aplicación y utilidad de los algoritmos en la enseñanza programada.

Los resultados obtenidos en el campo de la enseñanza programada, a través de sus técnicas más conocidas (lineal, matemática y ramificada), han servido de base para encontrar una técnica que controle en forma eficaz tanto la actividad del profesor como la del alumno. Esta técnica es la programación por algoritmos cuyo iniciador y consolidador es el científico soviético Lev N. Landa.

En la enseñanza tradicional, a diferencia de la programada, se enfatiza la actividad del profesor sin tomar en cuenta la del alumno, quien también debe hacer algo con la información recibida. Por el contrario, en la enseñanza programada se hace hincapié en la actividad del alumno y se descuida la del profesor. La enseñanza programada hasta ahora se ha ocupado únicamente de las conductas externas del alumno sin considerar las internas. Esto trae como consecuencia que no se detecten las posibles causas de error que el alumno comete durante el proceso de resolución.

ción de problemas. Tampoco ha dado la debida importancia a la formación de actividades creativas en los alumnos.

La programación por algoritmos atiende tanto las actividades del profesor como las del alumno. El programa está preparado, al igual que el profesor, para responder a todas las posibles acciones del alumno y también para propiciar que éste emita todas las posibles respuestas ante los diversos problemas que se le presenten. Por consiguiente, ambas actividades se encuentran tan estrechamente relacionadas y de tal forma, que el control del proceso enseñanza-aprendizaje es más eficaz.

Además de las conductas que se desean implantar en el alumno a través del programa, éste debe realizar otro tipo de operaciones que le permitan transferir sus conocimientos y habilidades a otras áreas de estudio, durante el proceso de resolución de problemas. Estas operaciones se denominan analítico-sintetizadoras.

Se ha mencionado que las técnicas de programación más conocidas han servido de base para programar por algoritmos.

Las contribuciones de la programación lineal que se -

aplican a la programación por algoritmos son: la descripción operacional de las conductas y los procesos de generalización, discriminación y encadenamiento.

La definición operacional de la conducta propuesta por Skinner, equivale a la descripción del estado inicial y final da do por Landa para determinar la directriz que llevará al alumno a la solución del problema.

Skinner propone realizar un análisis de contenido pero no indica como hacerlo. Landa señala que es necesario conocer la estructura lógica del contenido a programar, con el propósito de que el alumno identifique las relaciones entre sus elementos y pueda aplicar las operaciones analítico-sintetizadoras, para trans formar el material inicial en final.

Skinner y Landa coinciden en la importancia que se debe atribuir al desarrollo en los alumnos de los procesos de generali zación, discriminación, y encadenamiento, con objeto de que ocu\_ rra el aprendizaje.

El proceso de generalización descrito por Skinner, es equivalente a la generalización de conocimientos y habilidades -

del de Landa. Por medio de este proceso, el alumno podrá transferir sus conocimientos y habilidades a todos los problemas que pertenezcan a una clase dada.

El proceso de discriminación tiene lugar durante el proceso de actualización de Landa, en el cual el alumno identifica el tipo de problemas de que se trate para emitir las operaciones que le permitan, posteriormente, transformar el material inicial.

El encadenamiento se da en ambos tipos de programación, pero en la de Skinner únicamente se controla la conducta externa, en tanto que en la de Landa se controlan la conducta externa y la interna.

Gilbert, a través de su técnica enfatiza el análisis de los estímulos y las operaciones, así como también los procesos de generalización, discriminación y encadenamiento.

Landa a través de la programación por algoritmos describe todas las posibles respuestas que un alumno puede emitir ante un sólo problema. Por el contrario, Gilbert describe una sola respuesta ante un sólo problema.

Crowder, en su programación ramificada utiliza los -- errores cometidos por el alumno a lo largo del programa, para - que éstos le señalen el camino a seguir; sin embargo, no les ha dado la importancia que merecen. Landa va más allá, al utilizar los errores de los alumnos para diagnosticar todas las posibles causas y no considerar que éstos sólo pueden atribuirse a una - causa específica.

