

**UNIVERSIDAD DE BURGOS**

**PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO  
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

*Departamento de Didácticas Específicas*



**LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA MEDIANTE UN  
APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO  
Y COOPERATIVO EN BLENDED LEARNING**

**TESIS DOCTORAL**

**RAFAEL SILVA CÓRDOVA**

Burgos, septiembre de 2011



**UNIVERSIDAD DE BURGOS**

**PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO  
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

*Departamento de Didácticas Específicas*



Universidad de Burgos



Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul

**LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA MEDIANTE UN  
APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO Y  
COOPERATIVO EN BLENDED LEARNING**

**RAFAEL SILVA CÓRDOVA**

Tesis Doctoral realizada por **D. Rafael Silva Córdoba**, para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Burgos, bajo la dirección de la **Dra. M<sup>a</sup> Concesa Caballero** y la codirección del **Dr. Marco Antonio Moreira**

**Burgos, septiembre de 2011**



*Aunque la teoría sin experimentos es vacía,  
el experimento sin teoría es ciego.*

(Paul Thagard, 2005)



**Dedicado a:**

**Mi esposa Ester,**

***y mis hijos:  
Carolina, Rafael y Rodrigo.***





## **AGRADECIMIENTOS:**

*A la Universidad de Burgos y la Universidad Federal de Rio Grande do Sul por otorgarme la posibilidad de realizar este doctorado.*

*A Concesa Caballero por su permanente preocupación, estímulo y por facilitar la estancia en el programa de doctorado.*

*A Marco Antonio Moreira por su sabiduría y conocimiento entregado en mi formación como doctorado.*

*A mi familia por su permanente apoyo, estímulo, comprensión y cariño en el logro este doctorado.*



# ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>3</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>11</b>
1.1.    PROBLEMÁTICA.....	11
1.2.    PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	22
1.3.    PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	23
1.4.    OBJETIVOS GENERALES .....	24
1.5.    OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	24
1.6.    HIPÓTESIS .....	25
<b>CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA</b> .....	<b>29</b>
2.1.    USO DE LAS TIC EN EL PROCESO ENSEÑANZA - APRENDIZAJE .....	29
2.1.1. <i>Elearning en el contexto del proceso enseñanza - aprendizaje</i> .....	29
2.1.2. <i>Educación Flexible</i> .....	43
2.1.3. <i>Entornos virtuales de aprendizaje, EVA</i> .....	52
2.1.4. <i>Blended Learning en el proceso enseñanza - aprendizaje</i> .....	64
2.1.5. <i>Habilidades asociadas al proceso enseñanza aprendizaje</i> .....	68
2.2.    TRABAJO COOPERATIVO EN EL CONTEXTO DEL PROCESO ENSEÑANZA APRENDIZAJE.....	71
2.3.    EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO EN EL CONTEXTO DEL PROCESO ENSEÑANZA - APRENDIZAJE.....	81
<b>CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>95</b>
3.1.    CONCEPCIÓN EPISTEMOLÓGICA EN LA QUE SE APOYA LA INVESTIGACIÓN.....	95
3.2.    TEORÍAS COGNITIVAS DEL APRENDIZAJE .....	101
3.2.1. <i>Ausubel y el Aprendizaje Significativo</i> .....	102
3.2.2. <i>Piaget y el desarrollo cognitivo</i> .....	110
3.2.3. <i>Vygotsky y la Zona de Desarrollo Próximo</i> .....	112
3.3.    APRENDIZAJE COOPERATIVO .....	114
3.4.    E LEARNING - BLENDED LEARNING .....	118
<b>CAPÍTULO 4: PROPUESTA METODOLÓGICA DE ENSEÑANZA</b> .....	<b>149</b>
4.1.    COMPONENTES DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA DE ENSEÑANZA .....	149
4.2.    ONDAS MECÁNICA.....	155
4.2.1 <i>Introducción</i> .....	155
4.2.2 <i>Ondas en Cuerdas</i> .....	161
4.2.3 <i>Ondas de presión o sonoras</i> .....	187
4.2.4 <i>Ondas elásticas en una barra</i> .....	199
4.2.5 <i>Efecto Doppler</i> .....	204
4.2.6 <i>Ampliación del concepto de ondas</i> .....	208
<b>CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	<b>215</b>
5.1    METODOLOGÍA.....	215
5.2    TIPO DE ESTUDIO.....	215
5.3    DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	216
5.4    VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	218
5.5    MUESTRA .....	221
5.6    INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN .....	223
5.7.    TÉCNICAS USADAS EN EL TRATAMIENTO DE DATOS .....	225
<b>CAPÍTULO 6: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>229</b>
6.1    RENDIMIENTO ACADÉMICO.....	229
6.2    RESULTADOS EN EL APRENDIZAJE .....	242
6.3    GRADO DE SATISFACCIÓN DE LOS ESTUDIANTES. ....	285
6.4    DESARROLLO DE HABILIDADES ACTITUDINALES Y COGNITIVA. ....	294
<b>CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y PROYECCIONES</b> .....	<b>305</b>

7.1	PROPUESTA METODOLÓGICA DE ENSEÑANZA EFBAS .....	305
7.2	RENDIMIENTO ACADÉMICO DE LOS ESTUDIANTES. ....	307
7.3	RESULTADOS DE APRENDIZAJE EN LOS ESTUDIANTES. ....	308
7.4	GRADO DE SATISFACCIÓN CON EFBAS .....	310
7.5	DESARROLLO DE HABILIDADES ACTITUDINALES Y COGNITIVAS. ....	310
	PROYECCIONES .....	312
	V DE GOWIN: INVESTIGACIÓN DE EFBAS EN BLENDED LEARNING .....	314
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>317</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>333</b>
	ANEXO 1: PROGRAMAS DE LOS CURSOS.....	333
	ANEXO 2: PROBLEMAS PROPUESTOS .....	338
ANEXO 3.	EVALUACIONES DE RENDIMIENTO ACADÉMICO.....	345
ANEXO 4.	ENCUESTAS.....	351
ANEXO 5.	PRUEBA INTEGRAL, MAPAS CONCEPTUALES, FOROS, TALLERES .....	354
5.1	<i>Prueba Integral sobre Ondas Mecánicas:</i> .....	354
5.2	<i>Mapas conceptuales</i> .....	360
5.3	<i>Foros de discusión producto de las ayudantías</i> .....	373
5.4	<i>Talleres</i> .....	385

## RESUMEN

En los últimos años ha aparecido un nuevo concepto que surge con fuerza en el contexto de la enseñanza, se trata de "Blended Learning", conocido como un aprendizaje mixto, que combina lo presencial con lo virtual. En la presente investigación doctoral se propone un Modelo de Enseñanza de la Física Basada en el Aprendizaje Significativo (EFBAS), ambientado en Blended Learning, con apoyo del trabajo cooperativo, para favorecer la sociabilización y el grado de aceptación del modelo, y cuyo fin es mejorar el rendimiento académico y promover el aprendizaje significativo en los estudiantes. Además, se pretende desarrollar habilidades actitudinales y cognitivas asociadas a la utilización de la metodología de enseñanza. Esta investigación se sustenta en la Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel, en los conceptos de adaptación, asimilación, acomodación y equilibración de Piaget, en la Zona de Desarrollo Próximo de Vygotsky y las componentes básicas del aprendizaje cooperativo de Johnson y Johnson.

La investigación de acuerdo a la naturaleza de sus registros se resuelve a través del paradigma cuantitativo y con algunos elementos complementarios de carácter cualitativo, de manera de otorgar una mirada alternativa, en especial, en los aprendizajes logrados. La metodología de investigación es un cuasi experimento que compara el rendimiento académico y el aprendizaje entre un grupo experimental y uno control, en la unidad temática de las Ondas Mecánicas, realizado en carreras de pregrado universitario. Los resultados de la investigación aseguran que la propuesta de enseñanza EFBAS mejora en forma importante los rendimientos académicos. En cuanto a los aprendizajes de los conceptos fundamentales de las ondas mecánicas, obtenidos de la aplicación de la metodología de enseñanza, estos se consideran significativos. La propuesta de enseñanza es bien recibida por los estudiantes, en los aspectos tales como: experiencia académica, didáctica y práctica docente. Además permite explorar aquellas habilidades actitudinales y cognitivas que desarrolla la aplicación de la propuesta y mostrar el camino hacia donde deben dirigirse el futuro de las innovaciones en metodologías de enseñanza.



## **ABSTRACT**

“Blended Learning” is a new concept which has emerged successfully in education, during the last years, as understood as mixed learning which combines face-to-face interaction and virtual learning. Through this doctoral research a Physics Teaching Model based on Meaningful Learning (EFBAS Spanish acronym) is proposed as it considers blended learning with cooperative work as support to favour socialization and the students’ acceptance of the model. Its aim is to improve students’ achievement and to promote meaningful learning in the students. Moreover, the present research tries to develop attitudinal and cognitive abilities associated to the use of this new teaching methodology. It is sustained on Ausubel’s Meaningful Learning Theory, on Piaget’s concepts of assimilation, adaptation, accommodation and equilibrium, on Vygotsky’s zone of proximal development and on Johnson and Johnson’s basic components of cooperative learning.

The research - according to the nature of the data – is solved through the quantitative paradigm with some complementary elements of the qualitative approach as to have an alternative view especially referring to achieved learning. Research methodology is a quasi experiment that compares academic achievement and learning between an experimental and a control group. The subject-matter developed is a learning unit dealing with mechanical waves in courses delivered to undergraduate students.

The research results declare that the educational proposal of EFBAS improves academic achievements meaningfully. As far as the learning of the fundamental concepts of the mechanical waves is concerned, this is considered meaningful too. The teaching proposal is well received by the students mainly in such aspects as: academic experience, didactics and, teaching practice. In addition, it allows to explore attitudinal and cognitive abilities that the application of the proposal develops as well as to show the way towards innovative teaching methodologies should address in the future.









## INTRODUCCIÓN

Los fenómenos de interés en la enseñanza están relacionados con el currículum, con el acto de enseñar, el contexto, y sobre todo con el aprendizaje; todos ellos íntimamente orientados hacia la evaluación. Las actuales investigaciones en el campo de la enseñanza aprendizaje de las ciencias se orientan y fundamentan en las teorías cognitivas. Una de ellas es la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel. Para Ausubel, lo más importante para lograr el aprendizaje significativo es el conocimiento previo, la experiencia previa, o la percepción previa, donde el aprendiz debe manifestar una predisposición para relacionar de manera no-arbitraria y no literal el nuevo conocimiento con el adquirido previamente. La globalización y el surgimiento de las nuevas tecnologías de la información y comunicación, TIC, proporcionan muchas y variadas formas de adquirir nuevos conocimientos y, por consiguiente, cada vez más complejos para el aprendizaje. Para el Ministerio de Educación en Chile, la problemática sobre la calidad de la educación ha creado un serio problema, especialmente, en la acreditación de las carreras de pregrado universitarias. Mejorar la calidad de los aprendizajes en ciencias no es fácil, ya que no se registran verdaderos aportes e investigaciones sobre el tema. Por ello, la problemática de esta investigación es analizar y dar respuesta a las interrogantes: ¿Cómo producir aprendizajes significativos en asignaturas científicas, con especial atención en Física? ¿Cómo incorporar las TIC al proceso de enseñanza aprendizaje, y de qué manera trabajar en grupo, en un mundo tan competitivo y personalista?

Para dar respuesta a la problemática antes planteada, la presente investigación propone un *modelo metodológico de enseñanza de la Física*, basado en el aprendizaje significativo de Ausubel, EFBAS, en ambientes de trabajo cooperativo para favorecer la sociabilización y el grado de aceptación del modelo, apoyados en Blended Learning, a través de la plataforma virtual Moodle. Todo ello, con el fin de mejorar el *rendimiento* y la *calidad de los aprendizajes* en las asignaturas de Física, en carreras de pregrado universitarios, y en particular, en un curso de Ondas Mecánicas de la carrera de Pedagogía en Química y Ciencias de la Universidad de Playa Ancha, perteneciente al Consejo de Rectores, y con sede en la ciudad de Valparaíso, Chile.

La investigación se sustenta en la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, en los conceptos de adaptación, asimilación, acomodación y equilibración de Piaget, la zona de desarrollo próximo de Vygotsky, en las componentes básicas del aprendizaje cooperativo de

Johnson y Johnson, la enseñanza a través de internet de Barron, y el modelo de Kahn sobre la teleformación. En relación a lo epistemológico, la investigación se orienta en el constructivismo, en las ideas de Coll sobre el papel del aprendiz y en los obstáculos epistemológicos y pedagógicos de Bachelard.

La metodología de la investigación utilizada es cuantitativa; es un diseño experimental, que compara rendimientos académicos entre dos grupos: el *grupo experimental* que utiliza el modelo metodológico de enseñanza propuesto y el *grupo control* que sigue la metodología de enseñanza tradicional. Para establecer la calidad de los aprendizajes del grupo experimental se propone una metodología cualitativa mediante el estudio de seis casos. La aceptación del modelo y la generación de competencias genéricas, por parte de los alumnos, se realizan mediante un estudio de encuesta. Para el tratamiento y análisis de la información se utiliza el paquete estadístico SPSS, versión 15.0

Los resultados pretenden mejorar los rendimientos académicos y la calidad de los aprendizajes de los alumnos en las asignaturas de Física, de carreras universitarias de pregrado. Además de permitir a los mismos resolver problemas con el respaldo de una buena conceptualización y que acepten y comprendan las ventajas del modelo propuesto. Finalmente, se espera que el modelo propuesto sea un real aporte al conocimiento en la enseñanza de las ciencias y permita fortalecer la Teoría del Aprendizaje Significativo.

La investigación se desarrolla en tres etapas: la primera, donde se recogen los sustentos teóricos que permitan elaborar una propuesta de enseñanza de la Física en ambientes semi presenciales (Blended Learning), EFBAS. Una segunda etapa, donde se pone en funcionamiento la propuesta en un experimento piloto y una etapa final, donde se aplica en forma definitiva la propuesta. Para ello, en la tabla I.1, se muestra un esquema que grafica las etapas de la investigación.

El trabajo de esta tesis doctoral se ha estructurado en capítulos, organizados de manera tal, que aporten una visión coherente en su accionar.

En el capítulo primero, se expone el planteamiento del problema a investigar. Comienza con la presentación de la problemática holística que tiene la enseñanza de las ciencias en la actualidad. Luego se contextualiza para adecuarla a la realidad chilena, sin perder la generalidad, acotando o delimitando el problema, de manera que se especifiquen claramente las variables de interés, el lugar donde se desarrolla esta investigación y la población representada, para finalizar en la resolución concreta del problema. Se intenta implementar una metodología de enseñanza de la Física basada en el aprendizaje significativo (EFBAS), ambientada en una educación semi presencial Blended Learning, capaz de afectar

positivamente en el rendimiento académico y en los aprendizajes logrados y facilitar el desarrollo de habilidades actitudinales y cognitivas que la sociedad demanda. Se plantean los objetivos y las hipótesis en forma de preguntas, las cuales se irán resolviendo durante el desarrollo del corpus de trabajo.

**Tabla I.1**  
Secuencia temporal de la tesis

<b>Etapas</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Resultados</b>
<b>Etapa 1</b> <b>2001 al 2003</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar una propuesta de enseñanza EFBAS, en Blended Learning</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis teórico de la propuesta</li> <li>• Construcción de la propuesta EFBAS</li> </ul>
<b>Etapa 2</b> <b>2003 - 2007</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poner en marcha la propuesta como experimento piloto.</li> <li>• Evaluar la propuesta EFBAS, con efectos sobre rendimiento y aprendizajes.</li> <li>• Poner a punto la propuesta EFBAS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación EFBAS, en experimento grupo experimental y control</li> <li>• Análisis sobre resultados aplicación.</li> <li>• Propuesta de cambios y perfeccionamiento EFBAS.</li> </ul>
<b>Etapa 3</b> <b>2007 al 2010</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste de la propuesta EFBAS</li> <li>• Aplicación de la propuesta EFBAS, en un experimento definitivo</li> <li>• Evaluación de la propuesta EFBAS</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inclusión de dos nuevas consecuencias de EFBAS: grado satisfacción, competencias genéricas.</li> <li>• Análisis esperados de rendimiento académico y aprendizaje logrado.</li> <li>• Elaboración de conclusiones.</li> </ul>

En el capítulo siguiente, capítulo dos, se hace una revisión de los diferentes trabajos que han enriquecido y aportado al desarrollo científico de las temáticas en la cual se sustenta la investigación: aportes de uso de las TIC en el proceso de enseñanza - aprendizaje (elearning, educación flexible, entornos virtuales de aprendizaje, blended learning), aprendizaje cooperativo, aprendizaje significativo e innovación como proceso educativo de cambio. Después de cada análisis bibliográfico de los aportes, se hacen comentarios referentes al impacto en la propuesta EFBAS de enseñanza.

