

TERCERA PARTE

IV. APLICACION DEL CONSTRUCTO A UN CASO CONCRETO: APRENDIZAJE DE FISICA TEORICA CON ESTUDIANTES DE INGENIERIA.

Dentro del enfoque cognitivo de la comunicación se intentará plantear una técnica de aprendizaje autodirigido de la Física teórica.

El supuesto general es que en el libro de texto se expresa el paradigma dominante en la materia y que el reconocimiento de su estructura comunicativa permitirá comprender los contenidos, solucionar, y crear problemas teóricos.

La revisión de las teorías cognitivas y la crítica-epistemológica previas, orientan a realizar las preguntas - generales de la investigación:

- ¿Cómo se puede reconocer la estructura comunicativa del libro de texto?
- ¿Cómo el aprendizaje de la estructura comunicativa del texto y sus leyes de relación permitirá:
 - * Comprender el contenido,
 - * Solucionar problemas planteados por el autor, y
 - * Crear problemas teóricos?.

El intento de plantear una técnica comunicativa de aprendizaje autodirigido de la Física teórica se basará en la aplicación del constructo comunicativo del aprendizaje - en la materia a un curso de Física teórica para alumnos de la carrera de Ingeniería. En el desarrollo de las clases -

se tratará de responder a las preguntas generales de indagación, sobre las cuales se fincará el intento.

IV.1. DATOS GENERALES DEL CURSO

- Título: Cómo aprender más de prisa los contenidos de la Física teórica (la referencia a más de prisa corresponde el planteamiento de Jerome S. Bruner del reconocimiento de la estructura básica de la materia para facilitar su aprendizaje).

- Propósito: El curso es una instancia teórico-práctica que intentará precisar las bases teóricas para elaborar una técnica comunicativa del aprendizaje autodirigido de la Física teórica.

El presupuesto del cual se parte es que el mundo - - construido de la Física teórica es una macroestructura de - - objetos con leyes de relaciones.

- Procedimiento: El curso tendrá destinadas dos horas semanales de clase, donde se combinarán dinámicas de exposición magisterial, y de trabajo individual y grupal.

Se trata de una indagación en la cual se buscará -- cumplir dos fases complementarias:

Fase 1

* Reducción de la distorsión en el proceso de conocer-comunicar.

- Enseñanza y aplicación del procedimiento de análisis de la macroestructura de los objetos en los discursos del libro de texto y en los relatos escritos de los alumnos.
- Estudio de las distorsiones de los alumnos respecto a la estructura teórica planteada por el autor en el libro de texto, y de la fuente de las mismas, mediante la aplicación de entrevistas y cuestionarios.



Fase 2

- * Hacia una estrategia de solucionar y plantear problemas.
 - Análisis de la macroestructura de un tema del libro de texto y confrontación de la misma con el análisis sintáctico de problemas referidos a tal tema, con el objeto de lograr su solución.
 - Intento de plantear problemas conociendo la estructura básica de la comunicación de la Física teórica.
- Alumnos: El curso se dirige a alumnos de tercer semestre de la carrera de Ingeniería del ITESO, Guadalajara (supone que los mismos tienen cursados uno o dos semestres de la materia y bases en el conocimiento del cálculo).
- Lapso: Agosto-noviembre de 1989.
- Lugar: Aula B-112, ITESO, Guadalajara.
- Día y hora: Miércoles, de 12:00 a 14:00 hrs.

IV.2. PROCESO DE RESPUESTA A LAS PREGUNTAS.

IV.2.1. Pregunta 1: ¿Cómo reconocer la estructura comunicativa del libro de texto?

- El libro de texto de Física teórica a estudiar fue elegido por los alumnos en el aula: Física para estudiantes de Ciencias e Ingeniería de Robert Resnick y David Halliday - (México, CECOSA, diferentes ediciones). El criterio de elección fue que es un texto que los profesores usan casi siempre en la enseñanza de la materia, en la carrera. La evaluación de los contenidos del mismo y sus posibilidades de comprensión hecha por los alumnos situó al texto como difícil (v. en el Apéndice 1: Diario de campo 1).

- Inicialmente, el reconocimiento de la estructura comunicativa del libro de texto se basó en el método de descomposición macroestructural de discursos en los objetos referentes de la significación⁽¹⁾. El mismo parte del supuesto de que los discursos de las personas se pueden descomponer en sus objetivos de referencia, los cuales son los objetos que pertenecen al campo de la significación hablada - (los significados de los objetos son el resultado y el proceso de configuración del mundo de los individuos a partir de su conocimiento y experiencia).

Para trabajar el análisis se separan los enunciados en frases con mínimo de sentido. Después se rescatan de ellas los objetos (físicos, sociales y metaobjetos) como --

unidades que presentan relaciones, dejando de lado los verbos.

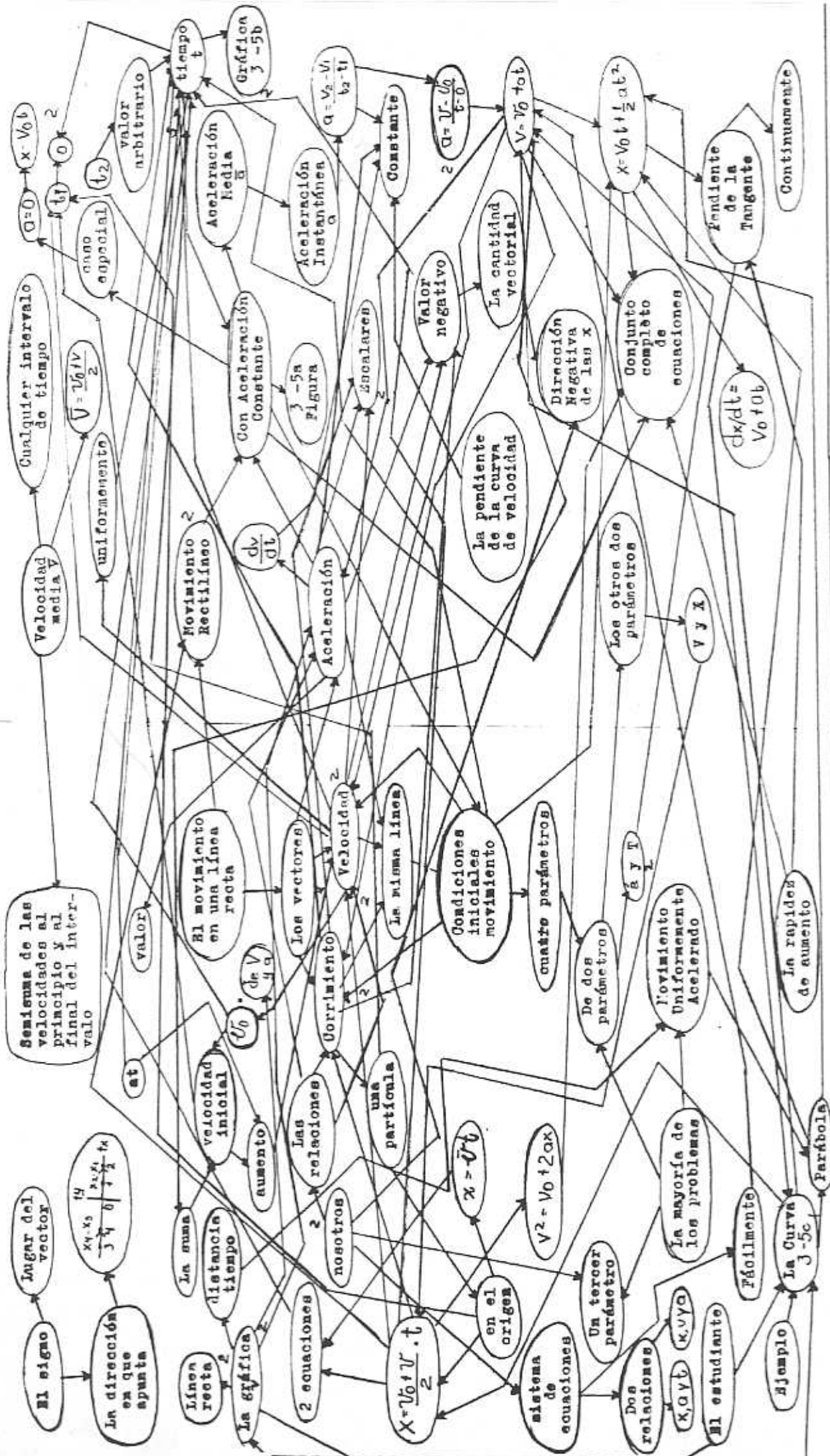
Este procedimiento fue presentado a consideración de los alumnos (v. en el apéndice 1: Diario de campo 2). Lo primero que llamó la atención en el análisis del tema 3.7 - "Movimiento rectilíneo con aceleración constante" del libro de texto (edición de 1961, pp. 62-65) fue que los objetos predominantes eran los metaobjetos, lo cual permite detectar un alto nivel de abstracción en el planteamiento comunicativo de la Física teórica del mismo (v. en el Apéndice 1: Diario de campo 3, anexo 2).

