

# ADAPTACION BIBLIOGRAFICA

## USO DE ESTRATEGIAS FACILITADORAS DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN LOS CURSOS DE FISICA INTRODUCTORIA\*

RICARDO CHROBACK

Tucumán 368 - CP 8328 - Allen, Río Negro, Argentina.

Universidad Nacional del Comahue, Fac. de Ingeniería

### ABSTRACT

*While students do learn some reading and study skills in high school, these skills are applicable only to nontechnical material, it seems that only a few students learn about the role of concepts and their relationships. As a result, it is common for students to memorize definitions or procedural rules without relating the meanings of the words in the definition or rules to ideas they already understand. In fact, students often come to believe that rote memorization of course information is the only way to learn.*

*Moreover, they have many difficulties in developing problem solving skills. As instructors, we may want to reduce rote learning, but often find ourselves helpless to achieve more meaningful learning in the classroom. Two major reasons for this dilemma are: (1) Students are not aware that there is an alternative to rote learning. (2) Concepts that are to be learned are presented in such a way as to encourage rote memorization.*

*The intention of using meaningful learning tools (concept maps and Vee diagrams) is to provide the student with an alternative to rote memorization by showing students that it is more efficient to learn in a meaningful way. Further, when used by educators, these tools can also provide them information about how instruction can be organized to facilitate meaningful learning and discourage rote memorization. It is the intention of this paper, to present two powerful meaningful learning tools: Concept maps and Vee diagrams. These tools had been introduced by Novak and Gowin more than a*

*decade ago and have become important tools for both students and teachers.*

*It can be said that concept mapping is a way to help students and educators to see the meaning of learning materials, and knowledge Vee diagramming is a way to help students and educators to penetrate the structure and meaning of the knowledge they seek to understand. The Vee diagram also helps teachers and students see more clearly the constructed nature of knowledge.*

### RESUMEN

*Frecuentemente los estudiantes memorizan definiciones o reglas sin relacionar las palabras nuevas que se encuentran en ellas con ideas ya aprendidas. Es más, muchos creen que la repetición exacta de la información presentada en los cursos es la única manera de aprender.*

*Los profesores deseáramos reducir el aprendizaje memorístico, pero nos sentimos impotentes al pretender alcanzar un aprendizaje significativo en nuestras aulas.*

*Al observar lo que sucede en numerosos cursos de Física Introductoria podemos comprobar que el aprendizaje memorístico prevalece en detrimento del aprendizaje significativo. Pareciera que los estudiantes no han tomado conciencia del rol que los conceptos y sus relaciones tienen dentro del proceso de aprendizaje.*

*El propósito del presente artículo es proponer una*

\* Adaptación especial de "Aprendiendo a aprender", Novak, J.D. y Gowin, D.B., para cursos de Física Introductoria.

*alternativa al aprendizaje memorístico. Propiciando el uso de mapas conceptuales y de la Ve heurística, se intenta demostrar a los estudiantes que el aprendizaje significativo es más eficiente. Además, el uso de estas estrategias proporciona al profesor información acerca de cómo las clases deben ser organizadas a fin de facilitar el aprendizaje significativo y desalentar la memorización.*

*Finalmente, podemos agregar que el uso de estas herramientas ayuda a los estudiantes y a los profesores a interpretar la estructura y el significado del conocimiento que se pretende alcanzar.*

## 1. INTRODUCCION

En su reporte acerca de las investigaciones sobre "La enseñanza de los Cursos Introdutorios de Física para estudiantes de Ingeniería y Ciencias en la Universidad de Cornell", el Dr. D.F. Holcomb (1978) escribió: "El desarrollo de una enseñanza más efectiva es un asunto muy difícil. Uno de los problemas centrales es determinar si se ha mejorado la calidad de la instrucción en un curso determinado cuando se hace un cambio en cualquiera de los ingredientes principales -contenido de la materia y materiales de aprendizaje, selección de actividades para los estudiantes o modelo instruccional-. Cualquier mejora que pueda ser hecha es casi imposible de validar convincentemente a causa de la naturaleza del problema, que comprende muchas variables. Por lo tanto, uno se ve compelido a confiar en su intuición, en su gusto intelectual personal y en imprecisas herramientas de observación para decidir si un cierto cambio puede esperarse o si efectivamente se ha mejorado la calidad de la instrucción".

Un cambio que pueda ser seriamente verificado debe estar basado en una teoría; si la teoría es viable, muchos progresos pueden alcanzarse. Mucho de lo que el instructor hace en clase tiene poco que ver con metodologías instruccionales basadas en una teoría. Un desafío importante para el que enseña ciencias es encontrar actividades que permitan a los estudiantes un aprendizaje significativo. La instrucción que no tiene en cuenta el aprendizaje significativo, resulta totalmente ineficaz para el estudiante. Particularmente cuando se trata de cursos introductorios de Física, tener un buen conocimiento de la materia y mucha dedicación no es suficiente. El instructor

también debe conocer los mecanismos de aprendizaje y, lo que en este trabajo trataremos de profundizar, proveer información acerca de cómo los nuevos conceptos son aprendidos (teoría de la asimilación) y suministrar elementos que ayuden a instructores y alumnos, a lograr un aprendizaje significativo (herramientas metacognitivas). Por supuesto que la situación actual en los cursos introductorios de Física plantea un muy serio problema, pero considero que puede lograrse un avance considerable si, tanto la investigación educativa como los diseños instruccionales, son respaldados por una teoría.

Con el fin de hallar una solución posible a esta problemática, será beneficioso identificar las deficiencias mayores presentes en todo ambiente educativo.

Entre las muchas deficiencias que podemos encontrar en la enseñanza de cursos introductorios de Física es posible identificar las siguientes como las más comunes: (La lista está muy lejos de ser completa, sólo incluye los problemas mayores relacionados con la enseñanza áulica.)

- \* Si bien los estudiantes adquieren habilidades para un estudio memorístico, éstas no son aplicables al estudio de la Física.
- \* Sólo pocos estudiantes han aprendido acerca del rol de los conceptos y sus relaciones.
- \* Los estudiantes prefieren memorizar definiciones o reglas sin relacionar el significado de las palabras con ideas que ellos ya entienden.
- \* Los modelos instruccionales presentan los conceptos de manera tal que fomentan la mera memorización.
- \* Los alumnos sienten que los problemas que se presentan en los cursos introductorios son muy difíciles.
- \* Con la intención de enseñar a resolver problemas de Física la metodología aplicada consiste en repetición de ejemplos similares a las situaciones problemáticas

que deben resolver una y otra vez, lo que no es suficiente ni efectivo.