En el capítulo tres, correspondiente al marco teórico, se analizan y discuten aquellas ideas epistemológicas que le darán sustento a la investigación, comentando cada una de las contribuciones a la propuesta de estudio. Luego, se presentan los elementos de las teorías educativas, que sustentan teóricamente la propuesta EFBAS de enseñanza, añadiendo

acotaciones sobre los elementos que sirven de base en la elaboración del marco teórico de la investigación.

En el cuarto capítulo, se presenta la propuesta metodológica de enseñanza de las Ondas Mecánicas, EFBAS, en el contexto de cursos de pregrado de carreras universitarias. En la metodología de enseñanza se visualizan: contenidos a enseñar, contextos de aprendizajes, actividades, planificación, formas de evaluación, material potencialmente significativo (contenidos desarrollados, aplicaciones, ayudantías, foros de discusión, mapas conceptuales, talleres de resolución de problemas). Esta metodología puede ser utilizada por cualquier profesor y será éste mismo quien puede comprobar su eficacia.

En el capítulo cinco, se muestran los elementos técnicos que permiten explicar cómo se resuelve metodológicamente la investigación. Se precisa el tipo de metodología escogida, tipo de estudio, diseño de la investigación, variables, instrumentos de medición, muestra y técnicas estadísticas usadas para la interpretación de los datos.

En el capítulo siguiente, se desarrolla la metodología de la investigación anteriormente planteada. Se procede al análisis y discusión de los resultados obtenidos al aplicar la metodología de enseñanza EFBAS. Estos resultados dan respuesta a cada una de las preguntas de la investigación planteada en el capítulo 1. Se analizan los efectos de la propuesta EFBAS en el rendimiento académico, el efecto provocado en el aprendizaje, determinando el grado de satisfacción que manifiestan los alumnos en la aplicación de la propuesta EFBAS. Finalmente se hace un estudio sobre el desarrollo de habilidades actitudinales y cognitivas promovidas por esta propuesta.

En el último capítulo, se presentan las conclusiones generales y las conclusiones parciales que corresponden a cada una de las preguntas de investigación. Todas ellas, avaladas por los resultados obtenidos. Luego, se realizan proyecciones de la investigación tanto internas como externas, que puedan ser útiles para nuevos estudios. El capítulo concluye con la aplicación de la técnica Heurística de Gowin sobre la investigación realizada en esta tesis doctoral.

Finalmente, se presentan dos apartados. El primero, da a conocer las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de este trabajo de tesis de doctorado; el segundo, que corresponde a los anexos, incluye datos e información relevante que avalan el desarrollo y los resultados de esta investigación.

## **CAPÍTULO 1**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**









## CAPÍTULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Problemática

Por todos es sabido que las asignaturas de ciencias naturales y exactas en todas las carreras universitarias tienen índices de aprobación muy bajo, situación que suele repetirse en gran parte de los países del mundo. Las razones pueden ser muchas y variadas, y esperamos, a través de este planteamiento, poder aclarar y abordar. En este contexto, la Física, dentro del rango de las asignaturas científicas, es la que lidera los niveles de reprobación.

En Chile, la educación superior vive una profunda crisis; todas las universidades se encuentran abocadas al fenómeno de acreditación, sean estas institucionales, de carreras de pregrado o de grados académicos, centrándose en el problema de la calidad de la educación. Se invierte mucho dinero, pero los resultados no son óptimos. Se espera que los alumnos logren aprendizajes de calidad con metodologías antiguas, basadas en teorías conductistas de hace cincuenta años atrás. Se incorporan medios y nuevas tecnologías al proceso educativo, sin la debida práctica o supervisión y por ende no se obtienen resultados positivos. Estas aseveraciones demuestran falta de claridad, conocimiento y desarrollo de la investigación en educación de las ciencias.

La educación en ciencias, según Moreira (2004: 10-17)” tiene como objetivo hacer que el alumno aprenda a compartir significados en el contexto de las ciencias, interpretar el mundo desde el punto de vista científico, manejar algunos conceptos, leyes y teorías científicas, abordar problemas, razonar científicamente e identificando aspectos históricos, sociales y culturales de las ciencias. El entrenamiento de un científico debe incluir la educación en ciencias, pero no a la inversa. La educación en ciencias no implica introducir al alumno en un laboratorio, ni transformarlo en un especialista en resolución de problemas, o un futuro investigador. No es esa su misión”.

La producción de conocimiento en la educación en ciencias “es la búsqueda de respuestas a preguntas sobre enseñanza, aprendizaje, currículum y contexto educativo, así como el profesorado de ciencias y su formación permanente, dentro de un cuadro epistemológico, teórico y metodológico consistente y coherente en el cual el contenido específico de las ciencias está siempre presente”.

En ese estudio realizado por Moreira sobre la investigación básica en educación en ciencias, se hace notar que los factores de “desarrollo, debilidades, recomendaciones de la investigación en educación en ciencias, y formación de profesores. En lo que se refiere al

*desarrollo*, las tendencias actuales se orientan hacia investigaciones relativas a la evaluación de aprendizajes, al uso de las tecnologías, a la formación de profesores de ciencias. Las principales *debilidades* las dirige hacia la falta de líneas progresivas de investigaciones, carentes de marco teóricos, metodológicos y epistemológicos coherentes, a la poca transferencia al aula del conocimiento revelado por las investigaciones, al uso de los enfoques cualitativos con la etiqueta de “todo vale”, la ausencia de una visión más compleja de los procesos de aprendizaje que no son sólo cognitivos. En las *recomendaciones* para las investigaciones en educación en ciencias, Moreira propone mejorar la calidad de estas investigaciones en términos de preguntas y fundamentación teórica, metodológica y epistemológica, preocupándose de los focos de estudio, de la incorporación de profesores a grupos de investigación, y de generar líneas de trabajo progresivas. Concluye que las universidades y sistemas de educación secundaria y primaria deberían promover medios y valorar la investigación en enseñanza de las ciencias, para que los profesores no universitarios puedan participar de los grupos y proyectos de investigación. Además, que la investigación en educación científica debe estar presente en el currículum de la formación inicial de profesores de ciencias”.

Es claro que el estudiante no construye el conocimiento en solitario, sino es producto de la mediación con otros agentes, profesores y compañeros de curso, y del contexto cultural en el que se encuentra inmerso. Una de las principales causas del bajo rendimiento, para quienes investigan el campo de enseñanza de las ciencias, es la docencia que está en manos de profesores llamados de “sentido común”, término acuñado por Piaget, seguido por Ausubel, Novak, Resnick, Gil, y compartido plenamente en este estudio.

Un profesor de sentido común se reconoce por ciertas características, tales como:

- Tiene una visión simplista de lo que es la ciencia y el trabajo científico.
- Reduce el aprendizaje de las ciencias a ciertos conocimientos, desarrolla ciertas destrezas, olvidando aspectos históricos y sociales. Se siente obligado a cumplir con los programas.
- Considera como natural el fracaso de los estudiantes en las materias científicas, por una visión prejuiciosa de capacidades intelectuales, sexo, raza, extracción social, etc.
- Suele atribuir las actitudes negativas de los estudiantes hacia el conocimiento científico a causas externas, ignorando su propio rol.

- Paradójicamente, tiene la idea de que enseñar es fácil, es cuestión de personalidad, de sentido común, de encontrar una receta adecuada y es poco consciente de la necesidad del cómo se aprende.

Muy por el contrario, en el contexto del aprendizaje significativo, el docente juega un papel preponderante en el proceso de aprendizaje. Suele denominarse “docente experto”, el que tiene roles asignados como transmisor de conocimiento, animador, supervisor o guía del proceso de aprendizaje, investigador educativo. Sus características se reconocen por:

- Poseer conocimiento teórico suficientemente profundo y pertinente acerca del aprendizaje, el desarrollo y el comportamiento humano.
- Desplegar valores y actitudes que fomentan el aprendizaje y las relaciones humanas genuinas.
- Dominar los contenidos o materias que enseña.
- Posee control de estrategias que facilitan el aprendizaje del alumno y la motivación.
- Tener conocimiento personal práctico sobre la enseñanza.

Desde el punto de vista de la investigación educacional, el aprendizaje significativo ha hecho contribuciones y aportes importantes al proceso de enseñanza aprendizaje, especialmente en lo procedimental y en la motivación intrínseca que genera. Sin embargo, en ciencias, por la forma de procesar el conocimiento científico, este constructo tiene una riqueza que aún no ha sido trabajado con toda profundidad. El cómo producir con facilidad, la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, sabiendo que los alumnos tienen una fuerte tendencia de modelar, son los conceptos claves que constituyen la esencia de este trabajo de investigación.

Las Tecnologías de la Información y Comunicación, TIC, como el computador e Internet y sus materiales de aprendizaje virtual y digital como software educativo, software de productividad y la diversidad de servicios de la red, pueden constituirse en buenos aliados para una pedagogía activa, en buenos socios de aprendizajes constructivos y significativos. Todo depende de la metodología, de su integración curricular y de su uso (el saber cómo, para qué, y cuándo utilizamos la tecnología para aprender). Es importante tener en consideración que las TIC son nuevos y poderosos medios de apoyo en el aprendizaje. El “construir y el aprender” del alumno debe ser lo visible del proceso de aprendizaje, mientras que las tecnología deben ser más invisible.

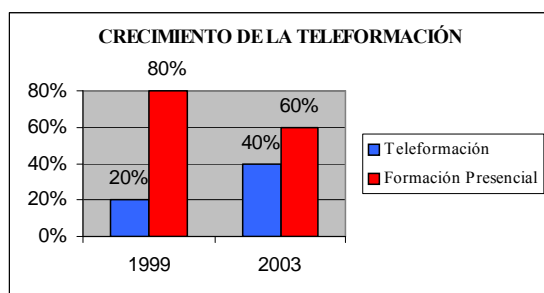
Urduy y Weggen (2000) define “elearning” como la educación a distancia donde los contenidos se desarrollan a través de cualquier medio electrónico, incluyendo Internet, Intranet, Extranet, cintas de audio/video, televisión interactiva y Cd-ROM. Es el nuevo concepto con que se conoce a la educación a distancia. También suele llamarse teleformación o teleeducación. Como se aprecia, el concepto es amplio y tiene una gran variedad de posibilidades educativas a distancia. Aparecen los conceptos de formación sincrónica y asincrónica. Hasta hace poco tiempo, toda la educación a distancia era asincrónica. Sin embargo, con la introducción de las nuevas tecnología existe la posibilidad de realizar una formación sincrónica, donde educadores y alumnos escuchan, leen y/o se ven en el mismo momento, independientes del lugar físico donde se encuentren.

Barron (1998) establece tres niveles para la formación a través de Internet:

1. Cursos por correspondencia que utilizan correo electrónico. El alumno recibe los libros y se comunica con el tutor vía correo electrónico.
2. Formación mejorada con la Web. Es una modalidad abierta y accesible que utiliza los recursos disponibles en Internet: foros de discusión, chats, alojamientos de páginas.
3. Plataformas de teleformación con ambientes de aprendizaje virtuales en que los alumnos encuentran todo aquello que necesitan para aprender.

El elearning o teleformación ofrece una formación de calidad a una amplia variedad de personas, en cualquier momento e independientemente del lugar en que se resida. El elearning revoluciona la manera clásica de aprender, creando un nuevo paradigma más centrado en el aprendizaje que en la enseñanza. Para ello, debe existir una planificación clara y precisa, guiada adecuadamente por un profesor que lo lleve a un verdadero aprendizaje.

El aumento significativo de la educación a distancia se produce a fines del siglo XX y a comienzo del siglo XXI. A continuación, se muestra una gráfica del crecimiento de la teleformación entre los años 1999 al 2003, según datos otorgados por Corporate University Xchange.



**Gráfico 1.1:** Aumento de la Teleformación entre los años 1999 v 2003.

Sin embargo, elearning se ha estancado, ya que no ha respondido a las expectativas que se habían creado al respecto. Por ello, no se han realizado nuevos estudios sobre el avance de elearning y su trascendencia. El problema se puede enfocar desde dos expectativas: las dificultades que genera el modelo subyacente y los defectos generados por un economicismo dominante en muchos de los proyectos. Las dificultades del modelo, por lo general, se manifiestan en una formación a distancia sólo potenciada por la tecnología, con cursos a distancia con computadores e internet. La parte económica ha influido negativamente en la formación, por los fenómenos de la globalización, especialmente en la rentabilidad que deben otorgar cada una de las actividades que se diseñan para la educación virtual. Entonces, se generan deficiencias notoriamente visibles como: tutores de bajo costo, sobrecarga de trabajo, materiales de trabajo elaborados para otros ambientes, mucho marketing, entre otras.

Todo esto ha llevado a la aparición del concepto de Blended Learning, concebido como una respuesta más bien alternativa, especialmente para las instituciones presenciales, ya que corresponde a un modelo de enseñanza virtual-presencial.

Una de las definiciones más aceptada de Blended Learning (también se reconoce como educación flexible, educación híbrida), es “un diseño docente en el que tecnologías de uso presencial (físico) y no presencial (virtual) se combinan con el fin de optimizar el proceso de aprendizaje”. Un aspecto a destacar del Blended Learning es que se centra en los procesos de aprendizaje, sustentado por teorías de la psicología cognitiva para el diseño del uso de medios tecnológicos.

En consecuencia, tanto elearning como Blended Learning han creado un campo de investigación educativa interesante de abordar, porque pueden crear ambientes de enseñanza aprendizaje que puede aportar mucho para mejorar los procesos cognitivos de las ciencias, fundamentalmente cuando las investigaciones son sustentadas por cuerpos teóricos modernos y potentes.

Orientando el problema educativo a la realidad en Chile, se puede afirmar que han ocurrido diversos cambios en la educación superior en estos últimos años y se esperan otros más. Las universidades deben enfrentar nuevos escenarios por lo que tienen que adaptarse a las nuevas circunstancias, asegurando en todos los casos la calidad de sus servicios. Un cambio importante ha sido el aumento de instituciones de educación superior en el ámbito regional y nacional como consecuencia de la reforma educacional de 1980. En ese año existían sólo 8 universidades. En marzo de 2011, el número aumentó a 57 universidades (25 de ellas, pertenecen al Consejo de Rectores de Universidades Chilena, CRUCH, con aportes

de estado, el resto son universidades Privadas), 41 Institutos Profesionales y 64 Centros de Formación Técnica. De estas instituciones, en la Región de Valparaíso, existen: 13 universidades, de las cuales 5 son del Consejo de Rectores y 8 de carácter privada, 15 de Institutos Profesionales y 13 de Centros de Formación Técnica.

Este notable incremento de instituciones de educación superior, ha hecho pensar y reflexionar sobre si realmente se cumple con el imperativo de asegurar la calidad de sus servicios. Por esta razón, se crea en marzo de 1999 la Comisión Nacional de Acreditación de Pregrado (CNAP), en el marco de las actividades de aseguramiento de la calidad del proyecto MECESUP (Mejoramiento de la Calidad de la Educación Superior) del Banco Mundial. La CNAP ha desarrollado procesos experimentales de evaluación y acreditación de carreras técnicas y profesionales, y ha elaborado una propuesta para un sistema nacional de aseguramiento de la calidad, bases de la presentación del proyecto de ley que el Ministerio de Educación tramita actualmente. A fines del año 2002 la CNAP, a petición del Ministerio de Educación, inicia la elaboración de un proyecto piloto para el desarrollo de procesos experimentales de acreditación institucional. A marzo de 2011, todas las universidades de CRUCH se han incorporado a ella.