El mismo análisis del tema hizo observar, también, que el método no permitía comprender con claridad la materia, debido a que no analizaba el discurso en forma ordenada: el resultado del análisis se presenta como una red enmarcada donde es difícil comprender la organización del discurso, la relación de los lenguajes natural y formal, y el orden de la argumentación (v. figura 1).

Entre los autores de libros de Física teórica es común reconocer que la materia se plantea como una unidad y que el estudio de sus capítulos debe ser ordenado.⁽²⁾ Ello muestra que el discurso de la comunicación de la Física teórica lleva un orden que debe ser respetado para su aprendizaje y análisis.

Figura 1: Análisis Macroestructural no argumentativo del tema 3.7. "Movimiento Rectilíneo con Aceleración -- constante" (Libro de texto, edición de 1961).

(Ver página 112)



Tal situación llevó a variar la forma de trabajar - el análisis macroestructural de la comunicación de la Física teórica. A partir de la concepción de la naturaleza del mundo del filósofo de la ciencia Karl R. Popper* se dividió la estructura de la comunicación de la materia según la referencialidad de sus objetos en:

MUNDO REAL	MUNDO CONSTRUIDO	
(físico)	LENGUAJE NATURAL (abstracciones del mundo físico expresadas en lenguaje conceptual)	LENGUAJE FORMAL (Abstracciones del mundo físico expresadas en el lenguaje de las matemáticas)

En el trabajo de análisis del discurso del libro de texto se operaría por párrafos, respetando el orden de la argumentación: allí, se desglosarían los objetos de la macroestructura y sus relaciones, asignando a cada uno su lugar de pertenencia al mundo real o al mundo construido.

El procedimiento de análisis fue impartido a los alumnos en clase magisterial (ver en el apéndice 1: Diario de campo 4), quiénes hicieron la aplicación del mismo al te

*Según la concepción de Karl R. Popper, el mundo se divide en tres submundos objetivos:

Mundo 1 FISICO	Mundo 2 MENTAL	Mundo 3 DE OBJETOS DE PENSAMIENTO POSIBLES
-------------------	-------------------	--

El mundo mental es el mediado entre el mundo físico y el de los objetos de pensamiento posibles: la mente es el órgano de interacción con los objetos de pensamiento posibles, al comprenderlos, desarrollarlos, utilizarlos y hacerlos repercutir sobre el mundo físico. (3)

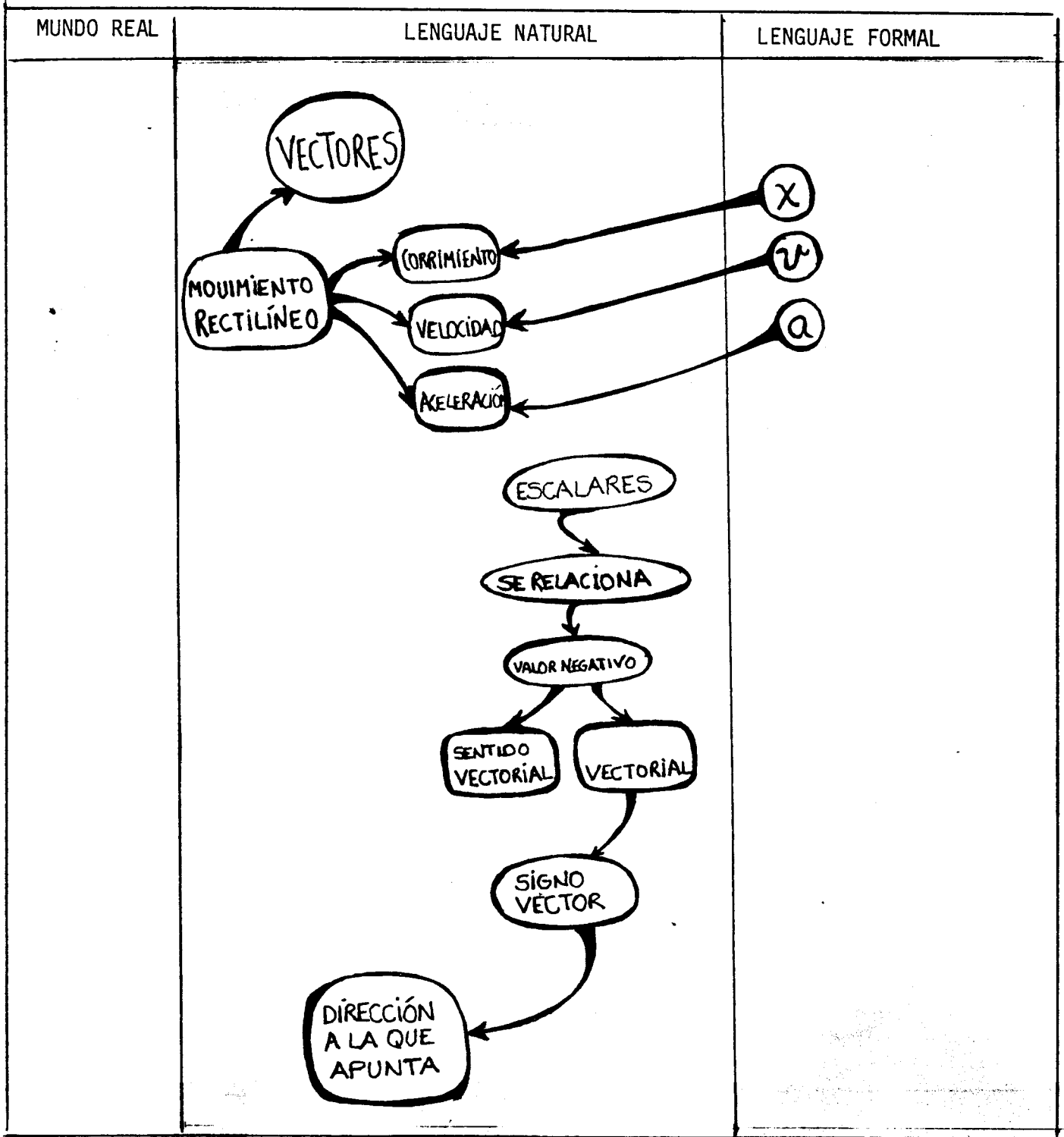
ma "Movimiento rectilíneo con aceleración constante" de -- dos libros de texto correspondientes a ediciones diferentes (1961 y 1988) (ver en el apéndice 1: Diarios de campo 4 y 5).

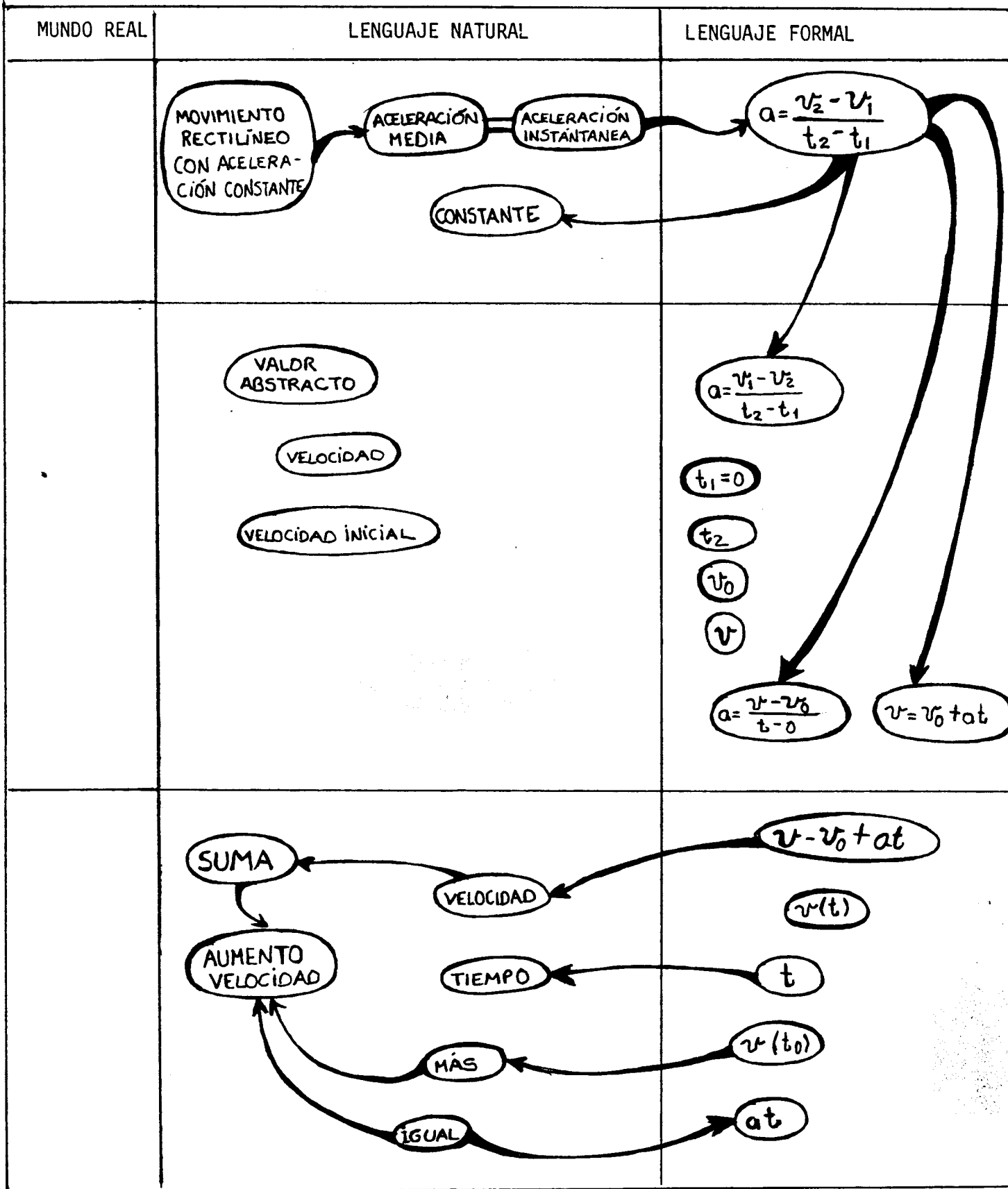
Las macroestructuras resultantes del trabajo grupal (ver figuras 2 y 3) permiten apreciar la estructura básica de la comunicación de la Física teórica para el tema, en -- dos ediciones diferentes del libro de texto. La misma se puede descomponer en objetos con leyes de relación referencial que son planteadas con un orden argumentativo.