- \* Los alumnos poseen posibilidades muy primitivas para la resolución de problemas y su progreso es lento.
- \* Un alto porcentaje de los estudiantes llega desmotivado, por lo que no desean hacer el esfuerzo que implica aprender Física.
- \* Por lo general, las evaluaciones no requieren de un aprendizaje significativo. Esto posibilita que el estudio memorístico sea la mejor manera de obtener notas altas.
- \* Instructores y alumnos raramente realizan trabajos de laboratorio, lo que provoca un énfasis acentuado de la teoría sobre la práctica en la enseñanza de la Física.
- \* Algunos instructores no conocen el material y algunas veces carecen de las habilidades para enseñar conceptos de manera eficaz.
- \* Algunos instructores, si bien conocen la currícula, actúan sólo como emisores de la información, desestimando el que los estudiantes puedan sintonizar o no con ellos. Esto es, cumplen con la currícula sin preocuparse por el que aprende.
- \* Hay muchos libros de texto que no tienen los conceptos mínimos necesarios para alcanzar un nivel de comprensión adecuado en cada uno de los temas. (Por ejemplo, algunos textos de Física no usan el concepto de Cinemática para explicar movimiento.)
- \* Los contenidos de los textos y los programas están organizados en tópicos tradicionales. Esta organización no permite la interrelación directa de los conceptos de Física de distintas materias. Debido a esto, los estudiantes no pueden captar el sentido general de Ciencia, ni aplicarla a su campo de intereses.

- \* Uno de los problemas más serios en la enseñanza de la Física son las concepciones alternativas o errores de conceptos de Física en los alumnos. Una serie de estudios llevados a cabo recientemente (I.A.Halloun y Hestenes, 1985; D.E.Trowbridge y McDermott, 1979, 1981; etc) han demostrado un amplio espectro de preconceptos acerca de los fenómenos físicos. Los estudiantes han construido estas creencias por sus propios medios, sin el beneficio de la instrucción formal. Las creencias que contradicen los principios de la Mecánica newtoniana han sido particularmente bien documentadas.

#### Ejemplos:

- la aceleración de la gravedad es una fuerza.
- no hay aceleración cuando un objeto mantiene un movimiento circular uniforme.
- una fuerza constante produce una velocidad constante.

Las mencionadas concepciones alternativas pueden deberse a experiencias que contradicen los muchos conceptos de Física abstractos, no intuitivos, que no están interrelacionados y que los estudiantes deben aprender en muchos cursos introductorios de Física dictados en forma tradicional. Por ejemplo, para muchos alumnos, una fuerza constante sobre los pedales de una bicicleta puede no dar como resultado una aceleración.

- \* Los programas son largos y difíciles.
- \* El tamaño de las clases es usualmente grande. (En algunos países hay aproximadamente entre 60 y 80 alumnos por docente).

Sin embargo, respecto a este punto, Hanushek (1986) opina "La evidencia disponible en más de 150 investigaciones sugiere que no hay relación entre inversión y logros, actitudes y tasas de desgranamiento y que soluciones tales como reducir el tamaño de las clases o contratar instructores mejor entrenados no garantizan mejores resultados". (Japón, el país que casi

siempre obtiene los más altos promedios de rendimiento, comúnmente tiene entre 40 y 60 alumnos por clase de escuela secundaria). Por lo tanto continúa siendo uno de los temas de controversia.

Por supuesto, poco puede mejorarse cambiando el modelo instruccional, para resolver algunos de los problemas citados anteriormente. De todos modos, para la mayoría de los problemas aquí mencionados, el uso de herramientas instruccionales más eficientes puede conducir a un progreso efectivo. Estoy convencido de que el desarrollo de un método de enseñanza más eficaz debe ser la meta. Considerando que pocas instituciones han realizado cambios para mejorar la calidad del aprendizaje y estimular la motivación de los alumnos, es allí hacia donde deben apuntarse los esfuerzos adecuados.

De hecho, muchos docentes comprometidos están deseosos de reducir la influencia de las ineficiencias que perciben en estos cursos, especialmente aquéllas relacionadas con el modelo instruccional que ofrecen, pero, con frecuencia, se sienten impotentes de conducir estos cambios en el aula. La intención del presente trabajo es demostrar que reduciendo el aprendizaje memorístico y aumentando el aprendizaje significativo, muchos de los problemas podrían desaparecer automáticamente. Consecuentemente, la eficiencia de la instrucción se vería enriquecida. La segunda intención es, de alguna manera esclarecer este campo de investigación y facilitar a los docentes interesados herramientas adecuadas. Para lograr estos propósitos, el presente trabajo se basará en la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel-Novak-Gowin, de la cual pasará a describir las principales características.

## 2. LA TEORIA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DE AUSUBEL-NOVAK-GOWIN

La idea central en la teoría de Ausubel es la de **aprendizaje significativo**, que él define como "una incorporación no arbitraria, substantiva, no memorística, de nuevos conocimientos dentro de la estructura cognoscitiva" (Ausubel, 1968). Esto significa que el que aprende debe hacer un

esfuerzo consciente para relacionar el nuevo conocimiento al conocimiento que ya tiene. Por ejemplo, un estudiante que aprende nueva información sobre aceleración centrípeta debiera relacionar conscientemente este material con lo que ya sabe acerca de aceleración en general.

El aprendizaje significativo involucra el eslabonamiento de la nueva información con una estructura de conocimiento específica, que Ausubel define como conceptos inclusores o subsumidores o **subsumosores**. (Subsumers en el original en inglés<sup>1</sup>) ya existentes en la estructura cognoscitiva del que aprende. En Cinemática, por ejemplo, si los conceptos de vector y escalar ya están fijados en la estructura cognoscitiva del que aprende, ellos sirven como subsumosores para la nueva información sobre ciertos tipos de magnitudes vectoriales o magnitudes escalares como son la velocidad y el módulo de la velocidad. De esta manera, durante el aprendizaje significativo, la nueva información es **asociada** con subsumosores relevantes ya existentes en la estructura cognoscitiva. Esta asociación, a su vez amplía y transforma el subsumosor existente. De allí que los subsumosores puedan ser relativamente amplios y complejos o limitados y pobremente desarrollados, dependiendo de la frecuencia con que los aprendizajes significativos se den en relación a un determinado subsumosor. En este ejemplo, una idea intuitiva sobre velocidad podría servir como subsumosor para nueva información acerca de movimiento de partículas.

Ausubel utiliza el concepto de **subsumisión** para representar la naturaleza idiosincrásica del aprendizaje significativo y el hecho de que el nuevo conocimiento es incorporado (subsumido) dentro de conceptos más generales. La estructura cognoscitiva de cada individuo es única y, consecuentemente el producto de la incorporación de nuevos conocimientos será resultado de la interacción y dependerá de los conceptos o concepciones alternativas que el que aprende ya posea y del material ya presentado. Ausubel

---

<sup>1</sup>Se suele utilizar el término "inclusión" como reemplazo del término utilizado por Ausubel en el idioma Inglés. Basados en la importancia crucial de este proceso para el aprendizaje significativo, algunos autores han propuesto el uso del término "subsumción" en el idioma español.

distingue entre aprendizaje significativo y memorístico. El aprendizaje memorístico se suele dar cuando no existen subsumos o conceptos previos relevantes en la estructura cognoscitiva del que aprende, o cuando el que aprende elige no relacionar las nuevas ideas con conceptos relevantes anteriormente aprendidos. En este caso, la nueva información es arbitrariamente almacenada en la estructura cognoscitiva, esto significa que no está ligada a otros conceptos existentes o en otras palabras, es aprendida de memoria. Un ejemplo obvio en Cinemática es el aprendizaje memorístico de fórmulas. Si el estudiante no dispone de las ideas generales de aceleración y velocidad no tendrá más opción que memorizar que la aceleración es la variación de la velocidad en la unidad de tiempo y que la velocidad es la variación de la posición en la unidad de tiempo. Esto puede ser memorizado, pero, de acuerdo con Ausubel, los resultados no serían la adquisición de nuevos significados.