El proyecto de Ley que estudia el Ministerio de Educación, para el aseguramiento de la calidad de la Educación Superior, tiene entre sus objetivos el dar garantía pública de la calidad de las instituciones de educación superior y de los programas que imparten, promover y apoyar el mejoramiento continuo y sistemático de las instituciones de educación superior y de sus programas, establecer una instancia de coordinación del conjunto de funciones y actividades que apuntan al mejoramiento de la calidad de la educación superior y de las condiciones que la capaciten para responder a estándares de validez nacional e internacional.

Hasta los años sesenta, la educación superior era básicamente de dependencia pública, el estado asumía el financiamiento y las instituciones, su regulación. En los años ochenta se han reducido los recursos asignados al sector y se ha incentivado la participación de las instituciones privadas. Esta incorporación del sector privado y el incremento de la demanda por educación superior, promovieron una gran diversificación del sistema educativo. En este nuevo escenario, junto a los aspectos relativos al incremento y variedad de la oferta y aumento creciente de la cobertura, resulta obvia la emergencia sobre el aumento de la calidad. Pero todo esto no es ajeno al tema de la equidad, determinado por el hecho de que vastos sectores sociales no pueden responder a los gastos que demanda la educación superior



de los jóvenes y por profundos desequilibrios del desarrollo cultural, científico y tecnológico de las regiones, en comparación con el centro metropolitano del país.

En general, la política de educación superior, pensando en los cambios que ella requiere para adaptarse a estos nuevos escenarios, se orienta hacia cuatro objetivos fundamentales:

- Mejorar la calidad de la educación superior en todos sus niveles, procurando establecer un compromiso con un sistema de evaluación y mejoramiento de la calidad basado en principios de autorregulación consistentes con procesos de autoevaluación institucional y evaluación por pares académicos, valorando, además, la diversidad del sistema de educación superior y fortaleciendo los instrumentos y mecanismos de política existentes.
- Lograr igualdad de oportunidades tanto en las condiciones de acceso como también de retención en el sistema universitario.
- Fomentar el desarrollo regional, promoviendo alternativas de formación superior e investigación en las distintas regiones del país.
- Internacionalizar la educación superior.

El foro de la educación superior del año 2000 ha señalado la existencia de tres desafíos que deben enfrentar las universidades. Entre ellos, la incorporación e inserción de las tecnologías de la información en las universidades. Dada la velocidad de cambio que tienen dichas tecnologías, su incorporación impacta en las decisiones de inversión que adopta cada unidad del sistema. Como un segundo desafío se incluyen las transformaciones del marco institucional y económico: transformaciones en términos gubernamentales, estructuras organizacionales y modos de operación que permitan enfrentar la competencia, superar los problemas de financiamiento y mejorar la relación con el tejido productivo. Por último, como tercer desafío, la redefinición del rol y funciones de la universidad, de acuerdo con la sociedad de la información, lo que conlleva un mayor peso del conocimiento en el desarrollo de la sociedad e impone importantes y nuevos desafíos en la institución que tradicionalmente ha sido el lugar central de generación y transmisión del saber.

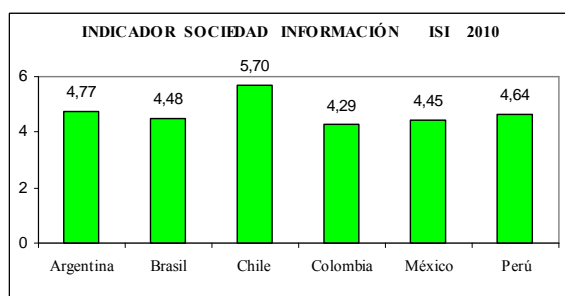
La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización de las Naciones Unidas para la educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) advertían ya hace una década que al convertirse el conocimiento en el elemento central del nuevo paradigma productivo, la transformación educativa es un factor fundamental para desarrollar la capacidad de innovación y la creatividad, a la vez que la integración y la solidaridad,

aspectos claves tanto para el ejercicio de la moderna ciudadanía como para alcanzar altos niveles de competitividad. El crecimiento de la innovación y el conocimiento en las economías hace de la educación una inversión con alta tasa de retorno, produce acceso al trabajo y redes de circulación de conocimiento. Además, las universidades deben fortalecer las nuevas destrezas requeridas en la sociedad, la capacidad para adaptarse a los cambios y a las nuevas situaciones producidas en la vida cotidiana. Es necesario realizar un cambio en las modalidades de educación, en la calidad, equidad y pertinencia del sistema educativo.

La Educación en América Latina y el Caribe enfrenta grandes problemas de logros y de equidad: el nivel de logros educativos ha aumentado en una proporción menor comparado con otras zonas, principalmente a causa de la deserción escolar. La disparidad en logros de aprendizaje es alta y persisten las brechas educativas según ingreso, clase social y localización territorial.

Otro problema que provoca diferencias en los avances educacionales es el acceso a las tecnologías de la información y comunicación. La brecha digital, por nivel educativo, incrementa la desigualdad en los logros educacionales y la calidad del aprendizaje. Ante estas nuevas circunstancias, las universidades tratan de no quedar atrás y cada día incorporan más tecnologías de la información y comunicación, de manera de lograr adecuarse a los cambios. Este mundo virtual que se incorpora tiene directa relación con la cultura, es decir, deben interrelacionarse las tecnologías, la cultura y la educación.

Chile se mantiene como el país con mayor grado de avance en la Sociedad de la Información de Latinoamérica, de acuerdo a los resultados del Indicador de la Sociedad de la Información (ISI), elaborado trimestralmente por la Consultora Multinacional de Negocios y Tecnología *everis* y el Centro de Estudios Latinoamericanos de la Universidad de Navarra, España. El indicador ISI considera dos componentes básicos: la evolución en el uso de las TIC y el desarrollo de aspectos clave del entorno de la sociedad de la Información. A continuación, se muestra una gráfica, ver gráfico 1.2, sobre los resultados ISI, estudio realizado en el primer trimestre de año 2010, dentro de los países Latinoamericanos.



**Gráfico 1.2.** Indicadores Sociedad Información ISI, en Latinoamérica, 2010

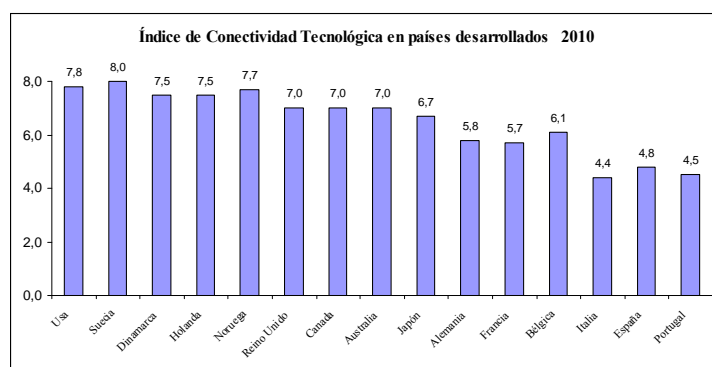
La escala de evaluación es de 1 a 10, donde el promedio del indicador ISI, en Latinoamérica es 4,50.

Otro antecedente importante para tener en cuenta sobre el uso de las tecnologías en el proceso educativo, es el estudio Connectivity Scorecard (2010), realizado por Leonard Waverman del London Business School, encargado por Nokia Siemens Networks, y cuyo objetivo es medir el uso útil de las Tecnologías de la Comunicación y la Información (TIC), además de indicar el nivel en que el consumidor, empresas y gobierno hacen uso adecuado de las TIC. El estudio se determina mediante un Índice Mundial de Conectividad Tecnológica (ICT), valorado de 1 a 10, y que se realizó en 50 países del mundo. La muestra de los países se divide en dos grupos: por una parte los países con economías desarrolladas (llamados países desarrollados) y, por otro lado, aquellos con economías emergentes (países en vía de desarrollo).

A continuación, se muestran los resultados de ese estudio según su puntuación.

Tabla 1.1. Países con economías desarrolladas.

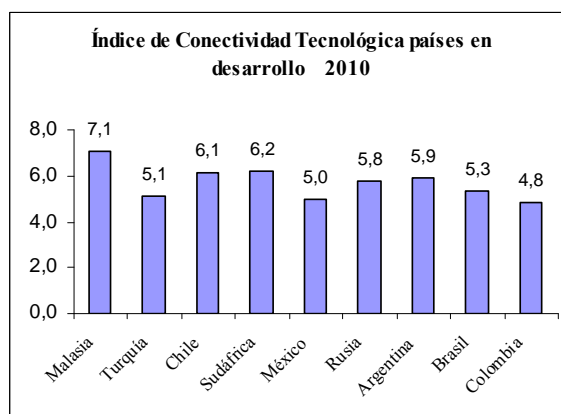
País	Índice de conectividad
Estados Unidos	7,8
Suecia	8,0
Dinamarca	7,5
Holanda	7,5
Noruega	7,7
Reino Unido	7,0
Canadá	7,0
Australia	7,0
Japón	6,7
Alemania	5,8
Francia	5,7
Bélgica	6,1
Italia	4,4
España	4,8
Portugal	4,5



**Gráfico 1.3:** Índice de Conectividad Tecnológica en países desarrollados.

**Tabla 1.2:** Países con economías emergentes.

País	Índice de conectividad
Malasia	7,1
Turquía	5,1
Chile	6,1
Sudáfrica	6,2
México	5,0
Rusia	5,8
Argentina	5,9
Brasil	5,3
Colombia	4,8

**Gráfico 1.4:** Índice de Conectividad Tecnológica en países emergentes.

Es claro observar que Chile ocupa un lugar privilegiado en el mundo en conectividad tecnológica, el tercero dentro de las economías emergentes, y el primero entre los países de Latinoamérica. El área que resultó mejor evaluada en Chile fue la infraestructura y el uso de las tecnologías en el mundo de los negocios. Es ahí donde el país obtuvo puntajes muy altos. Sin embargo, este alto desempeño fue en parte nublado por el bajo uso que el Gobierno le da a la infraestructura en comunicaciones. Esto, finalmente, influyó en que el país perdiera puntaje dentro de la tabla, aunque igualmente se mantuvo dentro de los primeros lugares porque el peso relativo del área gobierno es menor que la que le da el estudio al mundo de los negocios y los consumidores.

Según el reporte, Chile se ha erguido como “modelo” para otros países latinoamericanos en términos de estabilidad económica. Sus aspectos más fuertes son la alta penetración de banda ancha, teléfonos móviles, cobertura de redes móviles, PSTN (Public Switched Telephone Network, redes que se utilizan para la comunicación telefónica) y uso de Internet. El desafío está en avanzar, creando prosperidad a través del uso eficiente de las tecnologías y la innovación, especialmente, en la incorporación al proceso educativo.

No se puede dejar de comentar que en esta era del conocimiento las capacidades y habilidades del recurso humano son consideradas como un capital para las instituciones, capital de gran importancia e impacto en el rol de las universidades respecto de la transmisión y creación de conocimientos. La educación es la base para crear las adaptaciones para las

nuevas realidades, elaboración de nuevos proyectos y preparación para vivir en un mundo multicultural, sometido a fuertes tensiones y de acelerado dinamismo.

Pero no se puede cumplir aisladamente esta tarea. Es imprescindible estar vinculado al mercado laboral y la clave para ello es mantener una relación directa entre la información de la demanda del mercado y la oferta en educación superior, como única manera viable para lograr satisfacer las necesidades de la sociedad actual. Las universidades seguirán teniendo nuevos desafíos. Los nuevos escenarios la obligarán a potenciar y fortalecer sus acciones y desarrollar nuevas áreas de formación, capacitación, perfeccionamiento y especialización según las necesidades que la sociedad y el mercado requieran.

El decreto con Fuerza de Ley N° 2 del Ministerio de Educación Pública, de Chile, del 6 de enero de 1986, fija el Estatuto de la Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación, ubicada en la Región de Valparaíso, Chile. En ella, se señalan, como fines esenciales de la Universidad, el cultivo, la transmisión y el incremento del saber, a través de la Docencia, la Investigación y la Extensión en las disciplinas relacionadas con la Educación, la Cultura, el Arte y las Ciencias.

*La misión de la Universidad de Playa Ancha*, es formar graduados y profesionales innovadores, competentes y responsables, con mentalidad abierta, analítica, crítica y creadora. Realizar la extensión pertinente al campo propio de su quehacer. Realizar la investigación científica, tecnológica y creación artística en las áreas prioritarias. Todo lo precedente se ha de caracterizar por la creatividad, la crítica, la prospectividad y compromiso con el desarrollo regional y nacional en el marco de los valores de la libertad, tolerancia, pluralismo, respeto a la diversidad, identidad, participación, equidad y solidaridad.

*La visión de la Universidad de Playa Ancha*, se centra en el cultivo de las diversas expresiones de la cultura: ciencias, tecnologías, artes; y en la contribución al proceso de desarrollo regional y nacional. Para ello la Universidad deberá continuar desarrollando y profundizando sus áreas disciplinarias tradicionales y tendrá que consolidar aquellas otras líneas más nuevas, articulando este quehacer con las necesidades de la región y del país. En este contexto, la universidad fomentará su desarrollo a la luz de los valores institucionales expresados en la misión, potenciando las disciplinas y técnicas instrumentales en los ámbitos de la lógica y la matemática, la informática, las comunicaciones y el lenguaje, y promoverá como áreas prioritarias la educación, el medio ambiente social y natural, la identidad y la diversidad, la armonía corporal y espiritual. Todo ello con el propósito de contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas y de promover un desarrollo social, cultural y económico

armónico y sustentable, en búsqueda de una sociedad más integrada e inclusiva. Para el cumplimiento de lo señalado, se pondrá especial énfasis en el mejoramiento permanente de la calidad de los estudiantes, de la formación profesional y académica, de la investigación, de la gestión con las correspondientes adecuaciones de las estructuras y servicios y clima laboral, vinculándose estratégicamente con el medio regional, nacional e internacional. En relación con lo precedente, se continuará con el desarrollo de la infraestructura y dotación instrumental necesaria para alcanzar los objetivos propuestos. Guiarán la acción de la institución la responsabilidad y pertinencia en todos los ámbitos, para cuyos efectos se requiere de académicos, funcionarios y estudiantes comprometidos y de alto nivel; alianzas estratégicas, trabajo multi e interdisciplinario, uso de tecnologías apropiadas para la consolidación y el desarrollo de todas sus actividades.

## **1.2. Problema de investigación**

Para abordar una problemática tan global y extensa, como la señalada anteriormente, se plantea como problema concreto y preciso de investigación: el diseño, elaboración y puesta en marcha de un modelo de enseñanza de la Física basado en el aprendizaje significativo y cooperativo, implementado en ambiente de Blended Learning, y cuyo efecto sea el mejorar el rendimiento académico en cursos de Física. Además, mejorar la calidad en los aprendizajes, promoviendo el aprendizaje significativo. A esta metodología de enseñanza la denominaremos EFBAS (Enseñanza de la Física Basada en Aprendizaje Significativo). Como toda innovación, la propuesta de enseñanza debe ser bien recibida y aceptada por los alumnos. Por otra parte, la propuesta metodológica de enseñanza debe desarrollar una serie de habilidades actitudinales y cognitivas que van en beneficio de la formación integral del aprendiz.

La muestra elegida para la investigación es un curso de Física General: Oscilaciones, Ondas y Electromagnetismo, para la carrera de Pedagogía en Química y Ciencias, en la unidad temática de las Ondas Mecánicas.

La investigación se resuelve a través de una metodología cuantitativa, con algunos aportes cualitativos, en especial, para el análisis de los aprendizajes. Por otra parte, la metodología es de tipo experimental, en lo que dice relación entre la propuesta de enseñanza y su efecto en el rendimiento académico. Un estudio de casos (seis casos), sirve para determinar el efecto de la propuesta de enseñanza en el aprendizaje logrado. Finalmente se propone un

estudio de encuesta para determinar el grado de satisfacción de la propuesta metodológica y el desarrollo de competencias genéricas.