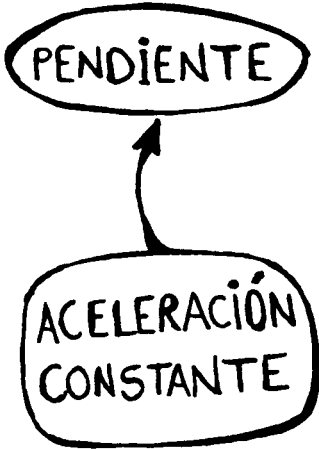
Los objetos predominantes en el discurso son los Metaobjetos o construcciones ideales de lo real que trabajan bajo la combinación del lenguaje natural y el lenguaje formal.

El manejo del lenguaje tiene que ver con las posibilidades de traducción comunicativa: e.g. la figura 2 expresa la estructura de la edición más antigua del tema, donde se plantea el mismo con una introducción vectorial; en tanto en la figura 3 de la edición más nueva, hay un planteamiento -- sin vectores y con mayor uso de lenguaje natural. Pero también tiene que ver con el planteamiento de conclusiones cualitativas (ideas fundamentales expresadas con el lenguaje -- natural) y cuantitativas (desarrollo de las ideas fundamentales con el lenguaje formal y su referencialidad).

Figura 2
 Análisis Macro-estructural
 Tema 3.7. "Movimiento rectilíneo con aceleración constante"
 Fecha: 6-IX-1989.
 (del texto: Física para estudiantes de Ciencias e Ingeniería, México, CECSA 1961, pp.62-65)





MUNDO REAL	LENGUAJE NATURAL	LENGUAJE FORMAL
	 <p>A hand-drawn diagram in the center of the 'LENGUAJE NATURAL' column. It consists of a rounded rectangular box at the bottom containing the text 'ACELERACIÓN CONSTANTE'. An arrow originates from the top of this box and points upwards to an oval shape containing the text 'PENDIENTE'.</p>	

MUNDO REAL	LENGUAJE NATURAL	LENGUAJE FORMAL
	<p>VELOCIDAD CAMBIA UNIFORMEMENTE</p> <p>VELOCIDAD MEDIA</p> <p>SEMISUMA DE VELOCIDAD INICIAL MAS VELOCIDAD FINAL</p> <p>GRÁFICA (v; t) NO SERÍA LÍNEA RECTA</p> <p>PORQUE</p> <p>SERÍA INCORRECTA SI a ≠ CTE</p>	<p>$\bar{v} = \frac{v_0 + v}{2}$</p>
	<p>CORRIMIENTO PARA UNA PARTÍCULA QUE ESTÉ EN EL ORIGEN EN T=0</p> <p>SUFICIENTES PARA OBTENER TODA LA INFORMACIÓN DEL MOV. CON a CONSTANTE</p>	<p>OBTENEMOS</p> <p>$d = \bar{v}t$</p> <p>$x = \bar{v}t$</p> <p>$x = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t$</p>
	<p>CORRIMIENTO x</p> <p>ACELERACIÓN a</p> <p>VELOCIDAD v</p> <p>TIEMPO t</p> <p>CUATRO PARÁMETROS DEL MOVIMIENTO</p> <p>Si a = CTE</p> <p>CONOCIENDO DOS PARÁMETROS OBTENEMOS LOS OTROS DOS.</p>	

MUNDO REAL	LENGUAJE NATURAL	LENGUAJE FORMAL
	<p>MAYORÍA DE LOS PROBLEMAS CON MOVIMIENTO UNI-ACELERADO</p> <p>SE CONOCEN DOS PARÁMETROS Y BUSCAMOS UNO.</p> <p>DEBEMOS HACER RELACIONES ENTRE 3 DE LOS 4 PARÁMETROS</p>	
	<p>TIENE v, a, t PERO NO x</p> <p>TIENE v, x, t PERO NO a</p> <p>NECESITAMOS DOS ECUACIONES MÁS</p> <p>UNA CON x, a, t PERO NO v</p> <p>UNA CON x, v, a, t PERO NO t</p>	<p>$v = v_0 + at$</p> <p>$x = \frac{v_0 + v}{2} \cdot t$</p> <p>$x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$</p> <p>$v^2 = v_0^2 + 2ax$</p>
	<p>CONJUNTO COMPLETO DE ECUACIONES PARA EL MOVIMIENTO CON ACCELERACIÓN CONSTANTE SI PARTÍCULA EN ORIGEN $t=0$</p> <p>SI NO ESTÁ EN EL ORIGEN</p> <p>A LAS ECUACIONES SE LES CAMBIA x POR $x - x_0$</p>	