Novak (1977), opina que el aprendizaje memorístico es necesario cuando un estudiante adquiere una nueva información en un área que no tiene relación alguna con lo que él ya conoce. En estos casos, Ausubel recomendaría el uso por parte del instructor de **organizadores previos**, experiencias de aprendizaje pequeñas y que son más generales y más inclusivas que el material de aprendizaje y que el alumno percibe como puente entre lo que él ya sabe y lo que va a aprender. Contrariamente a los resúmenes y los repasos, que ordinariamente se presentan al mismo nivel de abstracción, generalidad e inclusión y sólo enfatizan los puntos salientes del material, los **organizadores** son presentados a un nivel más alto de abstracción, generalidad e inclusión. Para seleccionar un organizador previo debe tenerse en cuenta que sea apropiado para explicar, integrar e interrelacionar el material que ellos preceden. Sirven también para facilitar el eslabonamiento del nuevo conocimiento con conceptos previos relevantes.

En Física, por ejemplo, cuando se inicia al estudiante en una nueva subdisciplina como Mecánica newtoniana, una discusión general sobre la ubicación de esta nueva área en el contexto total de la materia serviría como un organizador previo para la nueva información.

Particularmente difícil es el problema que surge cuando el estudiante de cursos introductorios de Física relaciona un conocimiento nuevo con ideas previas (subsumos) derivadas de su sentido común. Acerca de este tema Lorenzo (1992) afirmó: "La mayoría de las concepciones alternativas, especialmente en Física, se basan en el hecho de que el estudiante tiene, antes de su instrucción, un amplio sistema de creencias dictadas por su sentido común acerca del mundo físico, construidas sobre su experiencia diaria. Estas creencias son en su mayoría incompatibles con los conceptos científicamente aceptados y limitan la posibilidad del estudiante de percibir el mundo de manera científica. Por lo tanto, las concepciones alternativas de los estudiantes deben ser reconocidas como un problema para el aprendizaje de la ciencias". Además ella advierte la presencia de **proposiciones alternativas**, que pueden ser definidas como un eslabonamiento incorrecto o relación falsa entre los conceptos. De todas maneras, mientras nosotros decimos que esas relaciones son falsas, desde el punto de vista del estudiante son realmente valederas.

Por lo tanto, podemos concluir que estas proposiciones alternativas son proposiciones no aceptadas científicamente, pero que son significativas para el estudiante. Finalmente ella, la autora, también innova con el término **aproposición** que define como "la ausencia de relaciones entre conceptos que debieran estar interrelacionados". La presencia de estas apropiaciones son evidencia de otro caso de aprendizaje memorístico, porque los conceptos no tienen encadenamiento con los subsumos del que aprende.

#### **Principio de la diferenciación progresiva.**

Este principio establece que las ideas más generales e inclusivas de la disciplina deben ser presentadas primero y luego diferenciadas progresivamente, por sus detalles y especificidad.

Consecuentemente con este principio, el concepto de aceleración debe ser presentado al comienzo de la explicación a fin de que actúe como **anclaje conceptual** para la presentación del concepto de movimiento de partículas. Un modelo instruccional tradicional seguiría la organización de los contenidos que hallamos en los libros de

texto de Física y que se inicia con el concepto de terna de referencia, distancia, desplazamiento, velocidad, y finalmente, aceleración.

### **Principio de la reconciliación integradora.**

Cuando dos o más principios son percibidos como relacionados unos con otros de un modo diferente, se produce la **reconciliación integradora** de los conceptos. Este principio deberá usarse para la organización del modelo instruccional. De acuerdo con este principio, por ejemplo, fuerza y aceleración no son estudiadas separadamente, sino relacionadas desde el inicio. Este principio es realmente importante en el aprendizaje de la Física cuyos conceptos están muy relacionados unos con otros.

Una secuencia clásica para un curso de Mecánica newtoniana de nivel universitario presenta una secuencia lineal desde la base hasta la cúspide que comienza con terna de referencia y desplazamiento, continúa con velocidad y módulo de velocidad, terminando con aceleración. El concepto de desplazamiento, que es esencialmente central pero muy específico, se halla al comienzo de la secuencia, y el concepto de aceleración, que es más general en la descripción de fenómenos cinemáticos, está al final. Este orden secuencial es totalmente opuesto al propuesto por la teoría de Ausubel quien argumenta que las ideas más generales e inclusivas deben ser presentadas primero (Principio de la diferenciación progresiva). La secuencia tradicional, en cambio, responde al modelo conductista de Gagné (1965).

Otros autores también han coincidido que no sólo el conocimiento está estructurado, sino que la secuencia de instrucción debe estar organizada consecuentemente. Más aún, ellos aseveran que para que el aprendizaje sea exitoso, el curriculum debe tener una organización jerárquica. Por ejemplo, Reif F. y Heller J.L. (1982, Vol.17, N°2, página 104, traducción del autor) afirman: "La base de conocimiento discutida en las siguientes páginas está organizada de manera de facilitar recobrar la información por medio de un estrechamiento progresivo del campo de investigación, comenzando por la información más general y avanzando hacia una cada vez más detallada, con pocas decisiones en cada paso. De

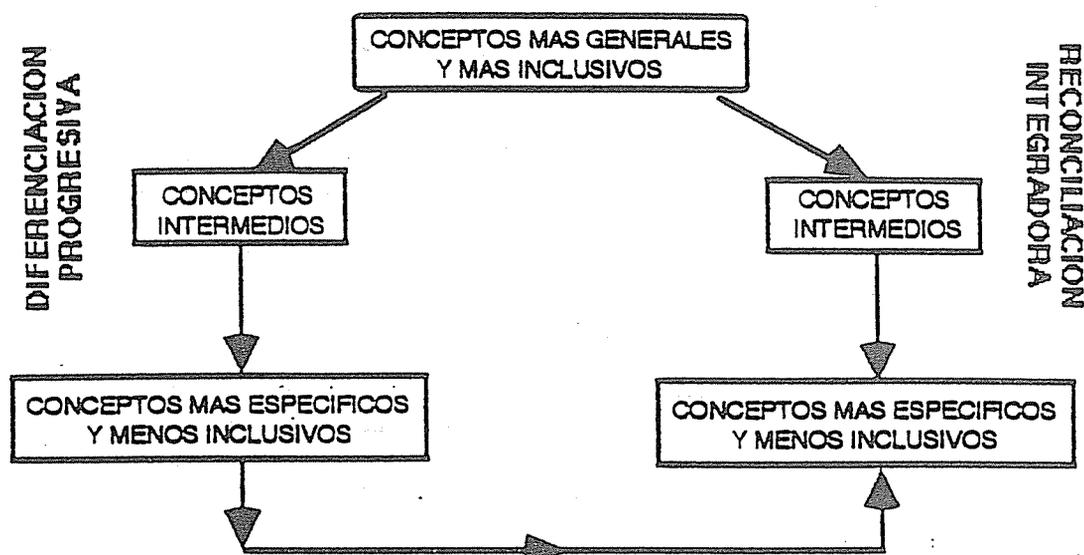
esta manera la estructura de conocimiento completa, queda subdividida en bloques de conocimiento de medida convenientemente pequeña para permitir el procesamiento humano, con unas pocas ideas en cada bloque elaboradas en bloques de conocimiento subordinados. La estructura de conocimiento que se obtiene de tal elaboración sucesiva, comenzando por un bloque de alto nivel, es entonces predominantemente jerárquica. (De todas maneras, finalmente tiene las características de una red debido a la superposición de conocimientos y las referencias cruzadas que conectan los bloques de conocimiento en otras relaciones además de la relación superordinada-subordinada.) En particular, el bloque de conocimiento de alto nivel describe el conocimiento acerca del tema completo al nivel más simple de descripción. Los bloques de conocimiento de más bajo nivel, a los que se llega por una elaboración sucesiva, proveen progresivamente descripciones más detalladas de aspectos de ese conocimiento seleccionados en un nivel más alto. Los tipos de conceptos y las representaciones simbólicas utilizados en la descripción coinciden con el nivel de descripción. Así, los bloques de conocimiento de más alto nivel están descriptos en forma de conceptos vagos o abstractos, expresados en forma de palabras o figuras, eficaces para la unificación y la subsumisión de información más detallada. Por otro lado, los bloques de conocimiento de más bajo nivel están descriptos por medio de conceptos definidos con más precisión y están predominantemente expresados en forma de símbolos algebraicos y formalismos matemáticos."