El modelo metodológico de enseñanza es una pedagogía activa, compuesto por una serie de actividades organizadas y planificadas que deben apoyar la conceptualización y la forma de enfrentar la resolución de problemas. La dinámica del curso se realiza en ambiente semi virtuales, con aportes de la teleformación o elearning, mediante una plataforma virtual Moodle, complementada por el Aula Virtual de la Universidad de Playa Ancha y el uso de página Web. Para la adquisición de conocimiento y formación conceptual en los alumnos, se entrega un material instruccional sobre las ondas mecánicas (se supone potencialmente significativo), donde el alumno, puede complementarlo con los textos guías del programa del curso: Serway, IV edición, Tomo I y Halliday – Resnick- Krane, IV edición, Volumen I. Para saber como el estudiante va asimilando y relacionando los nuevos conocimientos se elaboran mapas conceptuales. Otra actividad de la propuesta de enseñanza son las ayudantías, que corresponden a problemas resueltos. Con los estudiantes, se deben hacer foros de discusión (virtuales) sobre como han sido resuelto. Cada alumno debe entregar los conceptos y principios que están presentes en la resolución de cada uno de los problemas. Finalmente, la propuesta de enseñanza contiene talleres de resolución de problema, que se realizan de manera presencial y grupal.

En consecuencia, el problema a investigar se puede expresar a través de las siguientes preguntas de investigación:

### **1.3. Preguntas de investigación**

1. ¿Se podrá diseñar un modelo metodológico de enseñanza basado en el aprendizaje significativo y cooperativo, para ser implementado en Blended Learning?
2. ¿Mejorarán los rendimientos académicos y la calidad en los aprendizajes en cursos de Física de carreras de pregrado universitario debido a la aplicación de modelo metodológico de enseñanza?
3. ¿Cuál será el grado de aceptación de los alumnos cuando utilizan la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS?
4. ¿El modelo metodológico de enseñanza EFBAS desarrolla algún tipo de habilidad actitudinal y/o cognitiva?

Para dar respuesta a estas preguntas, esta investigación se plantea los siguientes objetivos generales:

#### **1.4. Objetivos Generales**

1. Diseñar y poner en práctica una metodología de enseñanza basada en aprendizaje significativo y cooperativo en ambiente de Blended Learning.
2. Evaluar los rendimientos académicos en los cursos de Física de pregrado de carreras universitarias obtenidos de la propuesta metodológica de enseñanza.
3. Evaluar la calidad de los aprendizajes logrados en cursos de Física de pregrado de carreras universitarias, al aplicar la propuesta metodológica de enseñanza.
4. Determinar el grado de satisfacción en los alumnos, como consecuencia de la aplicación del modelo de enseñanza.
5. Explorar el tipo y nivel de habilidad actitudinal y/o cognitiva que desarrolla el modelo de enseñanza que se propone.

Para poder dar cumplimiento de estos objetivos generales, es necesario plantearse un conjunto de objetivos específicos, que a continuación se describen:

#### **1.5. Objetivos específicos**

1. Conocer los conceptos previos y subsumidores que tienen los alumnos al empezar a interactuar con los conceptos de Ondas Mecánicas.
2. Indagar y clasificar el o los tipos de representaciones externas que usan los alumnos cuando aprenden las Ondas Mecánicas.
3. Determinar la evolución de los significados de los conceptos relativos a las Ondas Mecánicas debido a la metodología de enseñanza EFBAS.
4. Diseñar y elaborar un material instruccional, potencialmente significativo, que favorezca el aprendizaje significativo de las Ondas Mecánicas.
5. Evaluar el material instruccional como recurso metodológico.
6. Preparar el material instruccional para las páginas Web.
7. Preparar el aula virtual y la plataforma virtual, para el desarrollo de las diferentes actividades propuesta en la metodología de enseñanza.
8. Evaluar el recurso tecnológico en el proceso educativo.



9. Aplicación de la metodología de enseñanza a una muestra.
10. Analizar, discutir y evaluar los resultados de la propuesta.
11. Proyectar la propuesta de investigación a otros ámbitos.
12. Determinar el grado de aceptación de la propuesta metodológica por parte de los alumnos.
13. Describir el nivel de desarrollo de las habilidades actitudinales y cognitivas producto de la propuesta, desde la perspectiva de los alumnos.
14. Crear un plan de difusión en relación a la propuesta investigada.

La investigación se apoya en las siguientes aseveraciones o hipótesis:

### **1.6. Hipótesis**

1. El rendimiento académico en cursos de Física en carreras de pregrado es mayor cuando se emplea una metodología (EFBAS) basada en el aprendizaje significativo y cooperativo que las usadas tradicionalmente.
2. La utilización de una metodología activa como la propuesta EFBAS, permite aprendizajes de mejor calidad, más efectivos y completos, capaces de hacer una transferencia de conocimiento o una aplicación de ellos.
3. La aplicación de la metodología propuesta tiene un grado de aceptación mejor, de parte de los alumnos, que las obtenidas con metodologías tradicionales.
4. La aplicación de las Tecnología de la Información y Comunicación, a través de Blended Learning a la propuesta metodológica EFBAS, favorece el desarrollo de habilidades actitudinales y/o cognitivas.

Al concluir el capítulo se puede señalar que la enseñanza de las Ciencias tiene una gran variedad de temas a investigar, que últimamente por el desarrollo de las tecnología y el avance en la generación de conocimiento en los procesos de enseñanza hace que los escenarios donde éstos se realizan sean completamente diferentes y complejos. Por ello, la investigación que se propone poder integrar problemas de investigación de la enseñanza de Física, que se resumen a continuación:

- Las metodologías de enseñanza son procesos dinámicos y evolutivos, lo que significa una permanente evaluación de ellas.
- La sociedad actual necesita de resultados concretos y objetivos de la formación de sus educando, por lo cuál el rendimiento académico debe mejorarse en forma permanente.

- La calidad de la educación está relacionada directamente con la efectividad de la enseñanza y por ende en la calidad del aprendizaje.
- Las tecnologías han modificado los entornos de aprendizaje, por lo tanto, debe venir una adaptación de los actores del proceso educativo.
- Los cambios o innovaciones en lo educacional debe venir aparejadas con la aceptación de la comunidad escolar.
- La sociedad requiere de alumnos que desarrollen además de conocimiento adquirido una serie de habilidades que la sociedad lo demanda.
- El avance en los procesos de enseñanza – aprendizaje depende del producto de las investigaciones que se hagan al respecto.

En el siguiente capítulo, se hará una revisión bibliográfica de las investigaciones a la fecha sobre el estado del arte del problema propuesto.

## **CAPÍTULO 2**

### **REVISIÓN DE LA LITERATURA**



## **CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LA LITERATURA**

En este capítulo se pretende, a través de una discusión de la literatura, presentar desde todas las aristas aquellos aportes bibliográficos que tienen relación con el problema a investigar. Se hace una discusión, principalmente, entregando una visión actualizada del estado del arte en que se encuentran las investigaciones en los diferentes ambientes de este estudio. Para ello, se organizan según los diferentes campos del conocimiento.

### **2.1. Uso de las TIC en el proceso enseñanza - aprendizaje**

La utilización de las TIC en el proceso educativo se centra fundamentalmente, en este caso, en eLearning, educación flexible, entornos virtuales de aprendizaje y Blended Learning, los que serán analizados en detalle a continuación.

#### **2.1.1. Elearning en el contexto del proceso enseñanza - aprendizaje**

La formación a través de las redes telemáticas está adquiriendo progresivamente un lugar importante en la educación formal y no formal. Términos como elearning, teleformación, educación on line, educación a distancia, aprendizajes abiertos, educación flexible, entornos virtuales de aprendizaje, etc., comienzan a ser referencias usuales en nuestro contexto, para describir con ellos la formación realizada a través de computadores en línea a Internet o a una intranet.

Frente a los esfuerzos en explicar elearning, centrandos exclusivamente en las características y potencialidades de la tecnología empleada y del entorno de teleformación seleccionado, se piensa que su relevancia educativa se obtendrá por otra serie de variables, como por ejemplo: la calidad de los contenidos, la forma en que son presentados y estructurados tales contenidos, en qué teorías educativas se sustentan, la metodología didáctica propuesta, y el papel que desempeñe el profesor en el proceso.

El rol que desempeñe el profesor, como profesor-tutor virtual, será fundamental para garantizar la calidad y eficacia del proceso formativo realizado a través de la red. Ahora bien, desde nuestro punto de vista, este rol será más extenso que el realizado en una situación presencial de formación. En esta línea Ryan et.al. (2000, p. 110) nos hablan de cuatro roles básicos a desempeñar por el profesorado: pedagógico, social, de dirección y técnico. De todos

ellos, el más significativo es el rol pedagógico, que es por el cual el profesor contribuye a la creación del conocimiento especializado, centra la discusión sobre los puntos críticos, contesta preguntas, responde a las diferentes contribuciones de los estudiantes y las sintetiza. No obstante, los otros son también relevantes: mediante el rol social se potencia la creación de una atmósfera de colaboración en línea entre los diferentes participantes, se lleva el tiempo de las intervenciones y se marca la agenda para el desarrollo y la exposición de los temas; y a través los roles de dirección y técnico, se establecen las normas de funcionamiento del proceso formativo y se orienta sobre el comportamiento técnico de las diferentes herramientas de comunicación que podrán ser utilizadas.

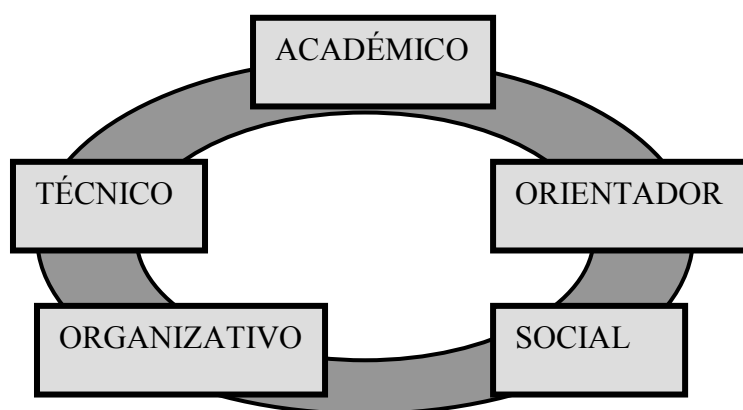
Otros autores como Paulsen (1995), Mason (1991) y Collis y Berge (1995) añaden también roles específicos a desempeñar por los profesores en las actividades de teleformación. Paulsen señala que los roles que fundamentalmente desempeña el moderador, se pueden clasificar dentro de los tipos organizativo, social e intelectual. En el primero, el profesor se encargaría de estimular la participación del estudiante cuando se esté retrasando, requerir su participación regular en el proceso, invitar a expertos a que puntualmente se incorporen al proceso para aportar información especializada, o también hacer que los estudiantes conduzcan la discusión. Para Mason, los roles que desempeñará el profesor serán los siguientes: organizativos (establecer la agenda de la conferencia, determinar los objetivos de la discusión, marcar el itinerario y especificar las reglas que marcarán la intervenciones y la participación en el proceso formativo), sociales (crear un ambiente amistoso y socialmente positivo que sea propicio para el desarrollo de un ambiente de aprendizaje positivo), intelectuales (enfocar los puntos fundamentales, recapitular y evaluar las intervenciones).

Por su parte, Collis y Berge, en una investigación que realizaron para conocer el rol que debería desempeñar el moderador, llegan a la conclusión de que el profesor desempeña diferentes roles al actuar como filtro, facilitador, administrador, editor, promotor, experto, ayudante, participante e indicador.

Estos nuevos entornos nos están llevando a que el profesor tendrá que desempeñar nuevas funciones como consecuencia de las posibilidades de comunicación sincrónica y asincrónica que poseen las nuevas herramientas (Cabero, 2001), y las posibilidades geográficas, físicas y temporales que nos aporta la situación. A la vez, el profesor deberá aprender a dar respuesta a un número de alumnos cada vez más heterogéneos, ya que el conocimiento estará deslocalizado de los lugares de origen, y los participantes se encontrarán ubicados en lugares diferentes a los del profesor.

Al mismo tiempo, no hay que olvidar que la falta, por lo general, de referencias visuales exigirá la aplicación de estrategias diferentes para la motivación, el olvido del aislamiento y la superación de la inseguridad que produce, lo que requerirá un dominio de otras habilidades comunicativas por parte del profesor.

Teniendo en cuenta los comentarios realizados e independientemente de la postura que seleccionemos, lo que aquí nos interesa señalar es que como tutor virtual el profesor deberá librar funciones más amplias que la de mero consultor académico, desempeñando otras que podríamos considerar de tipo técnico, social, orientadora y organizativa, siendo todas ellas significativas en el engranaje de la acción tutorial (ver Figura 2.1)



**Figura 2.1:** Funciones del profesor tutor virtual.

Estas funciones, como es lógico suponer, reclamarán que el profesor posea una formación específica para su desempeño. A continuación, pasaremos a realizar algunos comentarios sobre las diferentes funciones que anteriormente hemos señalado.

Debido a que el profesor-tutor será una de las personas dentro del entramado telemático de formación con la cual el alumno sostenga más contactos y mantenga además los contactos iniciales, una de las primeras funciones que desempeñará será la de tipo técnico. Sus funciones se detallan a continuación:

### **Función Técnica**

- Asegurarse de que los alumnos comprendan el funcionamiento técnico del entorno telemático de formación.
- Dar consejos y apoyo técnico.

- Realizar actividades formativas específicas.
- Gestionar los grupos de aprendizaje que forme para el trabajo en la red.
- Incorporar y modificar nuevos materiales al entorno formativo.
- Remitir al alumno a algunas partes del programa donde pueda bajarse los programas y ficheros necesarios para los diferentes formatos de información (audiovisual, de animación, sonora, etc.) que se presenten en el programa.
- Mantenerse en contacto con el administrador del sistema, etc.

Esta función exigirá que el profesor-tutor, antes de comenzar la actividad formativa, se asegure de que todos los alumnos dominan las herramientas comunicativas que utilizarán para contactarse entre ellos: desde el correo electrónico, el *chat*, los grupos de discusión, hasta la bajada de ficheros. Al mismo tiempo, deberá asegurarse de que todos los alumnos estén inscritos y posean una clave de autorización para la entrada en el programa, y que comprendan el funcionamiento del entorno de comunicación, sea éste uno específico para la institución formativa o comercial.

Que el profesor se asegure del dominio de las herramientas telemáticas es un aspecto verdaderamente importante. Pérez (1997), en una investigación que realizó sobre las posibilidades del debate telemático, llegó a la conclusión de que: “visto que la mayoría de los alumnos no poseían habilidades en el uso del correo electrónico (elaborar y enviar mensajes, revisar el correo,...), algunos alumnos retrasaron su incorporación en el debate tras superar algunas dificultades. Consideramos necesaria la ampliación de la fase de inicio de la experiencia (período de prácticas con el sistema)”.

Una de las funciones más significativas que tendrá que realizar el profesor-tutor corresponde al dominio académico, y ello le llevará a realizar diferentes roles, que irán desde facilitar la comprensión y explicación de los contenidos ofertados, hasta el seguimiento y la evaluación de los estudiantes, sin olvidarnos de la realización de actividades específicas para el afianzamiento de los contenidos. Luego, se ofrece una síntesis de algunas de las actividades que implicará el desarrollo de esta función.

Como podemos imaginarnos, para la realización de algunas de las actividades anteriormente indicadas en esta función, el profesor-tutor deberá desempeñar y ser competente en una serie de aspectos básicos, como son: dominio de los contenidos, diagnóstico y evaluación formativa de los estudiantes y habilidades didácticas para la organización de actividades para la formación, aclaración y afianzamiento de los contenidos.



Como ya hemos señalado, el papel del profesor-tutor en esta función que hemos denominado académica es bastante relevante, ya que coincidimos con Lewis (2001) cuando afirma que las tareas que se pueden realizar dentro de un proceso formativo estarán condicionadas por dos aspectos: grado de incertidumbre (falta de información) y de equivocidad (la información se puede interpretar de diferentes formas). Y tanto en uno como en otro el papel del profesor-tutor será determinante en ofrecer la cantidad suficiente de información y asegurar la comprensión de la misma.

### **Función Académica**

- Dar información, extender, clarificar y explicar los contenidos presentados.
- Supervisar el progreso de los estudiantes y revisar las actividades realizadas.
- Responder a los trabajos de los estudiantes.
- Asegurarse de que los alumnos están alcanzando el nivel adecuado.
- Formular preguntas para sondear los conocimientos que poseen los estudiantes y descubrir las posibles inconsistencias y errores que vayan teniendo.
- Diseñar actividades para facilitar la comprensión de la información y su transferencia.
- Diseñar actividades y situaciones de aprendizaje de acuerdo a un diagnóstico previo.
- Introducir el tema de debate y relacionarlo con los anteriores.
- Resumir en los debates en grupos los aportes de los estudiantes.
- Resolver las posibles dudas surgidas de la lectura de los materiales didácticos o en la realización de las actividades.
- Hacer valoraciones globales e individuales de las actividades realizadas.
- Informar de los resultados y valoraciones alcanzados, etc.