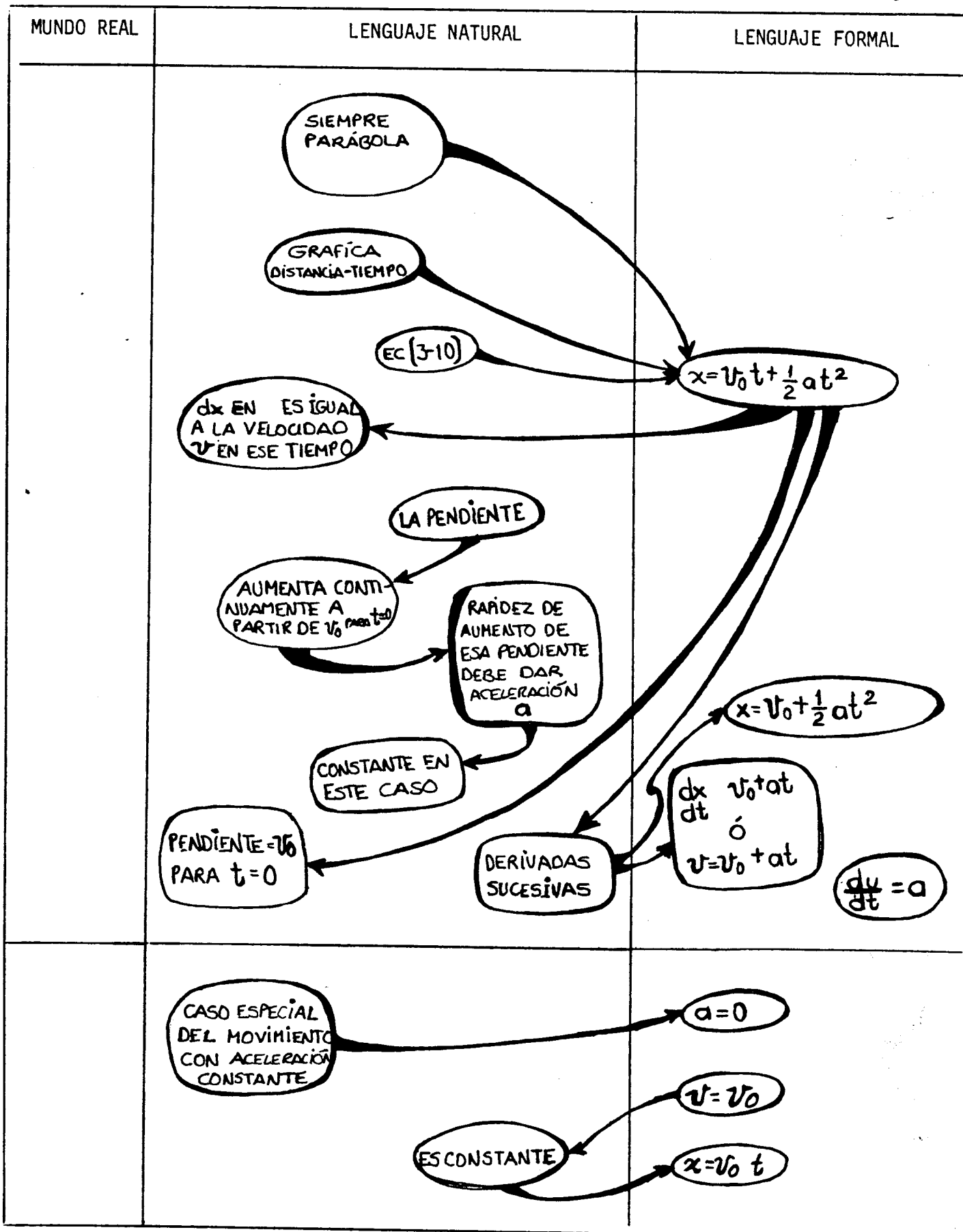


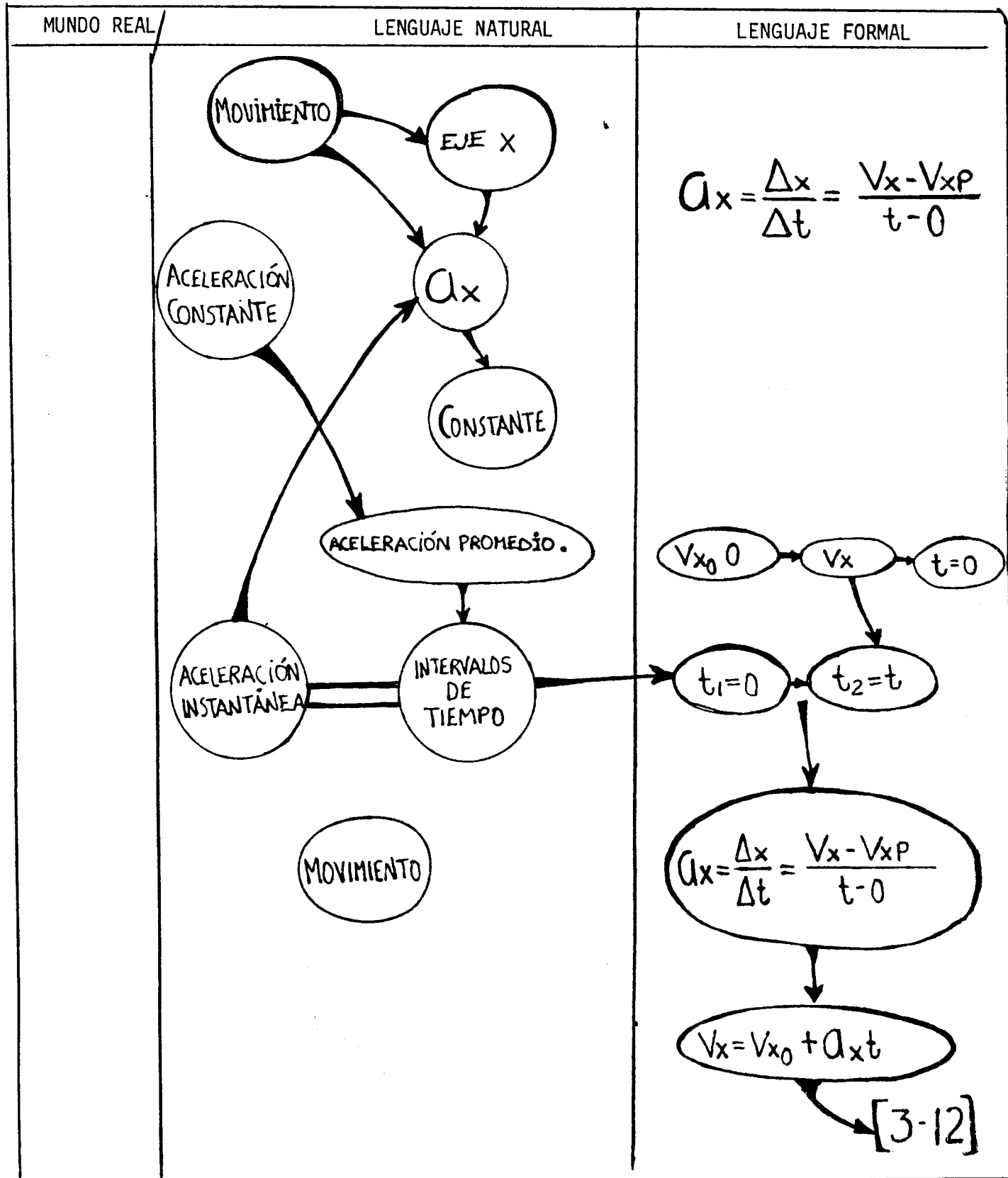
Figura 3:

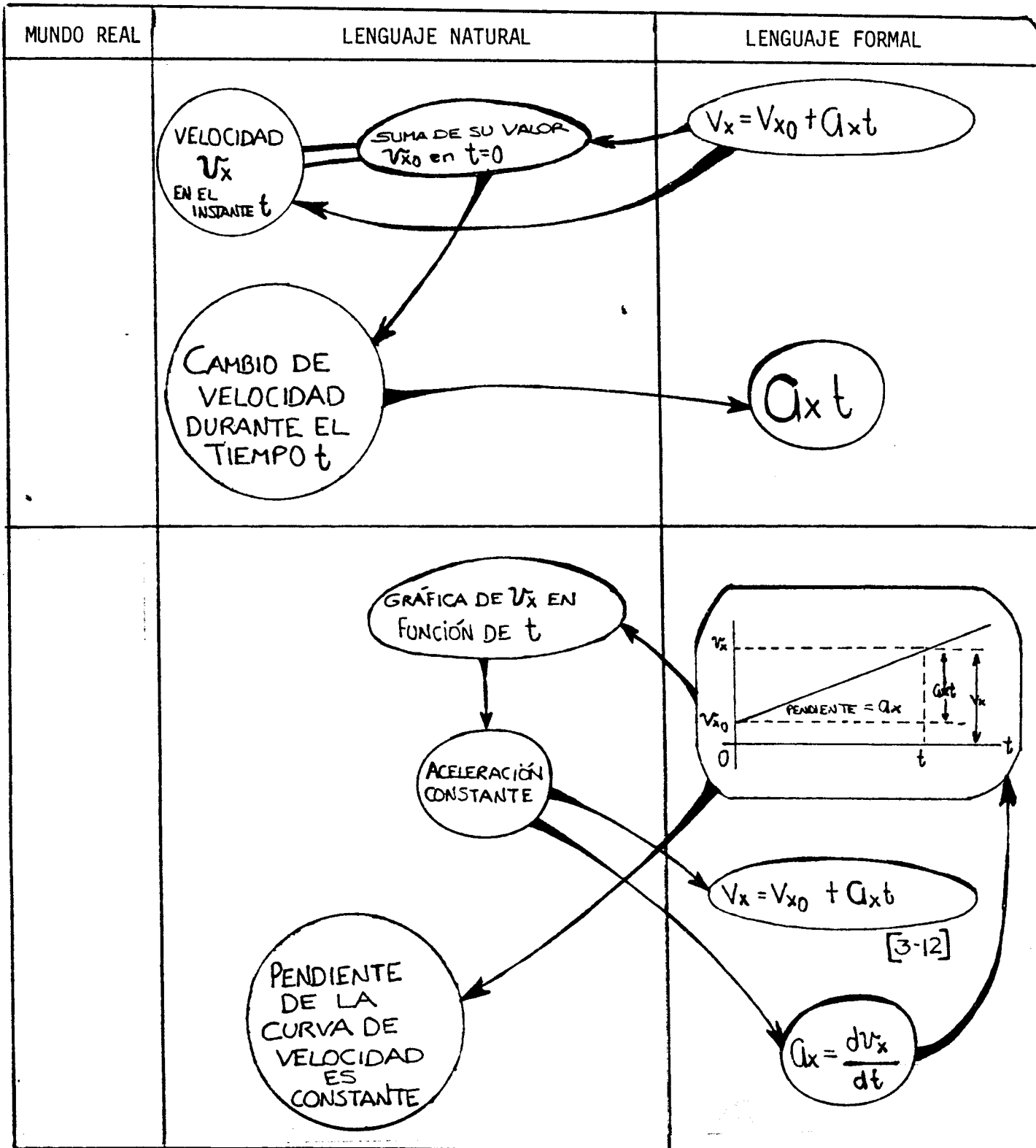
Análisis Macro-estructural

Tema: 3.8. "Movimiento en una dimensión con aceleración constante".