Con el propósito de consolidar este plan y, consecuentemente, lograr la reconciliación integradora de los conceptos es apropiado subir y bajar de los conceptos generales a los específicos consolidando una y otra vez (Novak, 1977) de acuerdo al esquema de la figura que sigue.

Evidentemente, esta secuencia de aprendizaje debe ser diseñada para avanzar desde la cúspide de esta jerarquía hacia abajo y luego, en dirección inversa. Para ello deberemos seleccionar cuidadosamente conceptos y palabras enraizados en la experiencia cotidiana del estudiante para, recién entonces, desplazarlo hacia conceptos y palabras no habituales.

El usar estrategias que generen un aprendizaje significativo (mapas conceptuales y Ve heurística), tiene como intención proveer al estudiante

con un método alternativo y demostrarle que es más eficaz estudiar de esa manera que memorizando.



Puede afirmarse que los mapas conceptuales constituyen una ayuda para que el estudiante y el profesor vean más claramente el significado del material a estudiar y que los diagramas heurísticos facilitan profundizar la estructura y el significado del conocimiento que se pretende comprender. También estos diagramas permiten a docentes y alumnos desentrañar la naturaleza constructivista del conocimiento.

### 3. UNA MANERA DE INICIAR A LOS ESTUDIANTES EN EL USO DE MAPAS CONCEPTUALES

Usted puede aprender conceptos poco familiares memorizándolos. Una definición, por ejemplo, puede ser aprendida repitiéndola una y otra vez hasta ser capaz de poner las palabras correctas en orden apropiado. Usted puede elegir, en cambio, integrar la nueva información con lo que Usted ya sabe.

Elaborar mapas conceptuales es un método que facilita un aprendizaje lleno de significado. Requiere que Usted realice importantes decisiones acerca de: (1) la importancia de las ideas, (2) como estas ideas se relacionan unas con otras y (3) como estas ideas se relacionan con sus

conocimientos previos.

Seguramente Usted está ya usando técnicas de subrayado, resaltadores, resúmenes o sinopsis para reforzar su aprendizaje. Estas operaciones siguen todas un orden lineal de las ideas. Pero en la mente humana, la disposición de las estructuras conceptuales no está restringida a ese tipo de orden. Los mapas conceptuales le permiten establecer relaciones entre los conceptos en forma explícita. Usted puede asimismo relacionar conceptos basados en nueva información con el conocimiento previamente adquirido.

Para hacer un mapa conceptual usted puede basarse en un texto, en sus apuntes de clase, en sus notas de laboratorio, etc. Puede hacerlos para un tópico específico o estructurar todo el contenido de una materia.

Cinco pasos se requieren para la confección de un mapa conceptual:

- 1- Identifique los conceptos.
- 2- Establezca un orden jerárquico para los conceptos.
- 3- Relacione un concepto con otro por medio de palabras enlazantes.
- 4- Busque enlaces transversales.

## 5- Examine la estructura del mapa.

**1- Identifique los conceptos:** Usted querrá saber cuál es la definición de la palabra concepto. Para la mayoría de las personas un concepto involucra una idea general, especialmente las referidas a clases o categorías de objetos o procesos. Otra definición es: "Los conceptos describen la regularidad o relación de un grupo de hechos y se designan con un símbolo". Se hace evidente que la atención que Usted preste a esas regularidades dependerá de los conceptos ya existentes en su estructura cognoscitiva. En la percepción de regularidades, lo que Usted ya sabe juega un papel preponderante, enfatiza la importancia del conocimiento previo en la adquisición del nuevo. Esta es la base del aprendizaje significativo. Si Usted está estudiando Cinemática, por ejemplo, seguramente hallará que conceptos como velocidad, aceleración, terna de referencia, vector posición o vector desplazamiento, son conceptos centrales.

**2- Establecer un orden para los conceptos:** En este paso, será necesario que Usted tome algunas decisiones acerca de cuál es la importancia de un concepto en relación a los otros conceptos seleccionados. Los conceptos deberán ser ubicados en orden escalonado desde lo más general hacia lo más específico. A este orden se lo llama orden jerárquico.

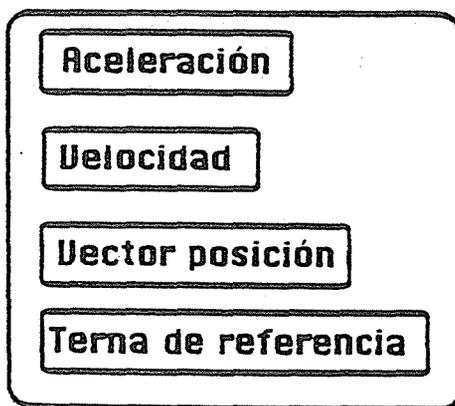


Figura 1

Durante el ordenamiento Usted verá que emergen distintos niveles de jerarquía. Lo que determina el nivel de jerarquía de un concepto es el contexto. El orden jerárquico de los conceptos no es fijo, sino que depende del contexto: las relaciones

entre los conceptos pueden ser alteradas por el contexto. Todos los conceptos en un mismo nivel corresponden a idéntico grado de generalidad o especificidad. En el mapa conceptual, este ordenamiento jerárquico adquirirá una representación pictórica. Cinemática es el contexto del ejemplo que se desarrollará aquí. En él, el concepto de aceleración es el más general. Por lo tanto, el orden jerárquico de los conceptos podrá ser: aceleración, velocidad, vector posición y terna de referencia (La figura 1 muestra cómo el orden jerárquico de estos conceptos aparece en un mapa conceptual).

Es importante destacar que si estuviéramos estudiando Dinámica, el contexto sería diferente y otros conceptos (por ejemplo el concepto de fuerza), serían más generales que aceleración. En ese caso, aceleración debería estar en un nivel más inferior dentro del orden jerárquico.