Desde nuestro punto de vista la temática de las actividades es muy importante, y posiblemente su calidad y cantidad se convierta en una variable de discriminación de la calidad del entorno telemático formativo. Las actividades que se podrán realizar en esta función académica son diversas y van desde las sociales, hasta las que pretenden afianzar los contenidos. Estas últimas irán desde la realización de trabajos y comentarios sobre los contenidos presentados, comentarios y la evaluación de los trabajos realizados por los compañeros, o participación en debates en grupo que los profesores organicen. Este aspecto de las actividades y la conformación de grupos para su realización, nos hace reflexionar sobre una serie de aspectos: cómo formar los grupos, si los hacemos fijos o variables, qué número

de personas deben formarlos, aspectos que por otra parte también son problemáticos dentro de la formación presencial tradicional pero que adquieren una situación peculiar en nuestro caso. Lewis (2001), desde la perspectiva de la psicología sociocultural, nos formula una serie de preguntas para reflexionar sobre la constitución de los grupos; el autor asevera: Si consideramos tres personas que no tienen ninguna zona de coincidencia, ¿qué tendrían en común para el intercambio de conocimiento? Por otro lado, si fuesen idénticas y los núcleos de conocimientos y las zonas de desarrollo proximal coincidieran totalmente, tampoco podrían aprender mucho unas de otras porque sólo sabrían las mismas cosas. Así es como vemos las zonas de desarrollo proximal que nos ayudan a identificar maneras de sugerir o apoyar la creación de grupos.

Como podemos ir observando, una serie de actividades que deberá realizar el profesor-tutor se refiere a cuestiones de tipo organizativo, y en ella deberá realizar algunas acciones o funciones que se presentan a continuación. Esta actividad organizativa requerirá una muy cuidada estructuración de la ejecución, con una explicación muy clara de las normas de funcionamiento, los tiempos asignados, el material necesario.

### **Función Organizativa**

- Establecer el calendario del curso, tanto de forma global (comienzo y final) como específica (fecha de entrega de las diferentes actividades y el trabajo).
- Explicar las normas de funcionamiento dentro del entorno: criterios de evaluación, exigencias o nivel de participación requerido.
- Presentar las normas de funcionamiento para establecer contactos con el profesor-tutor.
- Mantener un contacto con el resto del equipo docente y organizativo, haciéndole llegar rápidamente los problemas detectados al nivel de contenidos, de funcionamiento del sistema o de administración.
- Organizar el trabajo en grupo y facilitar la coordinación entre los miembros.
- Contactar con expertos para que desarrollen una conferencia a través de las redes.
- Ofrecer cualquier información significativa para la relación con la institución, etc.

Otra de las funciones a desempeñar por el profesor-tutor en los entornos telemáticos de formación será la orientadora, con ella se buscará ofrecer un asesoramiento personalizado a los estudiantes en diferentes aspectos referidos a las técnicas y estrategias de formación, así como a su motivación para la acción formativa en la que se encuentran inmersos y la realización de diferentes actividades. A continuación, pueden observarse algunas de las

actividades que podrá implicar el desarrollo de esta función:

### **Función Orientadora**

- Facilitar técnicas de trabajo intelectual para el estudio en red.
- Dar recomendaciones públicas y privadas sobre el trabajo y la calidad del trabajo que se está desarrollando en red.
- Asegurarse de que los alumnos trabajan a un ritmo adecuado.
- Motivar a los estudiantes para el trabajo.
- Informarle a los estudiantes sobre su progreso en el estudio, y facilitarle estrategias de mejora y cambio.
- Facilitar acciones de compromiso cuando existan diferencias de desarrollo entre los miembros del equipo.
- Ser guía y orientador del estudiante.
- Aconsejar al estudiante para el seguimiento de cursos posteriores.
- Adaptar los materiales a las características y conocimientos previos de los estudiantes, etc.

La última de las funciones referidas, la social, que implicará también, como en las anteriores, la realización por parte del profesor-tutor de diferentes actividades, como las que a continuación se presentan. Esta función tendrá un papel muy significativo para el éxito de la acción formativa, ya que la creación de un ambiente socio emocional positivo es de vital importancia para el aprendizaje, y más aún en situaciones donde la persona puede sentirse aislada como consecuencia de la distancia física y espacial, sin olvidarnos de la situación de aislamiento que produce el trabajo con un computador. Son importantes los aportes de Berge (1995), Salmon (1999), y Duggley (2001) para establecer sus funciones.

### **Función Social**

- Dar la bienvenida a los estudiantes que participan en el curso en red.
- Facilitar la creación de grupos de trabajo.
- Incitar a los estudiantes para que amplíen y desarrollen los argumentos presentados por sus compañeros.
- Integrar y conducir las intervenciones, sintetizando, reconstruyendo y desarrollando los temas que vayan surgiendo.

- Animar y estimular la participación.
- Proponer actividades para facilitar el conocimiento entre los participantes.
- Dinamizar la acción formativa y el trabajo en red.
- Sancionar.
- Facilitar la creación de un entorno social positivo, etc.

La diversidad de funciones que le hemos asignado el rol del profesor-tutor nos lleva necesariamente a una pregunta: ¿qué número de alumnos puede ser asignado a un tutor? Es decir, ¿cuál es el número óptimo de alumnos para trabajar en estos aspectos y realizar las diferentes funciones asignadas? Las respuestas al respecto son diversas y dependen de una serie de variables como son: el nivel educativo en el cual nos movemos, la amplitud geográfica en la cual tenemos estudiantes, si estamos hablando de un modelo de comunicación flexible o completamente a distancia, o de si preferentemente estamos utilizando herramientas de comunicación sincrónicas o asincrónicas. Por lo general, parece que existe un acuerdo genérico en situar aproximadamente 25 alumnos por tutor en niveles de formación universitaria o en cursos de actualización profesional (Tucker, 1997).

Según Salinas (2004), para adaptarse a las necesidades de la sociedad actual, las instituciones de educación superior deben flexibilizarse y desarrollar vías de integración de las tecnologías de la información y la comunicación en los procesos de formación. Paralelamente es necesario aplicar una nueva concepción de los alumnos-usuarios, así como cambios de rol en los profesores y cambios administrativos en relación con los sistemas de comunicación y con el diseño y la distribución de la enseñanza. Todo ello implica, a su vez, cambios en los cánones de enseñanza-aprendizaje hacia un modelo más flexible. Para entender estos procesos de cambio y sus efectos, así como las posibilidades que para los sistemas de enseñanza-aprendizaje conllevan los cambios y avances tecnológicos, conviene situarnos en el marco de los procesos de innovación.

Los cambios que están afectando a las instituciones de educación superior no pueden entenderse sin hacer referencia al contexto: los cambios en la forma de organizar la enseñanza universitaria, por los enfoques de esta enseñanza en relación a competencias, por los ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System), etc.

- Los cambios propiciados por las TIC.
- Los cambios en el conocimiento (en la generación, gestión y distribución del mismo).

- Los cambios en el alumno, en el ciudadano, en lo que puede considerarse hoy una persona formada.

Los retos necesario para la organización del proceso de enseñanza-aprendizaje dependerán en gran medida del escenario de aprendizaje (el hogar, el puesto de trabajo o el centro de recursos de aprendizaje), es decir, el marco espacio-temporal en el que el usuario desarrolla las actividades. De igual manera, el rol del personal docente también cambia en un ambiente rico en TIC. El profesor deja de ser fuente de todo conocimiento y pasa a actuar como guía de los alumnos, facilitándoles el uso de los recursos y las herramientas que necesitan para explorar y elaborar nuevos conocimientos y destrezas; pasa a actuar como gestor de recursos de aprendizaje y a acentuar su papel de orientador y mediador. Los procesos de innovación respecto a la utilización de las TIC en la docencia universitaria suelen partir, la mayoría de las veces, de las disponibilidades y soluciones tecnológicas existentes. Sin embargo, una equilibrada visión del fenómeno debería llevarnos a la integración de las innovaciones tecnológicas en el contexto de la tradición de nuestras instituciones que tienen una importante función educativa. Debemos considerar la idiosincrasia de cada una de las instituciones al integrar las TIC en los procesos de la enseñanza superior, ya que la dinámica de la sociedad puede dejarnos al margen.

Muchos de los conceptos asociados con el aprendizaje en la clase tradicional, pero ausentes cuando se utilizan sistemas convencionales de educación a distancia, pueden reacomodarse en la utilización de redes para la enseñanza, dando lugar a una nueva configuración formativa que puede superar las deficiencias de los sistemas convencionales, ya sean presencial o a distancia. Lo que frecuentemente se ha procurado es reproducir los modelos de enseñanza-aprendizaje dominantes, y así encontramos muchos cursos y experiencias que se basan fundamentalmente en el modelo clásico de enseñanza-aprendizaje. Las posibilidades de las TIC permiten reproducir de alguna forma estos modelos, y en algunos casos puede entenderse que ésta sea la opción «adecuada» (la oportuna combinación de elementos tecnológicos, pedagógicos y organizativos).

Los nuevos espacios educativos que se crean mediante estos tipos de prácticas pueden referirse tanto al impacto que la introducción de las TIC tiene en la enseñanza convencional como a la configuración de nuevos escenarios para el aprendizaje. Entre el aula convencional

y las oportunidades de obtener materiales de aprendizaje desde cualquier punto a través de las telecomunicaciones, existe todo un abanico de posibilidades de acceso a recursos de aprendizaje y de establecer una comunicación educativa que debe ser considerada, sobre todo, en una proyección de futuro.

La proliferación de experiencias a la que hacíamos referencia al principio puede suponer, a veces, la aparición de nuevos vocablos. De hecho en los últimos tiempos hemos oído hablar de enseñanza virtual, campus virtual, universidad virtual y, más recientemente, de *elearning*, *blended learning*, etc. en el mundo educativo solamente, sin constituir otra innovación. Finalmente, Salinas (2004), cree que la educación a través de la red ofrece nuevas posibilidades de aprendizaje abierto y flexible. Pero el profesorado y el alumnado necesitan buenas condiciones de trabajo, funcionamiento adecuado de la red, eficacia en las funciones que integran el campus virtual, calidad de los contenidos, adecuación pedagógica de las actividades, fluidez en la comunicación pedagógica, coherencia con los proceso de evaluación y acreditación. La flexibilidad debe ser una opción compatible con la rutina docente, ofreciendo seguridad de conexión y entrada al campus virtual a cualquier hora que se desee. Sólo así podremos asegurar la calidad que proporcione eficacia y satisfacción a alumnos y profesores.

Debido al estanco y descrédito de *elearning*, Cabero (2006) pretende ofrecer una visión de conjunto de las características más significativas del concepto. Tras una definición del mismo, las diferencias que se establecen con las modalidades presenciales de enseñanza y el análisis de las ventajas y de los inconvenientes más generales, se señala que su importancia para la formación no se encuentra en su dimensión técnica (por ejemplo, en la plataforma utilizada), sino más bien en el control y en la significación de una serie de variables, como son la forma de presentar los contenidos, el papel del profesor y de los alumnos, las herramientas de comunicación sincrónicas y asincrónicas que se utilicen y su forma de concreción en el acto didáctico, las estrategias didácticas que se movilicen, el papel que desempeñen el profesor y el alumno, la atención a los aspectos organizativos, las *e-actividades* que pongamos en funcionamiento, etc., es decir, aquellas acciones formativas que utilizan la Web como medio y recurso para la realización de actividades formativas, independientemente de que también pueda utilizarse otro tipo de instrumentos como el video y la audioconferencia, los multimedia, la televisión, etc.

Estas recomendaciones son importante ha considerar cuando se desee implementar una nueva forma de enseñar. Sin embargo, es pertinente hacer notar los cuidados y confusiones que esto pueda llevar. Por ello, una visión pertinente para diferenciar formación, es la de Cabero (2006), quien hace una comparación entre una formación presencial y una virtual, que se muestra en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1:**  
Características de la formación presencial y en red.

<b>Formación basada en la red</b>	<b>Formación presencial tradicional</b>
Permite que los estudiantes vayan a su propio ritmo de aprendizaje.	Parte de una base de conocimiento, y el estudiante debe ajustarse a ella.
Es una formación basada en el concepto de formación en el momento en que se necesita (just-in-time training).	Los profesores determinan cuándo y cómo los estudiantes recibirán los materiales formativos.
Permite la combinación de diferentes materiales (auditivos, visuales y audiovisuales).	Parte de la base de que el sujeto recibe pasivamente el conocimiento para generar actitudes innovadoras, críticas e investigadoras.
Con una sola aplicación puede atenderse a un mayor número de estudiantes.	Tiende a apoyarse en materiales impresos y en el profesor como fuente de presentación y estructuración de la información.
El conocimiento es un proceso activo de construcción.	Tiende a un modelo lineal de comunicación.
Tiende a reducir el tiempo de formación de las personas. Tiende a ser interactiva, tanto entre los participantes en el proceso (profesor y estudiantes) estudiante como con los contenidos.	La comunicación se desarrolla básicamente entre el profesor y el estudiante.
Tiende a realizarse de forma individual, sin que ello signifique la renuncia a la realización de propuestas colaborativas.	La enseñanza se desarrolla de forma preferentemente grupal. Puede prepararse para desarrollarse en un tiempo y en un lugar. Se desarrolla en un tiempo fijo y en aulas específicas.
Puede utilizarse en el lugar de trabajo y en el tiempo disponible por parte del estudiante.	Tiende a la rigidez temporal.
Es flexible. Tenemos poca experiencia en su uso.	Tenemos mucha experiencia en su utilización.
Tenemos poca experiencia en su uso. No siempre disponemos de los recursos estructurales y organizativos para su puesta en funcionamiento.	Disponemos de muchos recursos estructurales y organizativos para su puesta en funcionamiento.

Uno de los errores de uso de elearning es el denominado tecnocentrismo, es decir, situar la tecnología por encima de la pedagogía y la didáctica olvidando que su incorporación no es un problema tecnológico, sino de carácter social, cultural y formativo (independiente de lo económico). Por otra parte, un error que siempre se ha cometido con las nuevas tecnologías, y que ha llevado a que las mismas no desarrollen todas las posibilidades que presentan para la creación de nuevos entornos formativos, es el deseo de trasladar sobre ellas principios aplicados de la enseñanza presencial o de tecnologías más tradicionales.

Por esa razón, Salinas (2005) ha distinguido tres etapas básicas para el desarrollo del *elearning*:

- Un enfoque tecnológico que puede considerarse de períodos iniciales pero que, en algunos casos, perdura y que se basa en la idea de que la sofisticación de dicho entorno proporcionará la tan ansiada calidad del proceso enseñanza-aprendizaje.
- El contenido es lo fundamental, representa una segunda perspectiva que, vaticinando el fracaso del enfoque excesivamente tecnológico, ha basado la calidad del proceso en los contenidos y en la representación del conocimiento que estos ofrecen, teniendo en cuenta qué materiales altamente sofisticados proporcionarían la calidad.
- Un enfoque metodológico que se centra más en el alumno y que, partiendo de criterios pedagógicos, basa la calidad en una adecuada combinación, en cada caso, de decisiones que tienen que ver con la tecnología que debe utilizarse, con la función pedagógica que el entorno cumplirá y con los aspectos de organización del proceso dentro de dicho entorno.

En definitiva, para Cabero, no serán los determinantes técnicos del sistema los que marcarán su calidad y su eficacia, sino la atención que les prestemos a las variables educativas y didácticas que se ponen en funcionamiento. Los problemas hoy no son tecnológicos, sino que se derivan de saber qué hacer y cómo hacerlo y por qué queremos hacerlo.

Las experiencias de elearning en estos últimos años se han orientado hacia la formación profesional. Uno de estos casos corresponde al grupo de investigación de Marcelo et al. (2007), y cuyo título es el proyecto sobre *Elearning para la Formación Profesional Inicial en Andalucía: cuatro años de experiencia*. En el corto periodo de funcionamiento que lleva el proyecto se ha producido un crecimiento exponencial, que ha dejado en evidencia algunos de los planteamientos iniciales y han surgido necesidades propias de la nueva



dimensión. Las podemos encuadrar en cuatro grupos: personal, materiales, información y oferta.