De todo lo señalado se concluye que la programación - por algoritmos viene a resolver algunos aspectos que las técnicas citadas no han atendido. Además esta programación también enfa\_ tiza el desarrollo de actividades creativas y de operaciones -- analítico-sintetizadoras en los alumnos. Incluye algoritmos de conocimiento y de transformación. Los primeros permiten al alum\_ no desarrollar operaciones de actualización que lo lleven a deter\_ minar la clase de problemas de que se trate, así como también a determinar las operaciones que aplicará posteriormente, para ob\_ tener la solución. Los segundos, le permitirán desarrollar las operaciones sintetizadoras que lo llevarán a transformar el mate\_ rial para lograr el objetivo propuesto. Es decir, los algorit\_ mos desarrollan en el alumno operaciones analítico-sintetizadoras

las cuales podrán utilizar en la resolución de problemas de cualquier área de estudio. De ahí, que sea necesario crear un método general de raciocinio.

Durante el desarrollo de esa tesis, se dió a conocer el origen de los algoritmos y su utilidad en el campo de la enseñanza programada. Lo ideal habría sido presentar también su proceso de elaboración. Este objetivo no se logró debido a limitaciones como: la falta de estudios o trabajos realizados sobre el tema, en nuestro país; la escasa bibliografía disponible y la casi total ausencia de autores, maestros o estudiantes que hayan tratado el mismo, con quienes habría sido muy valioso cambiar impresiones.

A pesar de ello, tuvimos la fortuna de comunicarnos con el autor de este enfoque de la enseñanza, a quien agradecemos su desinteresada colaboración y ayuda. Su orientación podrá servir de base para esclarecer las incógnitas que han surgido durante la elaboración de este trabajo, entre las cuales podemos mencionar: cómo integrar en un programa los algoritmos de enseñanza y la enseñanza de algoritmos; cómo

elaborar directrices que controlen la actividad del alumno al re solver problemas en cualquier área; conocer el grado y la forma en que la Lógica Simbólica auxilia a la programación por algoritmos; ahondar en los procesos cognoscitivos que tienen lugar durante el aprendizaje.

Este trabajo habrá cumplido su cometido en la medida en que motive a aquellos que de alguna manera se interesan en el mejoramiento de la enseñanza, a seguir investigando sobre es te tema y posteriormente, aplicarlo en nuestros planteles educativos.

## G L O S A R I O

## APRENDIZAJE

Cambio de conducta debida a la experiencia.

## APUNTES

Estímulos empleados en los cuadros de un programa para ayudar al alumno a emitir la respuesta correcta.

## CAMPO O LIMITE OPERANTE

Número de objetivos conductuales que son incluidos en una secuencia de un programa matético, dependiendo de la complejidad de las conductas que describen y de las características de la población.

## CADENA DE ESTIMULOS Y RESPUESTAS

Secuencia ordenada de estímulos y respuestas, en la que una respuesta (R) conduce a un estímulo (E) el cual, tiene doble función: cuando éste es anterior a la respuesta funciona como estímulo discriminativo ( $E^D$ ), y cuando es posterior como estímulo reforzante ( $E^R$ ).

## CONDICIONAMIENTO OPERANTE

1) Conjunto de principios acerca de la conducta de un organismo y sus relaciones con el medio ambiente.

2) Proceso en el cual la frecuencia con que está ocurriendo una conducta es modificada o alterada debido a sus consecuencias o estímulos ambientales.

#### CONTINGENCIA DE REFUERZO

Variabes ( $E^D$  --- R ---  $E^R$ ) que deben estar presentes para que tenga lugar el aprendizaje.

Las características y la frecuencia con que ocurre una respuesta operante (R) depende de los eventos que la anteceden o estímulos discriminativos ( $E^D$ ), y de aquellos que la siguen o estímulos reforzantes ( $E^R$ ). Los primeros controlan la conducta debido a que están presentes cuando la operante es reforzada. Los segundos, aumentan la probabilidad de ocurrencia de la misma.

#### ESTÍMULO DISCRIMINATIVO ( $E^D$ )

Eventos ambientales que anteceden o acompañan a las operantes incrementando su probabilidad de ocurrencia cuando han sido reforzadas en presencia de esos mismos estímulos.

#### ESTÍMULOS REFORZANTES O REFORZADORES ( $E^R$ )

Eventos ambientales que siguen a las operantes incrementando su probabilidad de ocurrencia en el futuro. Además, contribuyen a que esa operante esté bajo el control de los estímulos que están presentes cuando es reforzada.

#### EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE

Actividades (situaciones) adecuadas que proporcionan oportunidades al alumno de practicar la conducta implicada en los objetivos.