**3- Relacionar un concepto con otro:** Aquí se trata de determinar las relaciones entre dos conceptos particulares. En un mapa conceptual estas relaciones o enlaces se representan con líneas con un rótulo conteniendo palabras que identifican la asociación existente entre los conceptos individuales. Estos conceptos así relacionados por un enlace se llaman relaciones proposicionales. Por ejemplo, si lo que queremos expresar es: "La aceleración puede ser constante", en el lenguaje de los mapas deberemos escribir como muestra la figura 2.

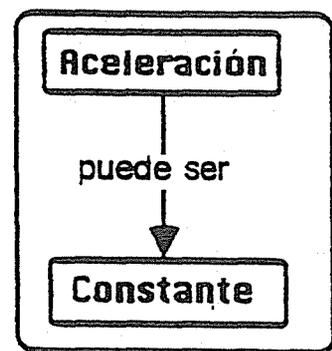


Figura 2

Los enlaces pueden ser:

- (I) Un nexos conectivo simple. Ejemplo: "puede ser".
- (II) Una relación general. Ejemplo: la

aceleración "aumenta con" la fuerza.

- (III) Algunos enlaces pueden, a su vez, implicar conceptos. Por ejemplo, la relación entre velocímetro y velocidad podría ser "medida": los velocímetros "miden" la velocidad. Aquí el enlace "miden" involucra el concepto de obtener información en algún tipo de escala. En este tipo de enlaces deberá examinarse cuidadosamente el contenido de los conceptos involucrados. Si el concepto implícito es relevante para su mapa conceptual, podrá explicitarse.

La figura 3, muestra un ejemplo de conceptos que están a su vez unidos por enlaces que también son conceptos.

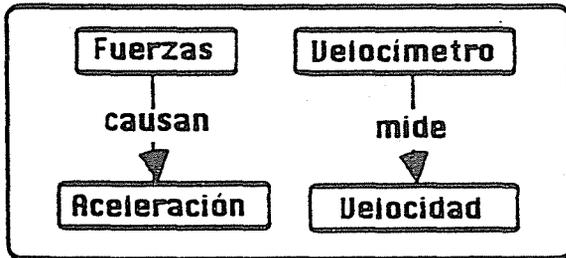


Figura 3

Las diferencias entre los enlaces que Usted encuentre y los que encuentren otros estudiantes, pueden reflejar las diferencias en los conocimientos previos de cada individuo. Algunos nexos entre conceptos no pueden realizarse si el estudiante no tiene conceptos previos que sean relevantes. La variación en cantidad y calidad de los enlaces distingue a expertos y novicios en la confección de mapas conceptuales. Cuanto más sepa Usted de un tópico, más relaciones explícitas hallará entre conceptos o conjuntos de conceptos. La experiencia también le permitirá establecer una mejor jerarquía. Por lo tanto, puede afirmarse que los mapas conceptuales no son representaciones fijas o inmodificables del conocimiento de una persona o estudiante determinados, sino que sólo representan la estructura conceptual en un momento dado, y que pueden modificarse, ya sea a lo largo del tiempo o por adquisición de nuevos conocimientos, lo que se refleja en la aparición de nuevos enlaces y/o nuevos conceptos y/o

nuevas relaciones. La figura 4 muestra un ejemplo simple de algunos conceptos centrales en Cinemática y sus relaciones.

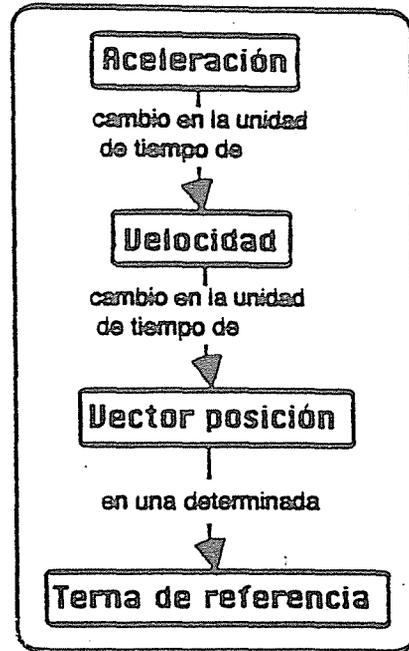


Figura 4

Un buen mapa conceptual es una representación bidimensional de su conocimiento acerca de un tema en un determinado momento. Usted podrá también reconocer que no existe un único mapa correcto para un tópico específico. Existirán disparidades debidas a la diferencia del conocimiento previo, de su juicio personal y del contexto particular. A medida que Usted vaya aprendiendo más acerca de ese tema, cambiarán los enlaces entre conceptos, podrá cambiar el orden jerárquico establecido en un principio y los enlaces podrán ser más variados (En la figura 5 se agregaron los conceptos de distancia y desplazamiento).

**4- Busque enlaces transversales:** a medida que Usted vaya añadiendo conceptos en su mapa conceptual, hallará que existen más relaciones que las determinadas por la jerarquía de los conceptos. A estas conexiones se las llama enlaces transversales.

En este paso se deberán buscar estas relaciones entre todos los conceptos. Este reconocimiento de enlaces transversales se convierte en una búsqueda creativa, desde que surgen nuevos significados para su conocimiento y aumenta su

comprensión. La identificación de nuevas relaciones puede requerir la incorporación de conceptos adicionales. En la figura 6 se ve cómo

los conceptos vector desplazamiento-vector posición y velocidad-módulo de velocidad están relacionados por medio de enlaces transversales.

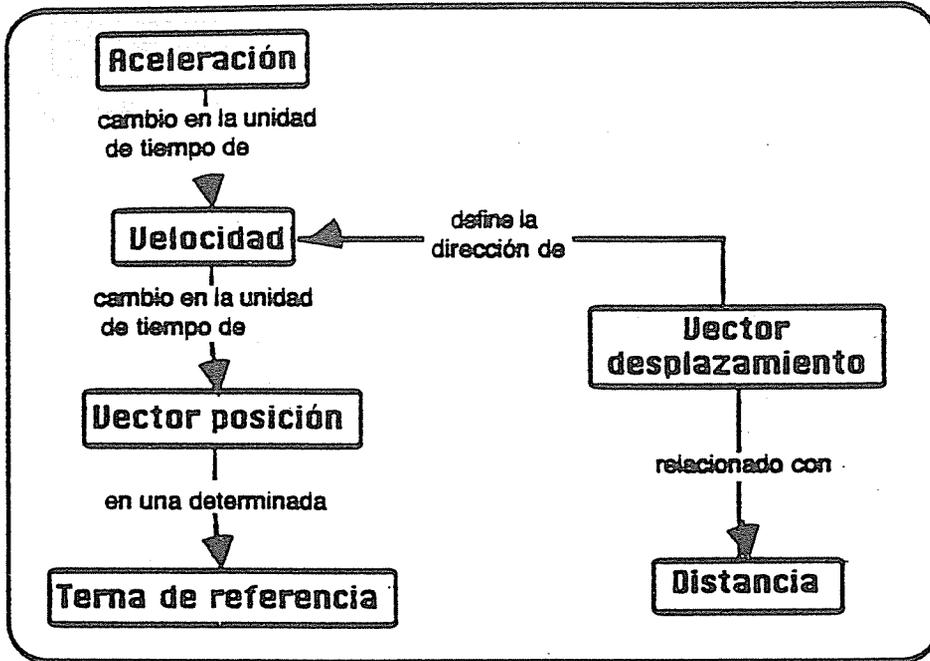


Figura 5

Al explicitar algunos enlaces transversales Usted puede usar otros marcos conceptuales (por ejemplo, otras áreas de conocimiento) y de esta mane-

ra hacer uso de lo que Ud ya conoce. ¿Cómo podría añadirse el concepto de fuerza a este mapa?