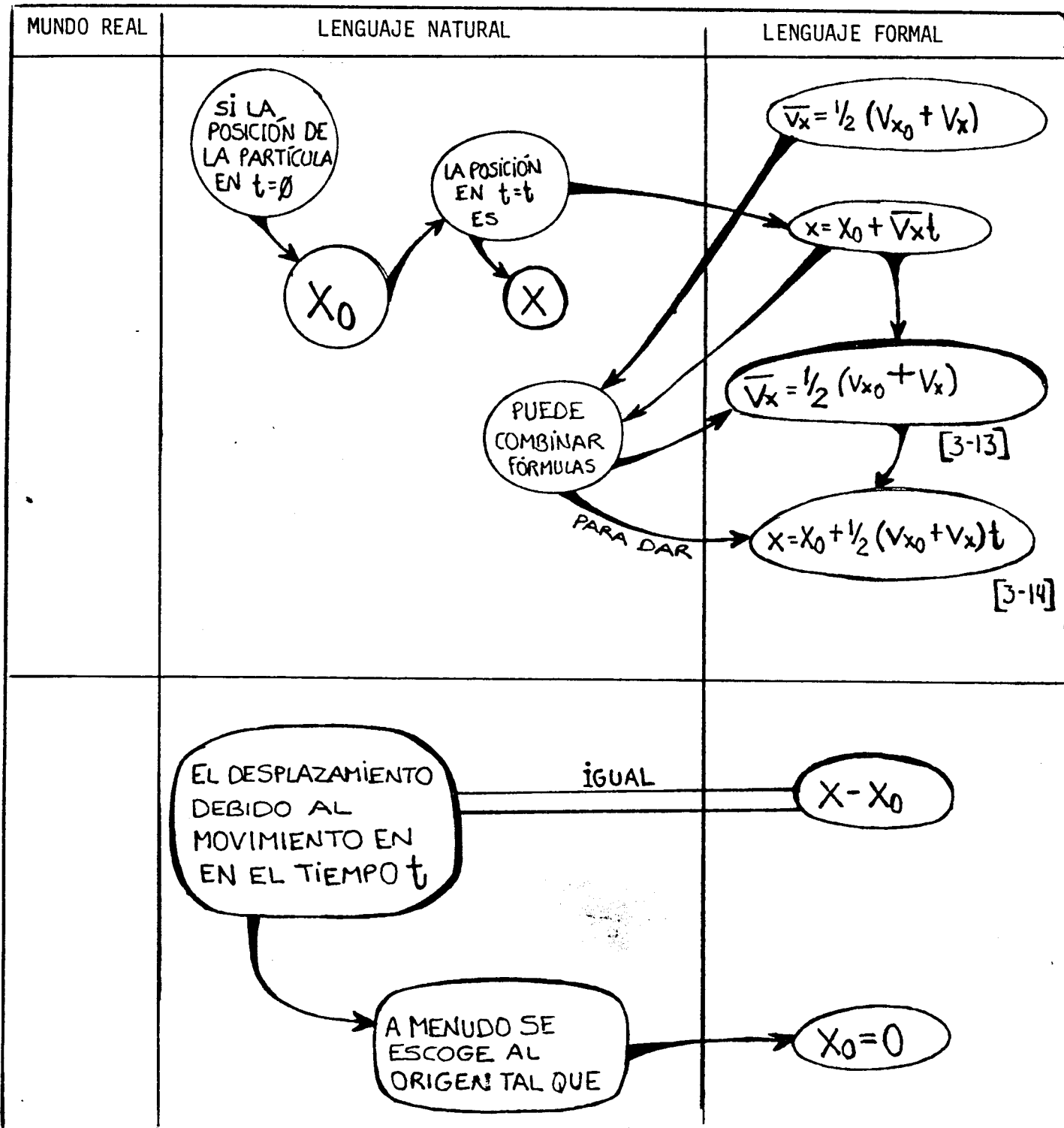
Fecha: 6-IX-1989.

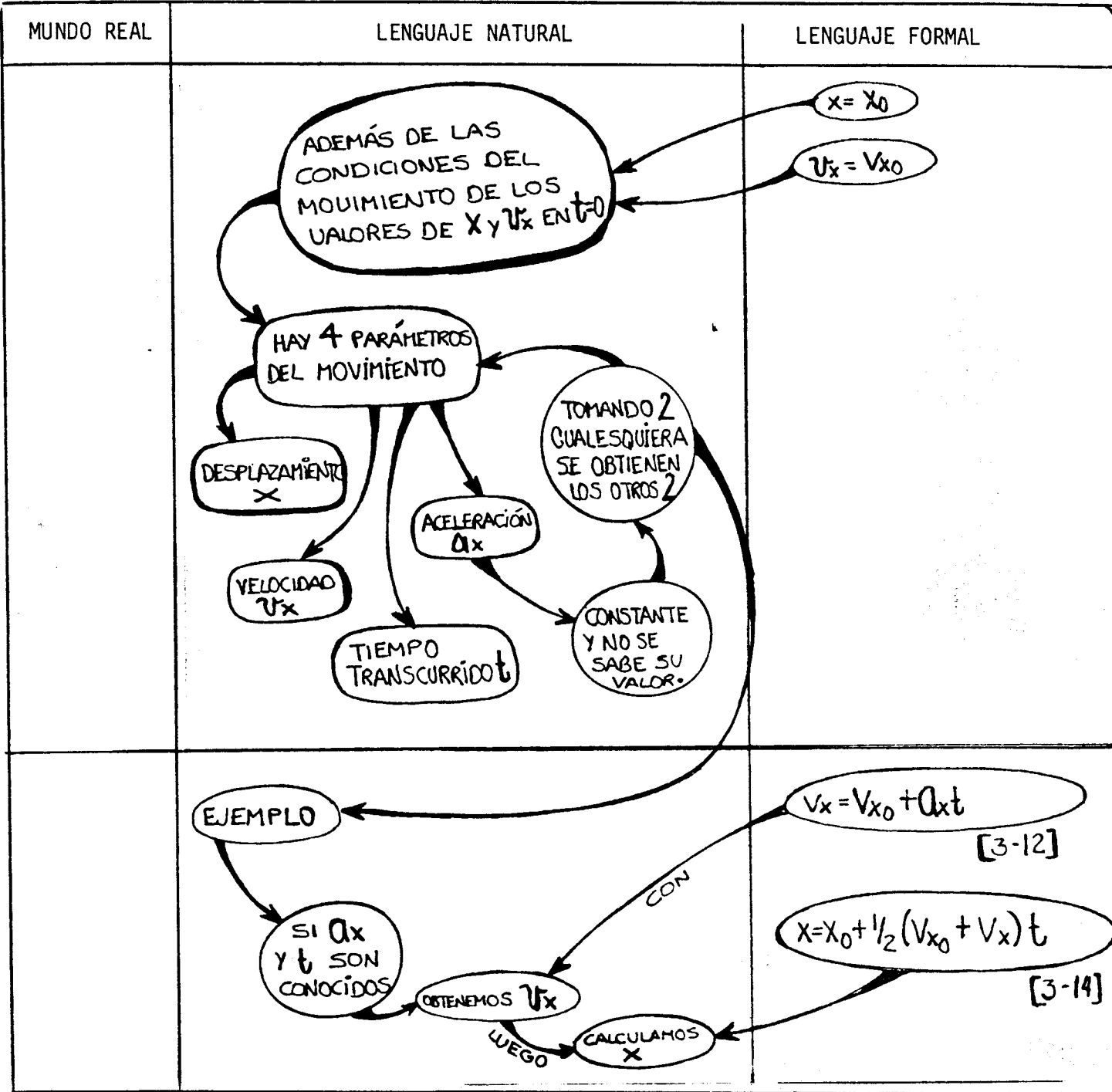
(Del texto: Física para estudiantes de Ciencias e Ingeniería. México, CECSA, 1988, pp. 49-51).