La dispersión geográfica de los centros de referencia que tutorizan cada ciclo formativo, la consolidación de las plantillas de profesorado y el continuo crecimiento ha hecho que surjan dificultades para mantener criterios de homogenización y calibración. Aunque estamos ante un colectivo habituado al uso de las herramientas de comunicación, la información no siempre se transmite como la organización necesita. Para intentar resolver estos problemas, estamos en proceso de implantación de un Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001:2000, que nos permita mantener el mismo nivel de calidad.

En un mundo tan sujeto al desarrollo tecnológico como es el de la formación profesional, se hace necesaria una actualización de los materiales didácticos de los módulos profesionales para que sigan cumpliendo el cometido inicial para los que fueron diseñados, que no es otro, que el alumnado adquiera las capacidades terminales asociadas a cada módulo profesional. Por otra parte, cada año cubrimos una gran cantidad de horas de formación y cada vez se hace más necesario contar con un equipo de elaboración de recursos didácticos propios (imágenes, vídeos, etc.).

Esta modalidad de enseñanza está dirigida a personas que no pueden acceder a la modalidad presencial. Aunque no es el único motivo, la falta de tiempo es el principal obstáculo. Se ha detectado que muchos alumnos se matriculaban en más módulos que los que podían seguir y como consecuencia el número de abandonos es mayor que el deseado.

Para evitar esta circunstancia, se ha llevado a cabo una campaña de información previa a la admisión, que ha consistido en la elaboración de una serie de itinerarios formativos que el alumno puede seguir en función de su disponibilidad o conocimientos previos.

Aprovechando el nuevo marco normativo que ofrece la Ley de Educación (España), se está desarrollando una normativa que flexibilice el acceso a esta modalidad de enseñanza, no considerando únicamente que una persona que se matricula lo hace para obtener un título, sino también, para adaptarse a la evolución de los procesos productivos y al cambio social, cumpliendo de esta forma, con el objetivo de hacer realidad la formación a lo largo de la vida.

Otra aplicación importante de elearning a considerar, es el uso del Chat en la enseñanza. Para Sánchez (2007), las interrogantes principales son: ¿Qué utilidad didáctica podemos darle al chat? ¿Cuáles son los elementos que condicionan su potencial pedagógico? ¿Qué usos podemos darle en la elearning?

Los principales usos del Chat en aplicaciones elearning son:

- *Tutorías*: aclaración de ideas. Del mismo modo que en una tutoría presencial, se puede convocar una sesión de chat para un número determinado de alumnos para aclarar ideas, resolver dudas, con la particularidad de que las aclaraciones que el tutor realiza son leídas por los demás, y, por lo mismo, no debe repetir la explicación continuamente.
- *Debates*: en torno a un tema o tópico concreto. En un momento dado nos puede interesar que los alumnos debatan “en vivo” sobre un tema concreto de la materia. En este sentido, las intervenciones de los alumnos podrían partir de sus aportaciones en un foro de debate.
- *Trabajo cooperativo*: reuniones, trabajo en grupo. A menudo los alumnos tienen problemas para reunirse o personarse en un sitio. El uso del chat para trabajar en grupo supera esa barrera del espacio - distancia, y hace flexibles los procesos de trabajo. Tal y como comentábamos, la posibilidad de trabajar individualmente, en pequeños grupos y como grupo clase se hace viable con el uso del chat al posibilitarse la comunicación en canales privados (en los que previamente habría que comprobar el número de interlocutores simultáneos que técnicamente permite).
- *Conferencia*: planteando interrogantes a un experto en la materia. Partiendo de la estructura de una conferencia, podemos invitar a expertos en una materia en concreto para que los alumnos les pregunten y planteen dudas acerca, por ejemplo, de la lectura de un artículo suyo o de un capítulo de un libro que hayan leído.
- *Evaluación*: formativa de los alumnos permitiendo al profesor grabar las intervenciones para poder analizarlas a posteriori. En este caso debemos clarificar a los alumnos cuáles son las intenciones e indicadores de evaluación.

Marcelo y Zapata (2008) han propuesto una herramienta que pretende apoyar la toma de decisiones en relación con los programas de formación docente a través de estrategias de aprendizaje abierto y a distancia. Para ello, considera cada una de las dimensiones del proceso: Contexto, Diseño, Producción, Puesta en marcha, Implementación y Seguimiento de los estándares parte de una declaración o estándar general, para posteriormente ir dividiéndose en estándares más específicos en función de la amplitud y complejidad del estándar.

Salinas et al. (2010) han realizado un estudio sobre estrategias didáctica utilizadas en elearning en estudios de postgrado. En especial realizando un análisis de estrategias usadas y las nuevas metodología incorporadas. Se trata de analizar las prácticas docentes y de proponer cambios metodológicos encaminados a lograr una experiencia de formación

adaptada al uso de los entornos virtuales, a las propuestas innovadoras desde la perspectiva pedagógica y con el punto de mira en la adecuación de las formas de actuar al Espacio Europeo de Educación Superior y a las propuestas de los nuevos títulos de postgrado, en el espacio Europeo de Educación Superior.

### **Comentarios:**

*Es claro que muchos de estos elementos de investigación analizados anteriormente, relativos a elearning como medio de enseñanza, son considerados y forman parte de la propuesta de enseñanza, en este trabajo de investigación. Las funciones y características que surgen de la educación a distancia producto de las investigaciones a la fecha, forman parte del diseño y didáctica que tiene la propuesta EFBAS, pero a diferencia de lo discutido en la bibliografía, las actividades diseñadas están orientadas a la formación del aprendizaje significativo. Se comparte la idea de que la implementación tecnológica debe estar al servicio del proceso de enseñanza y ser un factor relevante en la calidad en los aprendizajes.*

#### **2.1.2. Educación Flexible**

Un cambio de paradigma educativo para comenzar el siglo XXI, lo constituye la educación flexible, que a continuación se comenta a manera de reflexión y discusión.

Aunque cada vez es más frecuente encontrar el concepto de *flexible* al hablar de educación a distancia, dicho concepto está fuertemente asociado al modelo dual (Daniel, 1996) o modelo mixto. De hecho, pueden observarse dos tendencias que responderían al mismo concepto: por una parte, universidades convencionales embarcadas en el aprendizaje flexible están reformando las unidades de desarrollo académico en centros de aprendizaje flexible y proporcionan servicios de consultoría para la producción de materiales de aprendizaje; por otra, las universidades a distancia están sujetas a grandes cambios convirtiendo sus centros de educación a distancia, dispersándolos en facultades, reduciendo el tamaño de las estructuras y el personal técnico de producción, redefiniendo el rol de los diseñadores instruccionales y los editores.

Es cierto que fue el desarrollo de la tecnología impresa y su uso como medio de instrucción lo que hizo que la educación por correspondencia se convirtiera en una aceptable parte del sistema de educación pública de masas. Sea como sea, el desarrollo de los medios de comunicación y su explotación en los procesos de enseñanza han dado lugar a la evolución de la educación a distancia, autoformación o aprendizaje independiente. Taylor (1995) presenta

dicha evolución en cuatro generaciones: el Modelo de Correspondencia se ha visto generalmente como la primera generación de educación a distancia y ha sido incorporado por el Modelo Multimedia, como segunda generación de educación a distancia, que supone el uso de recursos de enseñanza y aprendizaje refinados y culturalmente desarrollados, incluyendo guías de estudio impresas, lecturas seleccionadas, vídeos, audio tapes y cursos de distinto tipo basados en computadores. Mientras muchas instituciones están involucradas en la evolución desde el modelo por correspondencia al modelo multimedia, otra importante tendencia es cambiar hacia la tercera generación del Modelo de Teleaprendizaje de educación a distancia. Esta tercera generación está basada en el uso de las tecnologías de la información, incluyendo audioconferencia, sistemas de comunicación audiográficos, videoconferencia, radio y televisión de banda comercial, con retorno en audioconferencia. La emergencia de la cuarta generación de educación a distancia, el Modelo de Aprendizaje Flexible, promete la combinación de los beneficios de la alta calidad de la multimedia interactiva basada en CD-ROM, con una alta interactividad y acceso a un abanico cada vez mayor de recursos de enseñanza y aprendizaje ofrecidos por la conexión a Internet.

Desde la enseñanza presencial convencional también podríamos describir un proceso de evolución convergente. Por ello, parece necesario reflexionar sobre los elementos y las relaciones que se establecen y que entran en juego en estas nuevas modalidades de enseñanza y aprendizaje.

Una de las principales contribuciones que las TIC hacen al campo educativo, sobretudo las redes telemáticas, es la apertura de grandes posibilidades de uso que puedan situarse tanto en el ámbito de la educación a distancia, como en el de las modalidades de enseñanza presencial.

Para diseñar y desarrollar entornos de formación basados en estas tecnologías habrá que tener presente esta circunstancia y plantear situaciones que se adapten a una diversidad de situaciones (por parte del profesorado, por parte del alumno, de la institución, etc.). Conocer las posibilidades de las distintas aplicaciones y entornos va a ser crucial para sacar el máximo partido a estas tecnologías.

Pero sus posibilidades descansan, tanto o más que en el grado de sofisticación y potencialidad técnica, en el modelo de aprendizaje en que se inspiran, en la manera de concebir la relación profesor-alumnos y en la manera de entender la enseñanza. Deben ser estudiadas, por tanto, desde una óptica pedagógica.

La educación a distancia y aprendizaje abierto, disponen de una trayectoria en el

campo pedagógico que al mismo tiempo ofrece numerosos puntos de referencia a la hora de entender el uso de las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje, y aportan también elementos de su propia tradición que dificultan dicha tarea: Por ello, es frecuente utilizar los conceptos de *aprendizaje, enseñanza o formación flexible* como contexto donde analizar las TIC y sus posibles planteamientos en la formación. La formación flexible sirve tanto para aquellos alumnos que siguen la enseñanza presencial, como para aquellos que siguen la enseñanza a distancia o por cualquiera de las formulas mixtas, requiriendo modelos pedagógicos nuevos y un fuerte apoyo de tecnologías multimedia interactivas (Salinas, 1999).

Para comenzar, puede servir la definición de aprendizaje flexible que Moran y Myrlinger (1999) recogen de la Mid Sweden University (MSU, 1998):

- Se aplica a la enseñanza y el aprendizaje en cualquier lugar que estos ocurran: on-campus, off-campus y cross-campus.
- Permite la libertad de lugar, tiempo, métodos y ritmo de enseñanza y aprendizaje.
- Está centrado en el alumno más que en el profesor.
- Busca ayudar a los estudiantes a convertirse en independientes.
- Cambia el rol del profesor, quien pasa a ser mentor y facilitador del aprendizaje.

Por ello, su implementación requiere de profesores que tengan las destrezas en diseño de cursos y en enseñanza necesarias para apoyar el aprendizaje centrado en el alumno, el aprendizaje a lo largo de la vida, y de estudiantes de diversos backgrounds, estilos de aprendizaje y motivaciones para estudiar. Como Bates (1991) señala, hay dos tipos muy diferentes de interactividad en el aprendizaje: social e individual. La interacción social entre los alumnos y el profesor necesita ser balanceada por la interacción individual del alumno con los recursos de aprendizaje, incluyendo libros de texto, guías de estudio, audio tape, video tapes y programas de aprendizaje asistido por computador. La enseñanza tradicional pone el énfasis en la interacción social. El modelo multimedia se esfuerza en proporcionar calidad a la interacción individual del alumno con los materiales.

Moran y Myrlinger (1999), por su parte, definen el ideal de aprendizaje flexible como los enfoques de enseñanza y aprendizaje que están centrados en el alumno, con grados de libertad en el tiempo, lugar y métodos de enseñanza y aprendizaje, y que utilizan las tecnologías apropiadas en un entorno en red. En esta misma dirección apunta Van den Brande (1993) cuando demanda mayor flexibilidad para responder a las necesidades del alumno mediante la adaptabilidad a una diversidad de necesidades del mismo, de modelos y

escenarios de aprendizaje y de combinación de medios.

Collis y Moneen (2001) conciben el aprendizaje flexible como un movimiento desde una situación en la que las decisiones clave sobre las dimensiones del aprendizaje son tomadas con anterioridad por el profesor o la institución, hacia una situación donde el alumno dispone de un rango de opciones entre las que elegir con respecto a estas dimensiones clave. De la misma forma, para Moran (2001) se trata más de un enfoque que de un sistema o técnica, y se aplica a la enseñanza y el aprendizaje allí donde éstos sucedan -on campus, off campus y cross-campus-. Consiste en liberar el lugar, tiempo, métodos, y ritmo de aprendizaje y enseñanza en orden a proporcionar al estudiante tanto control como sea posible sobre el qué, el dónde, el cuándo y cómo aprender. Y esto se da a través de la elección y el uso ponderado de las tecnologías de aprendizaje apropiadas a las necesidades del estudiante y a las circunstancias de la institución.

Si nos centramos en las características que presenta la enseñanza flexible, podemos señalar, de acuerdo con Race (1994), que un buen sistema de enseñanza flexible es el que permite:

- Acomodarse directamente a las formas en que la gente aprende naturalmente.
- Apertura a diferentes necesidades y lugares de aprendizaje.
- Abrir varias opciones y grados de control al usuario.
- Basarse en materiales de aprendizaje centrados en el alumno.
- Ayudar a que los usuarios se atribuyan el mérito de su aprendizaje y desarrollar un sentimiento positivo sobre su consecución.
- Ayudar a conservar destrezas humanas para cosas que necesitan realmente presencia y *feedback* humanos.

Desde esta perspectiva, la aplicación de las TIC a acciones de formación bajo la concepción de enseñanza flexible abre diversos frentes de cambio y renovación a considerar desde la tecnología educativa (Salinas, 1999), como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 2.2.**  
Concepciones en educación flexible.

Cambios en las concepciones	Cómo funciona el aula Definición de los procesos didácticos Identidad del docente
Cambio en los recursos básicos	Contenidos (materiales) Infraestructura (acceso a redes, a Internet, etc.) Uso abierto (manipulables por el profesor y alumnos) Eficacia didáctica (costo/beneficio)
Cambios en las prácticas	De los profesores De los estudiantes

De acuerdo al modelo de educación flexible, Sangra y Duart (1999) enfocan su estudio hacia los modelos utilizados centrándose en el papel adjudicado a los actores del proceso de enseñanza y aprendizaje, y hablan de:

1. Modelos centrados en los medios, donde la herramienta tecnológica constituye el centro del modelo.
2. Modelos centrados en el profesor, enfocados más desde la óptica de la enseñanza que la del aprendizaje.
3. Modelos centrados en el alumno, basados fundamentalmente en el autoaprendizaje, en la autoformación.

Mason y Kaye (1990), por su parte, señalaban que la aplicación de la Comunicación Mediada por Computador, CMC, estaba haciendo cambiar la naturaleza y estructura de las instituciones de educación a distancia de diferentes formas, e indicaban tres implicaciones de dicho uso:

1. La desaparición de las distinciones conceptuales entre la educación a distancia y la educación presencial, en primer lugar, por las oportunidades que la CMC proporciona a los alumnos a distancia para la discusión; el trabajo colaborativo y el desarrollo de la autonomía en el aprendizaje, y también, por el potencial para construir un sentido de comunidad entre los participantes en la instituciones de educación a distancia a gran escala.
2. El cambio de los roles tradicionales del profesorado, tutores adjuntos, y staff administrativo y de apoyo.
3. Proporcionar una oportunidad que nunca existió antes, de crear una red de escolares, un espacio para el pensamiento colectivo y el acceso a los mismos para la socialización y el intercambio ocasional.

Estos autores señalan la perspectiva del alumno como la más adecuada para un modelo de educación mediante el uso de CMC, al ofrecer a éste una considerable autonomía, pudiendo ser usada como herramienta en la maduración de los estilos de aprendizaje de los estudiantes y en el desarrollo de estrategias de aprendizaje independientes.