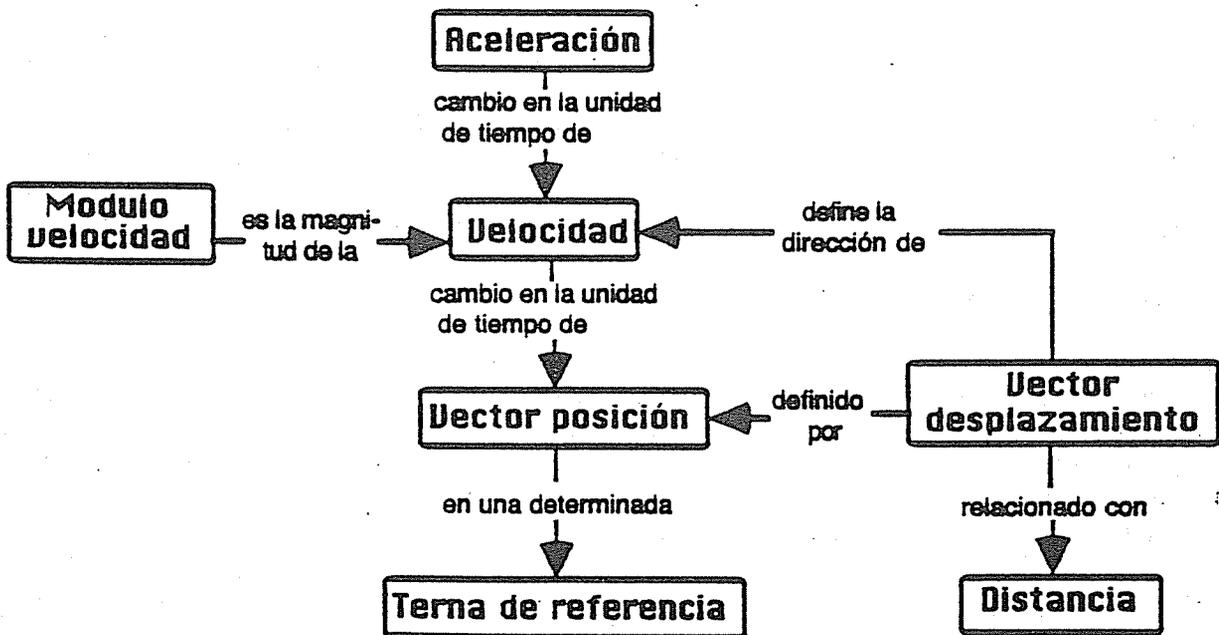


Figura 6

5- Examine las estructura del mapa: El propósito de este paso es analizar la disposición general del mapa conceptual y verificar si hay conceptos que no han sido bien integrados al resto con enlaces. Esta falta de integración puede deberse a que esos conceptos son menos relevantes para ese contexto en particular o a que no están asociados a su conocimiento previo. Y puede indicar que Usted necesita aumentar sus conocimientos en ese área. El aprendizaje es un proceso activo. Se puede lograr memorizando, pero la forma de aprender significativamente es integrando la nueva información con lo que ya se sabe. Este método de aprendizaje es más activo porque Usted se halla usando conscientemente sus conocimientos anteriores para construir el nuevo.

Es por eso que afirmamos que los mapas conceptuales facilitan un aprendizaje significativo. Se basan en las relaciones entre ideas y le

permiten usar lo que ya sabe mientras aprende una nueva idea.

#### 4. RESOLUCION DE PROBLEMAS APLICANDO "V" HEURISTICA

Llamamos heurística a la herramienta utilizada como ayuda para resolver un problema o comprender un procedimiento. La "V" heurística (o diagrama de "V") fue desarrollada en sus orígenes para ayudar a los estudiantes y sus instructores a ver más claramente la naturaleza y finalidad de las prácticas de laboratorio en los cursos de Ciencias.

La figura 7 a continuación contiene los elementos constitutivos del diagrama en "V" que son necesarios para entender la naturaleza y producción del conocimiento.

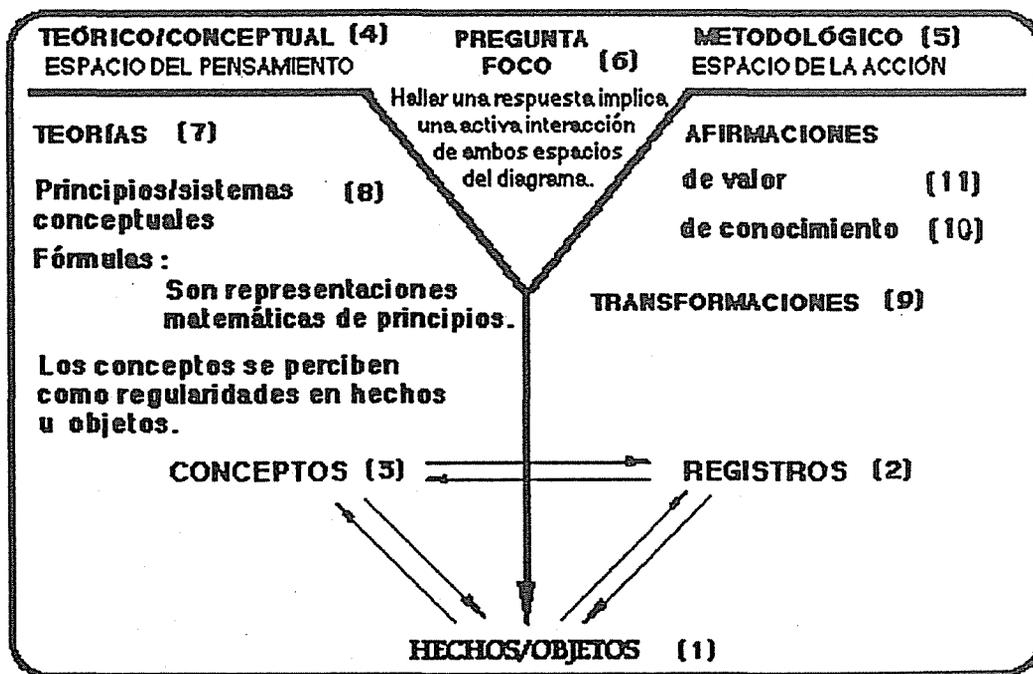


Figura 7

En el vértice de la "V" ubicamos los hechos u objetos y es allí donde, en algún sentido, comienza a producirse el conocimiento. Si se trata de observar regularidades, necesitaremos seleccionar hechos u objetos específicos (1) a nuestro alrededor, observarlos detenidamente y hacer

algún tipo de registro (2) de esas observaciones. Este proceso de observar y registrar requerirá hacer uso de conceptos (3) anteriormente adquiridos; estos conceptos previos influirán nuestra selección de hechos u objetos a observar y los registros que decidamos hacer. Estos tres

elementos: conceptos, hechos/objetos y registros confluyen en una íntima relación para la formación del nuevo conocimiento.