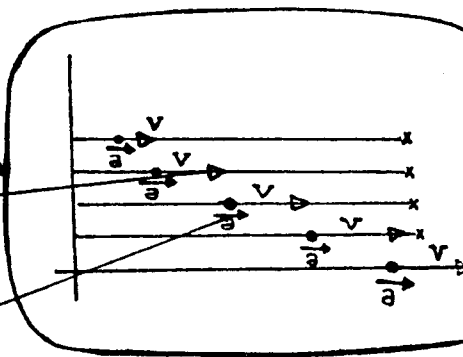
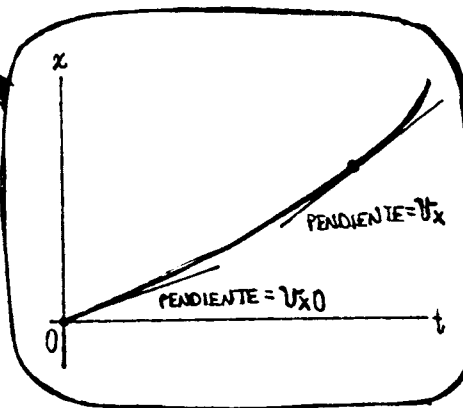


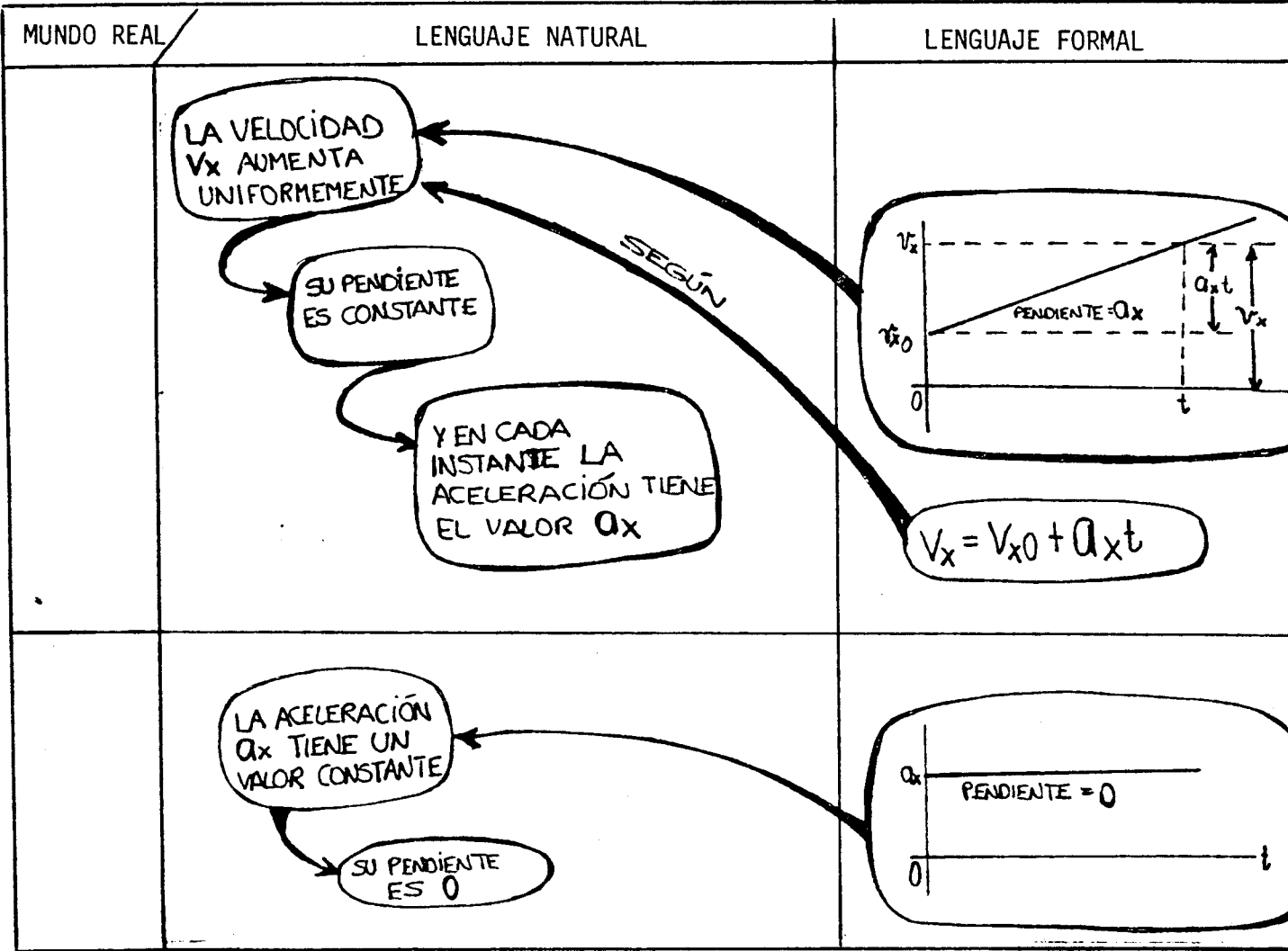


MUNDO REAL	LENGUAJE NATURAL	LENGUAJE FORMAL
	<p>CUANDO VELOCIDAD v_x CAMBIA UNIFORMEMENTE CON EL TIEMPO.</p> <p>VALOR PROMEDIO</p> <p>EN CUALQUIER INTERVALO DE TIEMPO</p> <p>SUMA DE TODOS LOS VALORES DE v_x AL PRINCIPIO Y AL FINAL DE DICHO INTERVALO</p> <p>v_x ENTRE $t=0$ Y $t=t$</p>	<p>$\bar{v}_x = \frac{1}{2}(v_{x0} + v_x)$</p> <p>[3-13]</p>
	<p>ESTA RELACIÓN NO SERÍA CIERTA SI LA ACELERACIÓN NO ES CONSTANTE</p> <p>ENTONCES</p> <p>LA CURVA EN v_x EN FUNCIÓN DE t NO SERÍA UNA RECTA.</p>	<p>$\bar{v}_x = \frac{1}{2}(v_{x0} + v_x)$</p> <p>[3-13]</p>





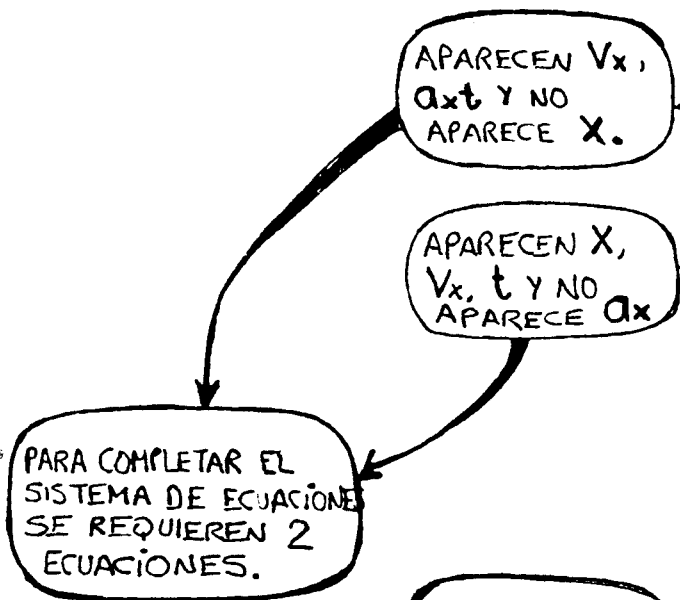
MUNDO REAL	LENGUAJE NATURAL	LENGUAJE FORMAL
	<p>5 INSTANTÁNEAS SUCESIVAS DE UN MOVIMIENTO RECTILÍNEO CON ACELERACIÓN CONSTANTE</p> <p>LAS FLECHAS DE LAS ESFERAS REPRESENTAN A v</p> <p>LAS FLECHAS DE ABAJO REPRESENTAN A a</p>	
	<p>EL DESPLAZAMIENTO AUMENTA CON EL CUADRADO DE t</p> <p>SU PENDIENTE AUMENTA UNIFORMEMENTE</p> <p>EN CADA INSTANTE TIENE EL VALOR v_x QUE ES LA VELOCIDAD</p>	 <p>$x = v_{x0}t + \frac{1}{2} a_x t^2$</p>



MUNDO REAL

LENGUAJE NATURAL

LENGUAJE FORMAL



APARECEN V_x , $a_x t$ Y NO APARECE x .

$V_x = V_{x0} + a_x t$ [3-12]

APARECEN x , V_x , t Y NO APARECE a_x

$x = x_0 + \frac{1}{2} (V_{x0} + V_x) t$ [3-14]

PARA COMPLETAR EL SISTEMA DE ECUACIONES SE REQUIEREN 2 ECUACIONES.