Para Collis y Moneen (2001), en el aprendizaje flexible en la educación superior podemos considerar cuatro componentes:

1. Tecnología, que se refiere tanto a los computadores y redes, como a las herramientas y aplicaciones de software. Es decir, aplicaciones tecnológicas cuyo uso educativo puede ser publicación y diseminación de la información, comunicación, colaboración, tratamiento de la información y los recursos, así como propósitos específicos de enseñanza y aprendizaje o integración de cursos, etc.
2. Pedagogía, que se ocupa del enfoque pedagógico o de los modelos pedagógicos, la orientación de las actividades, el marco de flexibilidad de las actividades, etc.
3. Estrategia de implementación, relacionada con los factores que caracterizan la innovación.
4. Marco institucional.

En concreto, los nuevos entornos de educación flexible se caracterizan por la utilización de variadas tecnologías de la comunicación, para lograr entornos de aprendizaje efectivos y la interacción de estudiantes y profesores. Como se ha señalado, los cambios respecto a las situaciones tradicionales no sólo se dan en relación al contexto de la enseñanza, sino también en relación al contenido, al mismo tiempo que suponen un cambio de perspectiva tanto por parte del alumno como del profesor. Así pues, afectan a todos los elementos del proceso didáctico, ya que nos encontramos ante nuevas formas de comunicar y nuevas formas de educar en entornos interactivos de comunicación digital.

Las instituciones de educación superior deben flexibilizarse (Salinas 2004) y desarrollar vías de integración de las tecnologías de la información y la comunicación en los procesos de formación. Paralelamente es necesario aplicar una nueva concepción de los alumnos-usuarios, así como cambios de rol en los profesores y cambios administrativos en relación con los sistemas de comunicación y con el diseño y la distribución de la enseñanza. Todo ello implica, a su vez, cambios en los cánones de enseñanza-aprendizaje hacia un modelo más flexible. Para entender estos procesos de cambio y sus efectos, así como las



posibilidades que para los sistemas de enseñanza-aprendizaje conllevan los cambios y avances tecnológicos, conviene situarlos en el marco de los procesos de innovación.

La aplicación de las TIC en acciones de formación bajo la concepción de enseñanza flexible abre diversos frentes de cambio y renovación a considerar:

- Cambios en las concepciones (cómo funciona en el aula, definición de los procesos didácticos, identidad del docente, etc.).
- Cambios en los recursos básicos: contenidos (materiales, etc.), infraestructuras (acceso a redes, etc.), uso abierto de estos recursos (manipulables por el profesor, por el alumno...).
- Cambios en las prácticas de los profesores y de los alumnos.

Para ello deben ponerse en juego una variedad de tecnologías de la comunicación que proporcione la flexibilidad necesaria para cubrir necesidades individuales y sociales, lograr entornos de aprendizaje efectivos y conseguir la interacción profesor-alumno.

La reflexión general debe hacerse, como es lógico, por medio del análisis de la disponibilidad tecnológica, del mercado de la oferta formativa y del estudio de costos. Es decir, desde la viabilidad económica y tecnológica, pero sobre todo, desde la óptica de la viabilidad didáctica, centrada en la calidad de los materiales y de los sistemas de enseñanza y en las posibilidades comunicativas que ofrecen dichos sistemas.

Para ello, es conveniente centrar el foco de desarrollo en:

1. Constituir un medio de solucionar condiciones para una educación más individual y flexible, relacionada con necesidades tanto individuales (combinación del trabajo y estudio, reciclaje, relativas al ritmo de aprendizaje, a la frecuencia, al tiempo, al lugar, al grupo de compañeros, etc.) como sociales (formación de grupos específicos, diferenciación de programas de estudio dirigidos a una nueva y mejor calificación en el mercado laboral).
2. Mejorar el acceso a experiencias educativas avanzadas, permitiendo a estudiantes e instructores participar en comunidades de aprendizaje remoto, en tiempos y lugares adecuados, utilizando ordenadores en el hogar, o en el trabajo.
3. Mejorar la calidad y efectividad de la interacción utilizando el ordenador para apoyar procesos de aprendizaje cooperativo, entendiéndolo como aquellos que hacen hincapié en los esfuerzos cooperativos o de grupo entre el profesorado y los estudiantes, y que

requieren participación activa e interacción por parte de ambos, frente a los modelos tradicionales de aprendizaje acumulativo.

Una experiencia reciente sobre la educación flexible (Carvajal 2008), es la Maestría en Educación Rural de Centroamérica (MERC). Se trata de un modelo pedagógico social cognitivo el que se sugiere como orientador de una práctica educativa flexible. Dicha corriente parte de la premisa del desarrollo máximo y multifacético de las capacidades e intereses del estudiante. Acepta la influencia social y colectiva del entorno, y reconoce la estrecha vinculación entre escuela y comunidad. El método se basa en el estudio de problemas y situaciones tomados del contexto de los estudiantes, lo que ofrece la motivación de plantear soluciones concretas e inmediatas a casos cercanos que así lo requieran. Le otorga importancia a la capacidad de observación y a la participación constante. La evaluación es dinámica e interactiva, al igual que la comunicación entre todos los involucrados. Por ello, la MERC, durante sus encuentros presenciales, destacó como facilitadores a quienes hubiesen cosechado experiencias valiosas en las áreas de la educación no formal, la participación comunitaria, la multiculturalidad, la educación para el trabajo, la implementación de tecnologías en zonas rurales, la escuela unidocente, la organización comunitaria, la gestión de proyectos y la pedagogía rural, entre otros, independientemente de si dicho conocimiento está adscrito a la academia, universidad, ministerio de educación, una cooperativa, una junta de desarrollo, un grupo de mujeres, una escuela comunitaria, una ONG o cualquier otro tipo de organización.

Por lo tanto, asegurar la inclusividad de la propuesta no sólo tiene que ver con la selección de determinado currículum, la planificación según un modelo pedagógico, comunicativo, evaluativo y didáctico, la presentación de los materiales o el papel del profesor, sino con la participación genuina y significativa de los actores, los expertos en la temática, y además, con la selección tecnológica precisa, diseñada para la población específica con la que se va a trabajar, con la exposición de materiales debidamente contextualizados y diseñados a partir de los recursos, intereses, necesidades y potencialidades de sus usuarios.

Muchos de los conceptos asociados con el aprendizaje en la clase tradicional, pero ausentes cuando se utilizan sistemas convencionales de educación a distancia, pueden reacomodarse en la utilización de redes para la enseñanza, dando lugar a una nueva configuración de la enseñanza que puede superar las deficiencias de los sistemas

convencionales (tanto presenciales como a distancia). Un posible punto de encuentro entre ambos podemos encontrarlo en estos planteamientos del aprendizaje abierto, que sustentarán, de alguna forma, los modelos flexibles. La consideración de la educación flexible supone cambios importantes en la organización tanto administrativa, como de los materiales y sistemas de comunicación y mediación, presentando dos dimensiones distintas: una de corte más administrativo y otra más relacionada con la traslación de los determinantes educativos (Salinas, 2010). Ambas de gran importancia en la toma de decisiones ya que lo importante en ambos casos es precisamente que flexibiliza algunos de los determinantes del aprendizaje:

- Los determinantes administrativos relacionados con el concepto de distancia: asistencia a un lugar predeterminado, tiempo y número de sesiones, ser enseñado en grupo por el profesor, las reglas de la organización. Se refiere, por tanto, al grado de libertad, o mejor de opcionalidad, de los estudiantes en el acceso, admisión, selección de cursos, y libertad en los determinantes temporales y espaciales, tales como accesibilidad (credenciales académicas previas, tiempo, localización física, determinantes financieros, características personales, responsabilidad social); flexibilidad (frecuencia de los periodos de admisión, ritmo de aprendizaje, servicios de apoyo opcionales); control del alumno sobre el contenido y la estructura; elección del sistema de distribución, y acreditación.
- Los determinantes educativos: especificación de metas de aprendizaje ajustadas a las características de los alumnos; contenidos y secuencia de enseñanza; la estrategia para enseñar del profesor individual o de la organización, variedad y adecuación de medios, uso abierto de los recursos bajo la responsabilidad del alumno-usuario y eficacia didáctica en estos contextos, etc.

### **Comentarios:**

*Son variados los aspectos de la educación flexible que son considerados en la elaboración del modelo de enseñanza propuesto EFBAS. Se utiliza la idea de un cambio de paradigma del proceso de enseñanza, que va desde el aula tradicional a otro que incorpora el uso de tecnología fuera de ella. El diseño de la estrategia de enseñanza considera diferentes entornos de aprendizajes. Se crean espacios para que los alumnos puedan realizar gran parte de sus actividades en lugares e instantes diferentes. Estos cambios de paradigmas, hacen que los roles del profesor y de los alumnos sean diferentes a las utilizadas en las formas tradicionales de enseñanza. Las concepciones del proceso enseñanza aprendizaje están centradas en el alumno y condicionan las formas de funcionamiento y el uso de los*

*recursos. Se adoptan en la propuesta EFBAS, las ventajas de la flexibilidad, de manera que estimulan las relaciones de interacción entre profesores y alumnos, que ayudan notoriamente a la inclusión.*

### **2.1.3. Entornos virtuales de aprendizaje, EVA**

Existen varias perspectivas a tener en cuenta cuando analizamos la manera en que las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) se utilizan en la educación: como plataforma para el desarrollo y puesta en práctica de materiales de enseñanza y aprendizaje, o como una herramienta de organización de los contenidos y recursos del aprendizaje. Ambas perspectivas cubren aspectos relevantes de los entornos de aprendizaje y de aquellos cursos que no pueden ser analizados por separado debido a su interdependencia. Es, sin embargo, mucho más difícil preguntarnos si los entornos de aprendizaje abiertos y flexibles basados en las TIC nos reportan una educación cualitativamente mejor, más efectiva y más eficiente, y sobre todo cómo deben ser abordados estos nuevos modelos educativos desde un punto de vista pedagógico.

Es difícil comparar los métodos de enseñanza y la calidad de las experiencias de aprendizaje entre los diferentes entornos, dado que hay que considerar también el conjunto de las actividades educativas implicadas. Algunos entornos están basados en el modelo virtual en su totalidad, otros están vinculados con cursos que tienen lugar en un campus universitario local. También los hay dirigidos a una audiencia internacional, otros a una comunidad local.

Algunas materias del curso muestran diferentes características pedagógicas y la tecnología utilizada determina algunos de los indicadores clave del contexto. Esto influye en la estructura del entorno virtual así como en los métodos aplicados. En un estudio acerca de la evaluación de entornos, Britain y Liber (1999) definen dos aspectos cruciales para el trabajo con entornos virtuales de enseñanza:

1. Los entornos virtuales de aprendizaje deben aportar mejoras a la calidad y variedad de la enseñanza y aprendizaje que no se consiguen utilizando los métodos habituales.

2. Los entornos virtuales deben reducir la carga administrativa de los profesores, permitiéndoles organizar su trabajo con mayor eficacia y capacitándoles para dedicar más tiempo a las necesidades educativas individuales del alumnado.

Cuando la enseñanza y el aprendizaje se producen mediante EVA, debe tenerse en cuenta que ya existe un concepto didáctico incorporado en este entorno, el cual determina la escala de funciones pedagógicas disponibles para los cursos. Con relación al contexto de Internet, el primer aspecto a considerar es que la tecnología misma es la que limita el rango de posibilidades (por ejemplo, predominio de textos debido a las restricciones de ancho de banda). Por lo tanto, es el entorno basado en la funcionalidad de la tecnología el que contiene un determinado diseño con un conjunto de herramientas, funciones, barras, jerarquías fijas y posiciones de nuevo con algún tipo de limitaciones pedagógicas dadas en la etapa final del diseño pedagógico.

Wilson (1996) ha descrito la relación entre conceptos de conocimiento y sus consecuencias en la naturaleza del entorno de aprendizaje, que se presenta la tabla 2.3.

Se observa, en general, que muchas de las innovaciones de aprendizaje que utilizan EVA se acercan a una visión constructivista del *aprendizaje centrado en el estudiante*, en la construcción de *comunidades de aprendizaje*, donde la colaboración entre los agentes del aprendizaje desempeña un papel crucial en el diseño instructivo de estos entornos.

**Tabla 2.3:**  
Entornos de aprendizaje.

<b>Metáfora acerca del conocimiento</b>	<b>Consecuencia del entorno de aprendizaje</b>
El conocimiento es una cantidad o paquete de contenidos listo para ser transmitido.	Productos que pueden ser distribuidos por diferentes medios (materiales electrónicos de autoaprendizaje).
El conocimiento es un estado cognitivo reflejado en los esquemas y habilidades procedimentales de la persona.	Combinación de estrategias de enseñanza, objetivos y medios para cambiar los esquemas de pensamiento en el individuo (programas de enseñanza).
El conocimiento son los significados de una persona, construidos en interacción con el entorno personal.	El estudiante actúa y trabaja en un entorno con muchos recursos y estímulos (conjunto de herramientas y recursos).
El conocimiento es un proceso de aculturación o adopción de las maneras de ver y actuar de un grupo.	Participación en la vida diaria y actividades de la comunidad (el trabajo colaborativo en el entorno puede incluir los temas arriba mencionados).

En este tipo de entornos podemos aplicar los principios generales sobre “buenas prácticas” citados por Chickering y Gamson (1996):

1. Estimular el contacto estudiante-profesorado.
2. Estimular la cooperación entre estudiantes.
3. Estimular el aprendizaje activo.
4. Ofrecer retroalimentación rápida a los estudiantes.
5. Enfatizar el tiempo invertido en la tarea.
6. Transmitir altas expectativas.
7. Respetar las diferentes capacidades y estilos de aprendizaje.

En el caso concreto del diseño de los entornos de aprendizaje, Cunningham, Duffy y Knuth (1993) citan los siguientes principios compatibles con los anteriores:

1. Aportar experiencias al proceso de construcción de conocimiento.
2. Aportar experiencias para la apreciación de múltiples perspectivas.
3. Situar el aprendizaje en contextos realistas y relevantes.
4. Estimular la autogestión y la voz propia en el proceso de aprendizaje.
5. Integrar el aprendizaje como una experiencia social.
6. Estimular el uso de múltiples modos de representación.
7. Favorecer la autoconciencia del proceso de construcción del conocimiento.

Los entornos virtuales son, en definitiva, entornos de aprendizaje y, como tales, deberían de participar de los principios anteriormente descritos, sin menoscabo de la forma en que éstos se ponen en práctica con unas tecnologías de la información y la comunicación que actúen como mediadoras del aprendizaje.

Los principios anteriormente citados nos proporcionan pistas sobre algunos de los temas más importantes relativos al diseño, planificación y gestión de cursos (y otras experiencias) en EVA. Tampoco debemos olvidar que tanto la enseñanza como el aprendizaje tienen lugar siempre en un contexto determinado. Este contexto está además definido por la infraestructura accesible en lo que se refiere a los recursos de personal docente y a sus competencias, a los presupuestos y a las tecnologías; más allá de estas dimensiones, es la propia sociedad (que también incluye a profesores y alumnos) la que formula sus necesidades,

requerimientos y servicios.

Como en el diseño de cursos convencionales, son varias las etapas a considerar en el diseño de un curso que utilice EVA:

- a) Análisis de las condiciones básicas (por ejemplo, infraestructura, recursos).
- b) Planificación.
- c) Desarrollo.
- d) Lanzamiento y ejecución del curso.
- e) Evaluación.

La etapa inicial de análisis se caracteriza por el examen de las condiciones contextuales mencionadas inicialmente: quién es el grupo usuario, cuál es el entorno tecnológico, qué se necesita y qué recursos son accesibles, etc., son interrogantes habituales en la planificación de una experiencia de aprendizaje.

La concepción general de la experiencia de aprendizaje se debe llevar a cabo durante la misma fase de planificación. A este respecto, deben tenerse en cuenta los componentes necesarios para el desarrollo e implantación del curso:

- Selección y diseño de la información (materiales de aprendizaje, orientación, recursos, etc.).
- Comunicación (lenguaje, síncrona/asíncrona, canales, texto, audio, vídeo).
- Organización y gestión (certificación, calendario, administración del usuario, acuerdos sobre colaboraciones interdisciplinarias/internacionales, tasas).
- Herramientas a utilizar en el proceso de aprendizaje (correo electrónico, herramientas de *chat*, videoconferencias).
- Aspectos pedagógicos básicos, por ejemplo cómo despertar/mantener/aumentar la motivación, cómo desarrollar/mantener/mejorar la interacción, en los contextos de: profesor/alumno; alumno/alumno, teniendo en cuenta las diversas culturas de aprendizaje, el diseño de tareas y las unidades de control.
- Evaluación (de procesos y resultados, deficiencias, etc.).