La organización de la estructura cognoscitiva juega un rol preponderante tanto en nuestro aprendizaje como en la resolución de problemas. También constituye la base de sus conocimientos de Física y puede utilizarse para resolver problemas.

Cuando se busca la solución de un problema, dos aspectos deben tenerse en cuenta: las actividades de tipo conceptual (4) y las de tipo metodológico (5). El espacio conceptual permitirá ver con claridad la incógnita planteada en el problema y formular la pregunta apropiada (6) y determinar qué teorías (7), principios (8) y conceptos están involucrados en esa pregunta. El espacio metodológico se destina a las observaciones y a las manipulaciones de esa información por medio de transformaciones (9). Ellas permiten llegar a las afirmaciones de conocimiento (10) que constituyen la respuesta al problema. En algunos casos también es posible formular afirmaciones de valor (11). Los hechos u objetos en el vértice de la "V" consolidan esas actividades en un todo y representan la base del análisis.

Especialmente al resolver problemas de Física, la "V" heurística nos permite clarificar nuestro entendimiento de la pregunta planteada en el problema y de los conceptos relevantes que deberemos aplicar para hallar la solución

Para resolver problemas de Física utilizando el diagrama en "V" se recomiendan los siguientes pasos:

- 1- **Haga una figura:** En Física le será siempre posible realizar un dibujo esquemático que represente gráficamente la situación problemática que Usted trata de resolver. Dibujar tiene dos grandes ventajas: a) La permitirá aprovechar la extraordinaria capacidad de la mente humana para recordar imágenes visuales. b) Le permitirá desprenderse de informaciones inútiles que sólo confunden su pensamiento.
- 2- **Identifique la pregunta foco:** Esta parte de la "V" le ayudará a determinar lo que

el problema le está preguntando. Muchas veces la pregunta es mal entendida y el problema concluye con un resultado erróneo.

- 3- **Registros:** Durante esta etapa Usted debe registrar los datos útiles que el problema establece, tratando de identificar cuáles serán realmente necesarios y podrán ser usados para resolver el problema. La mayoría de la información pertinente se puede mostrar junto a la figura.
- 4- **Transformaciones:** Esta etapa es crucial para el proceso de solución. Durante la misma Usted aplicará conceptos y principios importantes para la solución y va a usar los resultados de las etapas previas como fuente de información adicional. Con toda esta información le será posible escribir las ecuaciones necesarias para hallar las incógnitas buscadas. Recuerde que las ecuaciones son representaciones matemáticas de los principios físicos.

¡Preste atención!. Si Usted tiene una incógnita necesita una ecuación, para dos incógnitas necesitará dos ecuaciones y así sucesivamente.

- 5- **Analizar si las afirmaciones de conocimiento son razonables:** Por ejemplo, si Usted está calculando la altura de la Torre de Pisa y la respuesta es 30km, este valor no es razonable.
- 6- Si las etapas anteriores han sido satisfactoriamente completadas, Usted podrá formular las **afirmaciones de conocimiento** que responderán a la pregunta foco. Si no se siente seguro para responder aún, vuelva sobre los pasos 3 a 5. ¡No podrá equivocarse!

Unos pocos consejos finales le serán útiles para resolver exitosamente problemas de Física:

- Actúe con determinación: preste atención y busque comprender las indicaciones.
- Sea cuidadoso y avance sistemáticamente paso tras paso.
- Reformule y delimite el problema antes

de intentar resolverlo.

- Dibuje esquemáticamente la situación planteada en el problema.
- Evite centrar su interés a un aspecto particular del problema, y preste mayor atención a la interacción entre los espacios derecho e izquierdo de la "V".
- Esté preparado para abandonar caminos poco prometedores y explotar otras alternativas.
- Verifique la confiabilidad de sus datos.
- Distinga claramente lo que es dato y lo que es inferencia personal.
- Sea precavido al aceptar conclusiones que concuerden con su sentido común.
- Verifique que los resultados sean razonables.

Es posible que una vez que Usted haya transitado los pasos anteriormente indicados aún no pueda hallar la solución. No se desaliente y recuerde: *Nunca trate de resolver un problema de una única manera.* Usted deberá intentar distintos enfoques, probar soluciones estimativas y luego aplicar métodos más precisos. Este procedimiento de intentar aproximaciones rápidas y sencillas también sirve para chequear su respuesta. Aún más, Usted puede usar la primera aproximación como camino para llegar a la solución definitiva.

En la figura 8 (al final de este trabajo) se muestra un ejemplo de resolución de un problema utilizando la "V" heurística. (El problema ha sido seleccionado del libro "PHYSICS" escrito por

Hans C. Ohanian, página 44, Edición 1945 de la Editorial W.W. Norton & Company Inc.)

## 5. CONCLUSION

Ha sido la intención de este trabajo, sostener la idea de que cualquier intento para mejorar la eficiencia del proceso instruccional deberá basarse en una teoría de aprendizaje. Muchas de las dificultades que tienen los alumnos de los cursos introductorios de Física pueden ser debidas a problemas del modelo de instrucción. Estos problemas surgen cuando los mencionados modelos no tienen en cuenta los principios de aprendizaje, o bien cuando no son basados en lo que los estudiantes ya saben. Es por ello que los modelos basados en teorías del aprendizaje son una guía potencialmente más efectiva para la enseñanza que los modelos basados en la buena voluntad y experiencia del instructor. La teoría en que se basa este trabajo pone énfasis en el rol que los conceptos y sus interrelaciones juegan en el proceso de aprendizaje significativo. Es por ello que la Física, una ciencia con estructura conceptual bien definida nos presenta una excelente oportunidad para la organización de su estructura conceptual, aplicable a la instrucción.

Este trabajo no es, incuestionablemente definitivo, y por supuesto, muchas mejoras y modificaciones podrán ser propuestas, sin embargo, por estar basado en una teoría plausible, merecería ser considerado por parte de los instructores.