UNA QUE CONTENGA A x , a_x Y t PERO NO A V_x

OTRA QUE CONTENGA A x , V_x , a_x . PERO NO A t

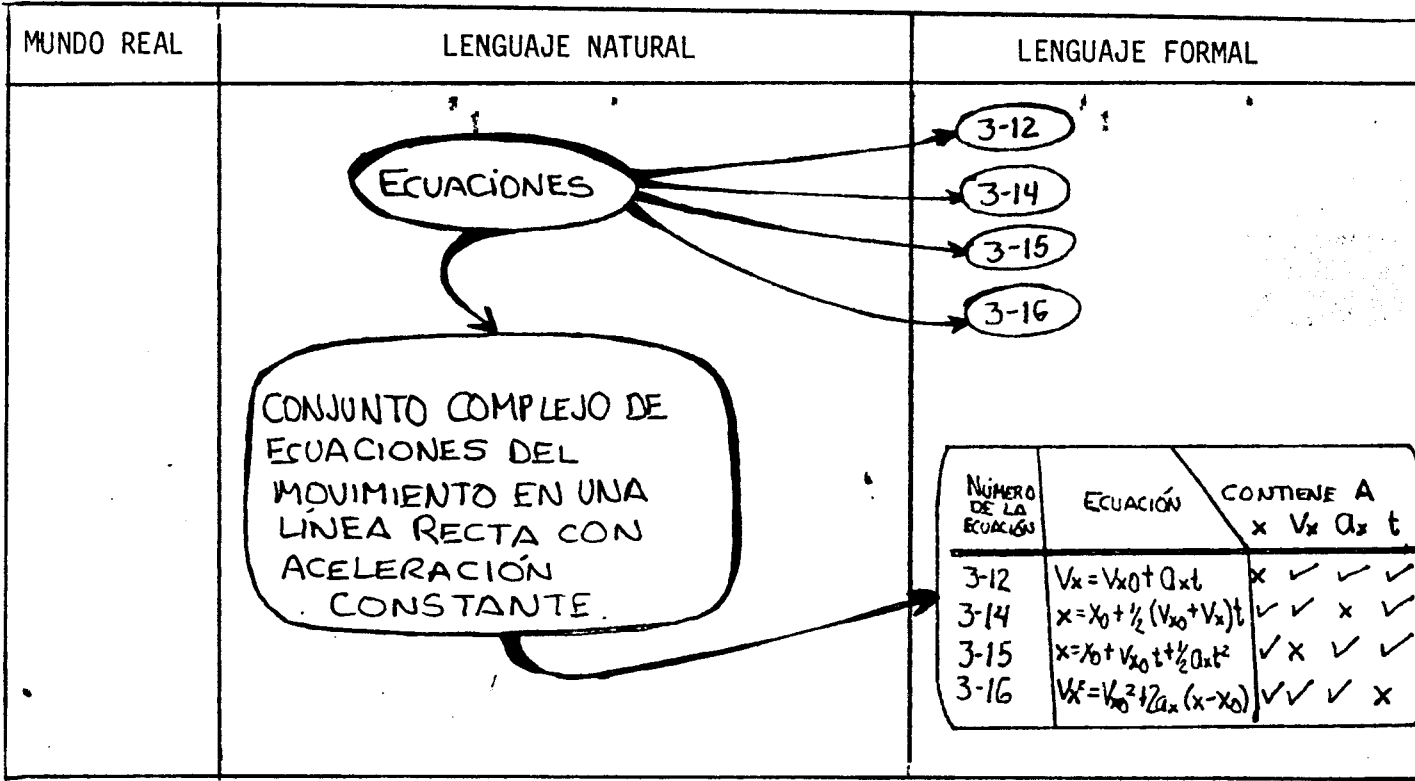
SUSTITUYENDO EL VALOR DE V_x Y ELIMINÁNDOLO SE OBTIENE

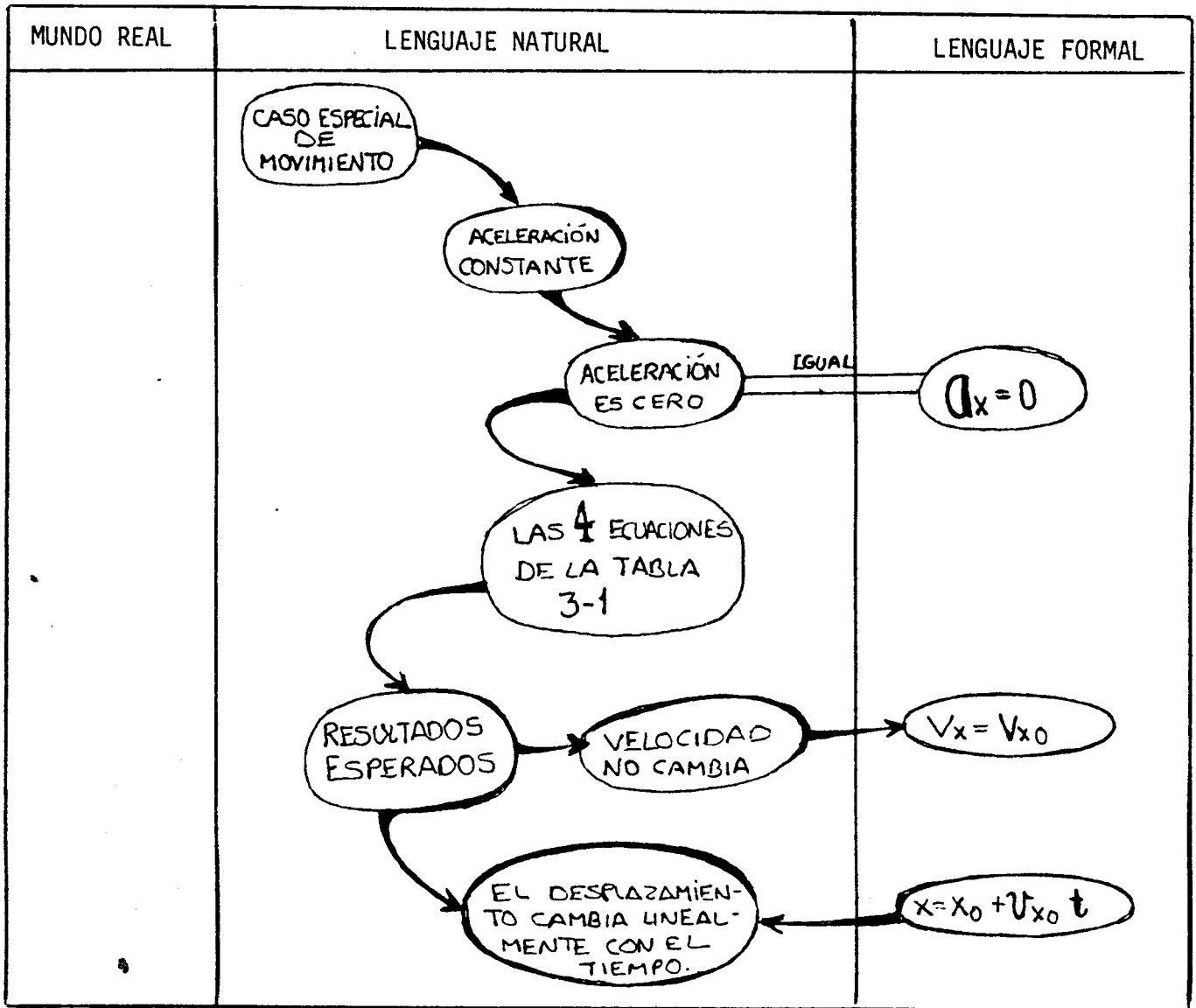
$x = x_0 + V_{x0} t + \frac{1}{2} a_x t^2$ [3-15]

DESPEJANDO t Y SUSTITUYENDO ESTE VALOR EN t

SE OBTIENE

$V_x^2 = V_{x0}^2 + 2a_x(x - x_0)$ [3-16]





Fuente: Elaboración grupal.

Las propiedades cognitivas de la estructura comunicativa de la Física teórica se pueden detectar, por ejemplo en la lectura que hacen los alumnos y en la memorización -- que hacen del texto original:

- Los alumnos reconocen que la edición nueva del libro es más fácil de leer, y agregan que las partes del texto expresadas en lenguaje natural, diagramas y gráficos son las más sencillas (v. cuadro 1) (Ver en el Apéndice 1: Diario de campo 6);
- Los mismos memorizaron las principales definiciones del tema en forma diferencial (c. cuadro 2).-- Cada uno hace predominar algún tipo de lenguaje -- como recurso de memorización para reconstruir las ideas básicas del tema leído (en este caso, los alumnos ya conocían el tema porque lo habían estudiado el semestre anterior): e.g. el alumno B del Cuadro 2 usa los recursos expresivos de la estructura comunicativa de la Física teórica (mundo -- real y lenguajes del mundo construido) y tiende a lograr la memorización más amplia del grupo.

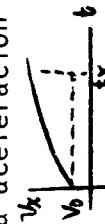
CUADRO 1

Diferencias y posibilidades de comprensión de los libros de texto, según opinión de los alumnos.