#### HABILIDAD

"Congruente ejecución de acciones mediante la elección y aplicación de procedimientos, tomando en consideración determinadas condiciones y obteniendo los resultados debidos". (Definición del profesor N. D. Levitov). (18).

#### MODELO DIALECTICO

Operación mental nueva derivada de pautas ya existentes.

#### OBJETIVO

Descripción de la conducta observable que ejecutará el estudiante a través de las experiencias de aprendizaje dadas en un ciclo de instrucción.

#### PROGRAMA

"Secuencia de material cuidadosamente ordenada y organizada de manera que asegura las mejores condiciones de aprendizaje posibles para el alumno". (21)

## B I B L I O G R A F I A

1. Anderson, Faust, Roderick.      "Current Research on Instruction".  
Prentice-Hall., Inc.  
United States of America, 1969.
  
2. Ardila Rubén.                      "Psicología del Aprendizaje".  
Siglo XXI Editores, S. A.  
México, 1971.
  
3. Ashby Ross W.                      "An Introduction to Cybernetics".  
Chapman & Hall LTD and  
University Paper Backs, 1970.
  
4. Barber Guy.                         "L' Enseignement Assisté Par  
Ordinateur".  
Casterman. Paris, 1971.
  
5. Birukov E. V.                      "Análisis Metodológico del Con-  
cepto de Algoritmo en Psicolo-  
gía y en Pedagogía relacionado  
con los Problemas de Enseñanza".  
Traducción. UNESCO, 1969.

6. Calvin D. Allen. "Estudios Sobre Enseñanza Programada".  
Editorial Limusa-Wiley, S. A.  
México, 1971.
7. Carrillo García E. "La Enseñanza Programada: Factores Comunes y Tres Diferencias".  
Tesis Profesional para Optar por el Grado de Licenciatura.  
U. N. A. M., México, 1971.
8. Couffignal L. y otros. "La Cibernética en la Enseñanza".  
Editorial Grijalbo, S. A.  
México, 1968.
9. De Montmollid Par M. "L' Enseignement Programmé".  
Presses Universitaires de France.  
Paris, 1971.
10. Escobar Edmundo. "ABC de la Enseñanza Programada".  
Colección Futuro.  
México, 1970.
11. Fry Edward. "Máquinas de Enseñar y Enseñanza Programada".  
Editorial Magisterio Español, S.A.  
Madrid, 1963.



17. Kay H., Dodd b., Sime M.      "La Técnica de la Instrucción Programada".  
Editorial Paidós.  
Buenos Aires, 1970.
18. Landa Lev N.      "Cibernética y Pedagogía".  
Editorial Labor, S. A.  
Barcelona, 1972.
19. Landa Lev N.      "Una Investigación Acerca de la Lógica Matemática y la Teoría de la Información a Algunos Problemas de la Enseñanza".  
UNESCO, 1969.
20. Leith G.O.N. and  
E. Peel and W. Curr.      "A Handbook of Programmed Learning"  
Robert Cunningham and Sons, LTD.  
Great Britain, 1966.
21. Lysnaught Jerome P. y  
Williams Clarence M.      "A Guide to Programmed Instruction"  
John Wiley and Sons, Inc.  
United States of America, 1963.

22. Meyer Markle Susan. "Instrucción Programada, Análisis de Cuadros Buenos y Malos".  
Editorial Limusa-Wiley, S.A.  
México, 1971.
23. Norman Balabanian. "La Enseñanza Programada".  
I. P. N.  
México, 1970.
24. Ossgood Charles E. "Curso Superior de Psicología Experimental".  
Editorial Trillas, S. A.  
México, 1969.
25. Pocztar Jerry. "The Theory and Practice of Programmed Instruction".  
UNESCO.  
Paris, 1972.
26. Pohl L. "Significado e Importancia de los Algoritmos en la Enseñanza de las Lenguas Vivas".  
UNESCO 1969.



33. Taber, Glaser y Schaefer. "Learning and Programmed Instruction".  
Eddison-Wesley.  
Massachusetts, 1965.
34. Trajtenbrot B. A. "Introducción a la Teoría Matemática de las Computadoras y de la Programación".  
Editorial Siglo XXI, S. A.  
México, 1973.
35. Unwin Derick and  
Leedham John. "Aspects of Educational Technology".  
Methuen & COLTD.  
London, 1966.
36. Wiener Norbert. "Cibernética y Sociedad".  
Editorial Sudamericana.  
1948.