CONCEPTUAL	PREGUNTA FOCO:	METODOLOGICO
<p><b>TEORIA:</b> Mecánica Newtoniana</p> <p><b>PRINCIPIOS:</b> (Fórmulas son principios expresados en formas algebraicas.)</p> <p>Velocidad promedio <math>\langle v \rangle = (x_f - x_i) / \Delta t</math></p> <p>Aceleración promedio <math>\langle a \rangle = (v_f - v_i) / \Delta t</math></p> <p>Movimiento Uniforme <math>x(t) = x_0 + v \cdot t</math> ①</p> <p>Movimiento uniformemente acelerado <math>x(t) = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2</math></p> <p><math>v(t) = v_0 + a t</math> ②</p> <p><math>v^2(t) = v_0^2 + 2 a(x - x_0)</math> ③</p> <p><b>CONCEPTOS:</b> Aceleración, velocidad distancia, tiempo, movimiento uniforme, movimiento uniformemente acelerado.</p>	<p>El diagrama (tomado del manual de operaciones de un automóvil) muestra las características de adelantamiento a baja velocidad.</p> <p>¿Cuál es la aceleración del automóvil? ¿Cuál es el tiempo requerido para el adelantamiento?</p>	<p><b>Afirmaciones de conocimiento:</b> <math>a = 3933.77 \text{ mi/h}^2</math></p> <p>Aplic. ② el tiempo es: <math>t = 3,81 \cdot 10^{-3} \text{ h.}</math></p> <p>y de la: ⑤ las distancias son: <math>d_c = 0.0762 \text{ mi} + 0.028 \text{ mi} = 0.104 \text{ mi}</math> <math>d_T = 0.0762 \text{ mi}</math></p> <p>Con los valores de tiempo y distancia, podemos responder las preguntas foco del problema.</p> <p>Además, comparando con las características de otros automóviles podremos saber si las afirmaciones del fabricante son verdaderas.</p> <p><b>Transformaciones:</b></p> <p>De ①: <math>t = d_T / v_T</math> De ②: <math>a = (v_f - v_i) / t</math></p> <p>De ③: <math>v_f^2 = v_i^2 + 2 a d_c \Rightarrow a = \frac{(v_f^2 - v_i^2)}{2 d_c}</math> ④</p> <p>De los registros: <math>d_c = d_T + 151 \text{ ft}</math></p> <p>De ① y ②: <math>d_T = t \cdot v_T = ((v_f - v_i) / a) \cdot v_T</math></p> <p>Por lo tanto: <math>d_c = ((v_f - v_i) / a) \cdot v_T + 151 \text{ ft}</math> ⑤</p> <p>Finalmente, de: ④ y ⑤</p> $a = \frac{(v_f^2 - v_i^2) - 2 (v_f - v_i) \cdot v_T}{302} = 3933 \text{ mi/h}^2$ <p><b>Registros:</b></p> <p>Vel. del auto: <math>v_i = 20 \text{ mi/h}</math> <math>v_f = 35 \text{ mi/h}</math> Vel. del camión, (constante): <math>v_T = 20 \text{ mi/h}</math> Longitud del auto: 16 ft.; Long. del camión: 55 ft. Distancia auto-camión antes y después del adelanto: 40 ft. Distancia total recorrida por el camión: <math>d_T</math> (desconocida) Distancia total recorrida: <math>d_c = 40 \text{ ft} + 55 \text{ ft} + d_T + 40 \text{ ft} + 16 \text{ ft}</math> Tiempo total de adelantamiento: <math>t</math> (desconocido)</p>
<p><b>Recontextuamiento: Automóvil adelantándose a un camión</b></p>		

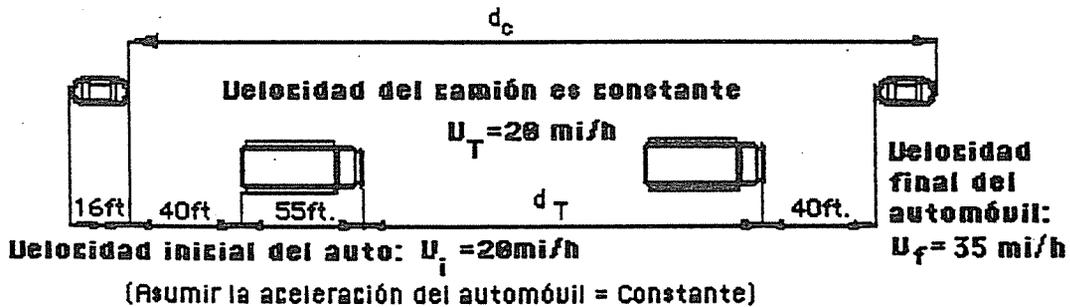


Figura 8

## Referencias bibliográficas

- AUSUBEL, DAVID P., J.D. NOVAK, and H. HANESIAN. 1978. *Educational Psychology: A Cognitive View*. 2nd ed. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- BLOOM, B.S. 1965. *Change and stability in human characteristics*. New York: Wiley and Son.
- BLOOM, B.S. 1976. *Human Characteristics and School learning*. New York: McGraw Hill.
- BUECHE, FREDERIK. 1985. *Technical Physics*. 3rd ed. New York: John Wiley & Son.
- CARLE, SARQUIS and NOLAN. 1987. *Physical Science, The challenge of Discovery*. Lexington, M.A.: Heath.
- CHROBAK, RICARDO and M. LORENZO. 1991. *Learning How To Teach Kinematics*. Ithaca, New York: Unpublished manuscript.
- GOWIN, D.B. 1981. *Educating*. Ithaca. New York: Cornell University Press.
- HAERTEL, G.D. and H.J. WALBERG 1981. *Ability and Learning. A theoretical Synthesis*. Educational Psychology 1; 241,252.
- HOLCOMB, D.F. 1978. *Teaching Introductory Physics to Students of Engineering and Science at Cornell*. Ithaca, New York: Unpublished manuscript.
- LARKIN and McDERMOTT. 1980. *Expert and Novice Performance in Solving Physics Problems*. Pittsburgh. Science, Vol.208, p.1336-41.
- LORENZO, MERCEDES 1992. *Using Concept Maps as a Tool to Identify Misconceptions in Kinematics*. Ithaca, New York: Unpublished manuscript.
- MARTINDALE, HEATH, KONRAD and McNAUGHTON. 1987. *Fundamentals of Physics: An Introductory Course*. 2nd. ed. Lexington, M.A.: Heath.
- MOREIRA, MARCO A. 1977. *An Ausubelian Approach to Physics Instruction: An Experiment in an Introductory College Course in Electromagnetism*. Ph.D. Thesis, Cornell University.
- MOREIRA, M.A. 1983. *Uma abordagem cognitivista o ensino da física*. Porto Alegre, Brazil. Editora da Universidade.
- MOSUNDA, DISMAS. 1985. *A twelve year study of childrens' understanding of the structure of matter after audiotutorial instruction in grades one and two*. Ph.D. Thesis, Cornell University.
- NOVAK, JOSEPH D. 1977. *A Theory of Education*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.
- NOVAK, J.D. 1980. *Handbook for learning how to learn program*. Ithaca, New York: Unpublished Monograph.
- NOVAK, J.D., AND GOWIN, D.B. 1981. *Concept Mapping and Other innovative Strategies*. Unpublished manuscript, Cornell University.
- NOVAK, JOSEPH D., D.B. GOWIN, AND G.T. JOHANSEN. 1983. *The Use of Concept Mapping and Knowledge Vee Mapping with Junior High School Science Students*. Science Education, 67(5): 625-45.
- NOVAK, J.D., AND GOWIN, D.B. 1984. *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.
- NOVAK, J.D. 1989. *Concept maps and Vee Diagrams: Two Metacognitive Tools to Facilitate Meaningful Learning*. In Review: Instructional Science.
- PSACHAROPOULOS AND WOODHALL. 1985. *Education for development: An analysis of investments choices*, New York: Oxford University Press.
- PAUL, HEWITT G., AND H YAN. 1986. *Conceptual physics. Next-time Questions*. One Jacob Way Reading, M.A.: Addison-Wesley Publishing Company, Inc.
- REICHERT, JONATHAN F. 1991. *A Modern Introduction To Mechanics*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. A division of Sion and Schuster.
- REIF, F. AND HELLER J.I. 1982. *Knowledge Structure and Problem Solving in Physics*. University of California, Berkeley. Educational Psychologists. Vol. 17, N°2. p.102-127.
- STUART, BARTOW T. 1981. *Misconceptions in science learning*. M.S. Thesis. Cornell University.