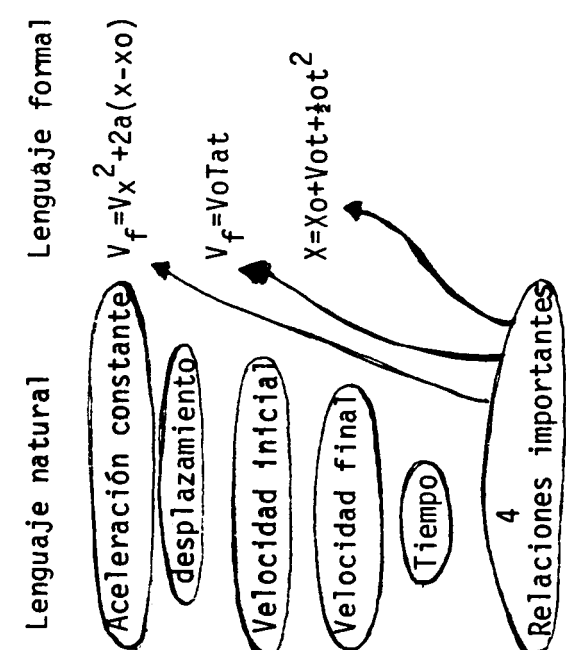
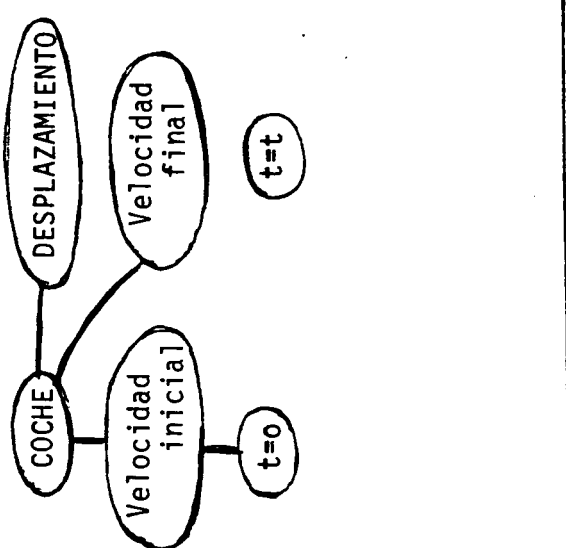
ALUMNO	DIFERENCIAS ENTRE LOS DOS TEXTOS	PARTES MAS FACILES O MAS DIFICILES DEL TEXTO
A	<p>-La forma en que el autor explica los temas.</p> <p>-La nueva edición evita-- conceptos innecesarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> *Es más concisa *Usa lenguaje cotidiano pero eficiente *Explica las fórmulas paso a paso y tiene un resumen del tema a manera de formulario. 	<ul style="list-style-type: none"> - Las partes más fáciles son los párrafos que explican las gráficas o las fórmulas. - Las más difíciles son en las que se hace combinación de fórmulas para obtener otras nuevas.
B	<p>-La nueva edición es más directa (admite que su respuesta ha sido influida por los comentarios del profesor).</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Lo más fácil fue el comienzo y fue complicándose poco a poco.
C	<p>-En la edición antigua hay vaguedad en los conceptos toma por hecho que el alumno ya tiene experiencia en el lenguaje que utiliza.</p> <p>-En la edición nueva el autor trata de ser más didáctico y se olvida un poco más del rollito.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Las partes más fáciles cuando ya se construían las fórmulas y en base a ellas se hacían las explicaciones de las gráficas y su aplicación. - Las más difíciles fueron los rodeos que se dan para deducir las fórmulas y definiciones con mucho rollo.

ALUMNO	DIFERENCIAS ENTRE LOS DOS TEXTOS	PARTES MAS FACILES O MAS DIFICILES DEL TEXTO
D	<p>-El texto antiguo utiliza palabras menos claras, lo que hace que el texto sea difícil de entender, quizá con el tiempo se dieron cuenta que se hacía complicado el entender, trataron de buscar otras palabras para decir lo mismo.</p>	<p>- La parte más difícil fue tratar de entender lo que realmente quiere decir el autor, por lo que llegó a las fórmulas.</p>
E	<p>-La nueva edición es más didáctica, mejor estructurada y con ideas más claras que la edición vieja.</p> <p>-Parece que se eliminaron de la edición vieja los conceptos que no son relevantes para este curso.</p> <p>Yo creo que estas diferencias se deben a la evolución misma del texto, la experiencia del autor, los comentarios, sugerencias y nuevos métodos didácticos.</p>	<p>- Los párrafos más fáciles fueron aquellos que presentaban gráficas y expresiones del lenguaje formal.</p>

Memorización de las principales definiciones del tema del libro de texto, por conocimiento previo, recuerdo y definición de un enunciado.

ALUMNO	CONOCIMIENTOS PREVIOS SOBRE EL TEMA	DEFINICIONES QUE RECUERDAS DEL TEXTO	DEFINE EL ENUNCIADO
A	<p>No completamente, pero ya tenía nociones por haber llevado un curso de física anteriormente.</p>	<p>LN - Graf (B)</p> <p>-Movimiento con aceleración constante, cuando la aceleración es constante, - entonces la aceleración promedio es - igual a la aceleración instantánea.</p> <p>- $v_x = v_0 + a_x t$</p> <p>Indica la velocidad en cualquier tiempo.</p> <p>-Existen cuatro parámetros: desplazamiento, tiempo, velocidad y aceleración; conociendo dos de ellos se determinan los demás.</p> <p>-La gráfica de velocidad contra tiempo da como resultado una línea recta que indica la aceleración constante.</p> 	<p>Coche que corre por Av. López Mateos.</p> <p>- $v_x = v_0 + a_x t$</p> <p>"¿Cuál es la velocidad a la que debo ir, si tengo que llegar al ITESO en diez minutos para examen y estoy en López Mateos en la Minerva y voy con la misma aceleración en el viaje?"</p>
C	<p>Sí, en la preparatoria estudié un poco; pero la hacían ver más simple sin tanto enredo.</p>	<p>LF (B)</p> <p>- $a = v/t$</p> <p>Fórmula de la aceleración constante.</p> <p>- $x = vt$</p> <p>La distancia es igual a la velocidad por el tiempo.</p>	<p>-Movimiento en una dimensión con aceleración variable.</p>

ALUMNO	CONOCIMIENTOS PREVIOS SOBRE EL TEMA	DEFINICIONES QUE RECUERDAS DEL TEXTO	DEFINE EL ENUNCIADO: Coche que corre por Av. López Mateos.
B	<p>Sí, ese material de alguna forma lo he visto antes en la preparatoria y aún en la secundaria, aunque claro está con algunas variaciones.</p>	<p>MR-LN-LF-Graf (P)</p> <ul style="list-style-type: none"> -Una partícula: sin volumen y que no ocupa espacio, pero en la práctica podemos considerar algunos objetos como partículas, tales como una bala, una pelota, un automóvil o un avión, ya que sólo nos interesa su movimiento o desplazamiento total. -Desplazamiento: diferencia entre la posición inicial y final del móvil $\int_{t_0}^{t_1} v dt$ <ul style="list-style-type: none"> -Velocidad: relación entre la distancia recorrida y el tiempo necesario para recorrerla. V media $= \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}$ $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t}$ $v = \frac{ds}{dt}$ <p>-Aceleración: es la relación entre el cambio de velocidad y el tiempo que se necesitó para dicho cambio.</p> <p>A media $= \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$</p> $a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad a = \frac{dv}{dt}$ <ul style="list-style-type: none"> -Movimiento Uniformemente acelerado: es aquel que va cambiando su velocidad uniformemente a través del tiempo. 	<p>-Partícula con movimiento rectilíneo, con aceleración variable.</p>

ALUMNO	CONOCIMIENTOS PREVIOS SOBRE EL TEMA	DEFINICIONES QUE RECUERDAS DEL TEXTO	DEFINE EL ENUNCIADO:
D	Los estudiados en el curso de Física I.	<p style="text-align: center;">LN (B)</p> <p>La definición de velocidad final, -- está relacionada con la velocidad -- inicial, la aceleración y la distancia que se recorre.</p>	<p>Coche que corre por Av. López Mateos.</p> <p>Aplicaría la fórmula anterior, suponiendo que la aceleración del coche es constante y el coche tiene una salida y un destino, o por lo menos conocemos la distancia entre los dos puntos.</p>
E	Tomé este curso hace un año por lo cual ya tenía conocimientos previos del tema.	<p style="text-align: center;">LN-LF (B)</p> <p>Lenguaje natural Lenguaje formal</p>  <p style="text-align: center;">4 Relaciones importantes</p>	

* MR = Mundo real; LN=Lenguaje natural; LF=Lenguaje formal; Graf=gráficos.
 (B) = Recuerdo básico
 (P) = Recuerdo profundo.

Fuente: Elaboración propia.