Durante la etapa de planificación, desarrollo y especialmente durante la implementación aparecerán con seguridad otros aspectos importantes a considerar en la

discusión sobre metodologías pedagógicas, como generalmente ocurre en las innovaciones en general. Asimismo, la enseñanza mediante EVA también implica tener en cuenta un buen número de aspectos organizativos; esta dimensión es crucial en contextos interculturales, o en contextos de colaboración más complejos que los locales, como pueden ser los regionales, nacionales o internacionales. Por lo tanto, ser un buen profesor “virtual” implica, de igual manera, ser un buen organizador y diseñador de la información, de la comunicación, del desarrollo didáctico y la integración de medios.

En general, la concepción y el diseño de los cursos varían en función de las culturas del alumnado, así como de la infraestructura tecnológica disponible, de la coordinación de la planificación, diseño e implementación de la experiencia de aprendizaje, especialmente cuando las experiencias están organizadas por diferentes instituciones educativas. Esto demuestra también que, en mayor medida, la enseñanza se transforma durante sus diferentes fases en un proceso más complejo que en las situaciones educativas exclusivamente presenciales.

Aunque en los entornos de aprendizaje mediados por Internet no hay limitaciones en lo que se refiere al número de alumnos participantes, resulta obvio que cuantos más alumnos participan, más trabajo organizativo y administrativo se requiere. Si las experiencias se desarrollan a un nivel internacional e intercultural, hay todavía más aspectos a considerar en relación a la organización de la comunicación, el idioma básico que se utilizará y la toma en consideración de las peculiaridades culturales. Todos estos aspectos influyen de una manera importante en las estrategias de enseñanza y aprendizaje utilizadas en los entornos virtuales.

Estrechamente relacionada con los problemas anteriores, la evaluación que debe tener lugar para determinar el éxito del entorno de aprendizaje es también un factor crucial. Deben evaluarse tanto los factores económicos (costos de personal y tecnología) como los pedagógicos (calidad de la enseñanza, resultados). La evaluación de las actividades consiste en la validación del conocimiento tanto como la evaluación de los alumnos. Según el enfoque constructivista, resulta esencial implicar a los alumnos en la validación del proceso de aprendizaje a lo largo del curso. Estos procesos conducen a discusiones más críticas y reflexivas sobre los contenidos, haciendo posibles, además, procesos metacognitivos de aprendizaje del propio alumnado (Gokhale, 1995). Los foros de discusión para el debate y la crítica, así como el comentario colectivo de escritos, son buenas herramientas para la evaluación del alumnado en los EVA que no contradicen otras formas de evaluación más convencionales. En todo caso, si el curso es semipresencial, la evaluación ha de ser integrada,



pero teniendo en cuenta los dos entornos y las particularidades de las experiencias de aprendizaje.

Es evidente que las temáticas de enseñanza en los entornos virtuales son multidimensionales y directamente interrelacionadas con otros aspectos esenciales de actividades dentro y fuera del propio entorno. Esto explica la amplia variedad existente de concepciones, entornos y de cursos que pueden encontrarse en las instituciones educativas y también en el mercado.

La mayor parte de los entornos de aprendizaje pueden ser utilizados tanto para la enseñanza semipresencial como para el aprendizaje abierto e independiente, incluyendo metodologías de aprendizaje que incorporan la búsqueda individual de información y ciertas habilidades de investigación con Internet. La organización de entornos virtuales ha de tener en cuenta, además, otros aspectos importantes, como el acceso y la provisión de información y contenidos, su calidad y la comunicación entre los agentes del aprendizaje y el entorno externo a la propia institución.

Las TIC se han utilizado durante un largo periodo de tiempo como medios de instrucción en la clase, el laboratorio, consultorías y marcos informativos. Schramm (1977) ha realizado estudios sobre los medios de instrucción en los primeros años de investigación en comunicación. Las aplicaciones de sistemas satélite, la televisión de bajo escaneado en la enseñanza a larga distancia y la consulta médica a distancia son estudiadas desde 1970 (McAnany, 1983). En la actualidad, las TIC se han convertido en una nueva forma de educación de gran importancia. El aprendizaje a distancia que se usa en la World Wide Web y otras nuevas modalidades de medios informativos, especialmente en educación superior, se han convertido en un área de intenso interés investigativo (Dede, 1996; Mood, 1995). Mientras observadores críticos como David Noble han destacado la propiedad económica, privada e intelectual, así como las implicaciones de instrucción de la rápida adopción de los nuevos medios por las universidades (Noble, 1998a, 1998b), otros resaltan el potencial de las nuevas tecnologías basadas en la Web para la instrucción a distancia en tiempo real, la búsqueda de información y el uso de los medios como proceso social. Algunos proyectos están diseñados de forma explícita para integrar las tecnologías del aprendizaje en las compañías, las organizaciones y los grupos de trabajo como medio de mejorar su rendimiento y promover la transferencia de las tecnologías del aprendizaje al mercado.

El énfasis creciente que se da en educación superior a las habilidades de adquisición

del pensamiento crítico ha derivado en la exploración de los usos de la Web por parte de los investigadores, quienes han advertido que las interacciones cercanas entre estudiantes y profesores son muy necesarias (ver Peters, 1996). Además, se está explorando la integración de los sistemas de acompañamiento en el aprendizaje con los sistemas sofisticados de comunicación y el uso simplificado de interfaces en los sistemas sociales de aprendizaje (Chan, 1996). Asimismo, se ha demostrado y discutido los sistemas de entrenamiento; los mecanismos interactivos para situaciones de enseñanza basada en la Web están aún relativamente poco desarrollados, pero deberían incluir foros similares a los grupos de discusión. Los nuevos entornos de aprendizaje en la Web, especialmente diseñados para integrar las necesidades didácticas y sociales en un mismo sistema incorporan una base de datos de contenido especializado, entornos personales seguros e información multimedia o hipertextual desde Internet (Frindte, Kohler, Stauche y Suckfüll, 2000; Hegarty, Phelan y Kilbridge, 1998). Estos medios permiten a los profesores supervisar y ayudar a los estudiantes de manera individual y permiten recabar los datos de evaluación comprensiva.

Los informes sociales sobre el aprendizaje han llevado a los investigadores y profesores a reconocer las instituciones educativas como comunidades de aprendizaje centradas en la escuela y el trabajo (Koschmann, 1996). Las TIC, y en particular Internet, desempeñan un importante papel en la creación y funcionamiento de comunidades de aprendizaje, con acceso a información especializada sobre datos relevantes, herramientas de análisis y personal entrenado para satisfacer las demandas de los niveles de interacción, cada vez más complejos (O'Neill, Gomezy Edelson, 1994).

Los estudios de aprendizaje a distancia han proporcionado una descripción detallada de las características de los sistemas multimedia (Hegarty et al., 1998; Lehrer, 1992). También han demostrado y evaluado técnicas para representar conocimientos comprensivos en estructuras hipermedia. Otros consideran la World Wide Web como un medio de diseminar la información, generar y acceder a fuentes de materiales, así como fomentar la comunicación entre los participantes durante el aprendizaje (Trapp, Hammond y Bray, 1996). Bailey y Cotlar (1994) exploran técnicas y metodologías para integrar los computadores y las telecomunicaciones en los currículos existentes. Algunos observadores creen que la Web anima el aprendizaje independiente, y varios estudios han considerado la Web como una fuente de información y canal de comunicación entre estudiantes jóvenes de diferentes instituciones y países (Donath, 1994).

A pesar de estos avances, los diseñadores de sistemas y usuarios a menudo parecen

asumir que los sistemas multimedia transformarán todo el proceso de aprendizaje en una experiencia abierta, personal e interactiva. Tienden a enfatizar los proyectos de educación a gran escala y el desarrollo de las comunidades tecnológicamente mediatizadas basadas en una retroalimentación regular y consistente, más que en los problemas de integrar los medios en los parámetros establecidos de enseñanza local. Estos escenarios (Barrett, 1992; Issing y Klimsa, 1996; Murray, 1995) han sido criticados por subestimar las limitaciones de los nuevos medios tecnológicos, incluyendo la accesibilidad de la tecnología y su adecuación para usos pedagógicos (Hart, 1998; Kawalek, 1996; Kiesler y Sproull, 1987). Los autores se han dado cuenta de los problemas pedagógicos asociados al uso de la Web para enseñar a los estudiantes de los niveles primario y secundario (Hegarty *et al.*, 1998; Noack, 1996), donde permanece la necesidad de guías y técnicas específicas de empleo de las TIC en la educación y aprendizaje elemental y secundario.

Muchos entornos de aprendizaje a distancia utilizan herramientas de conferencia por computador que no han sido diseñadas específicamente con objetivos pedagógicos. Los sistemas de conferencia por computador normalmente están diseñados para soportar transferencias asíncronas de texto, imágenes y a veces sonido, y con menos frecuencia señales de vídeo en vivo. Estas modalidades han llevado a algunos a proponer que el medio de la conferencia por computador puede tener potencial como entorno para la enseñanza del lenguaje (Warschauer, 1997), ya que las características que presenta coinciden con aquellas que son vitales para la adquisición del lenguaje. Debido a esta circunstancia, y porque es fácil disponer de sistemas de conferencia, los investigadores sugieren que se realice más investigación sobre la naturaleza de los sistemas de conferencia por computador como entornos de aprendizaje a distancia de forma que podamos entender mejor su potencial (Collis y Cannel, 1996).

Aunque los sistemas de conferencia por ordenador pueden proporcionar un medio válido para la educación a distancia, su debilidad reside en su naturaleza de tiempo real. Muchos estudiantes deciden utilizar la educación a distancia porque su tiempo disponible no coincide con las horas de trabajo tradicionales (Usip y Bee, 1998; McKersie y Fonstad, 1997). El uso de herramientas de conferencia por computador en tiempo real puede ser una desventaja para estos grupos de potenciales estudiantes. Tales sistemas de conferencia no siempre soportan todas las características que pensamos pueden promocionar una educación a distancia satisfactoria, como recursos informáticos enriquecidos, simulaciones realistas,

comunicación varios con varios, independencia de tiempo y lugar, intercambios a grandes distancias y enlaces de hipermedios (Morgan y Morgan, 2000).

Cuando se evalúan los entornos de aprendizaje a distancia hay gran variedad de opiniones sobre qué debe ser evaluado y cómo debe llevarse a cabo esta evaluación (Grudin, 1988; Tollmar, 1993; Carlson, 1991; Morgan, 1995). Algunos estudios han realizado comparaciones sobre la satisfacción y el rendimiento académico de los estudiantes en condiciones de aprendizaje con y sin el apoyo de entornos de aprendizaje a distancia (Usip y Bee, 1998). Estos estudios han demostrado que el aprendizaje a distancia es más satisfactorio cuando se trata de complemento a métodos más tradicionales de enseñanza y no se usa como un elemento obligatorio del currículum. Otros estudios han evaluado los aspectos de los estilos de aprendizaje, interacciones y actitudes de los estudiantes en situaciones de aprendizaje a distancia y las han comparado con las de los estudiantes en entornos de aprendizaje convencionales.

Las investigaciones sobre la evaluación empírica de la eficiencia o las consecuencias del aprendizaje basado en Internet son raras. Fundamentalmente, existen guías o informes empíricos sustentando proyectos, pero no se refieren a investigaciones del aprendizaje empíricamente realizadas (por ejemplo, Koring, 1997); estudios de evaluación metodológicamente más complejos se encuentran en Estados Unidos y el Reino Unido. Los diseños de evaluaciones usados pueden dividirse en tres grupos:

1. Tesis de evaluación que se basan en comparaciones pre-post, con los efectos de escenarios de aprendizaje y enseñanza basados en Internet (conceptualizadas como intervenciones de enseñanza y aprendizaje) deben ser juzgadas.
2. Tesis de evaluación que se basan en comparaciones de control experimental de grupos, en las que los entornos de formación tradicional funcionan como elementos de control de los entornos establecidos como grupos experimentales.
3. Tesis de evaluación que se basan en autoevaluaciones y tesis sobre el éxito de una intervención, proporcionadas por estudiantes y profesores tras acabar la implementación de un contexto de Internet.

Para Suárez (2004) los Entornos Virtuales de Aprendizaje son un arquetipo tecnológico que da sustento funcional a las diversas iniciativas de elearning. Sin embargo,

desde su concepción, diseño y posterior empleo en los procesos de aprendizaje, los EVA deben satisfacer una visión pedagógica que enriquezca su constitución tecnológica inherente. Considerar este requerimiento puede orientar el uso de estas tecnologías más allá de los usos convencionales como simples máquinas, hacia una en que se contemple al aprendizaje como el principal motivo de su inclusión educativa.

Atendiendo esta demanda, desde la teoría sociocultural del aprendizaje, que logra poner de manifiesto que la mente no es una entelequia sumida en un vacío social, sino que lo propiamente humano se haya mediatizado, extendido si se quiere, a partir de la doble orientación de la actividad de los instrumentos de mediación, se puede destacar que las herramientas infovirtuales operan en el aprendizaje en dos sentidos. Los EVA al generar nuevos contextos o ámbitos de aprendizaje desde una estructura de acción tecnológica, posibilitan de manera recíproca, nuevos umbrales de representación cognitiva que influyen en las oportunidades de aprendizaje de quienes interactúan con estos instrumentos. Esta dinámica es de ida y vuelta, que hacen de los EVA un poderoso elemento de mediación educativa.

Por tanto, se debe comprender que todo aquello que se realiza a través de las herramientas infovirtuales, como sistema de actuación, interviene como condición de aprendizaje, y por ello, deja una secuela no sólo en el aprendizaje de un tema, sino que influye en los marcos de pensamiento, y en los componentes tácticos de actividad mental que orientan nuestras estrategias de aprendizaje. Por tanto, es necesario que elearning repare que un EVA añade un plus en el aprendizaje: no sólo se actúa con ella en el proceso de formación, sino que paralelamente se ejecuta la inteligencia, y con ella, las estrategias para aprender. No obstante, este influjo se hace más importante cuando, como en elearning, el medio es el que define el ámbito de actividad educativa.

Por lo mismo, desde una perspectiva pedagógica hay que advertir que aprender dentro de los márgenes de virtualidad, debe suponer además, que esa virtualidad también nos conforma estructuralmente. Esta única visión respecto a una doble orientación puede, y debe, favorecer las propuestas educativas a través de los EVA, ya que se manifiestan como legítimas a su condición de instrumentos de mediación.

Respecto a la autoevaluación como actividad docente en entornos virtuales de aprendizaje-enseñanza, los sistemas de evaluación deben adecuarse a los objetivos de

aprendizaje, los contenidos y los destinatarios; si están implementados mediante un entorno virtual entonces deben adecuarse además a esta metodología específica (García, 2006). Un alto porcentaje de entornos virtuales de aprendizaje-enseñanza tienen desarrollado un sistema de pruebas de respuesta objetiva, de tipo test o autoevaluación mediante un módulo de software con acceso a una base de datos. Este tipo de sistema suele incluir entre sus funcionalidades la creación de preguntas para este tipo de pruebas, la configuración de ejercicios, la generación de las pruebas, la gestión y corrección de las respuestas y la gestión y almacenamiento de las respuestas. La potencia y flexibilidad del sistema dependerá de las características de cada una de estas facilidades.

En el ámbito de las preguntas que componen las pruebas es importante destacar la variedad de tipos de cuestiones. Entre los tipos de preguntas de corrección automática se pueden encontrar cuestiones de verdadero-falso, de tipo test de respuesta simple, de tipo test de respuesta múltiple, ejercicios con solución numérica entera o real (incluyendo una tolerancia en la respuesta), preguntas de relación o emparejamiento, preguntas de ordenación, de rellenar huecos, ejercicios de respuesta corta o de cadena de caracteres, ejercicios cuya solución es proporcionada de forma gráfica (puzzles o cronogramas), tablas, mapas de imágenes. También es necesario considerar la posibilidad de incluir elementos multimedia en el enunciado: imágenes, gráficas, ecuaciones, sonidos, vídeos.

En el terreno de la generación de las pruebas se debe considerar la capacidad de crear los ejercicios a partir de una base de datos de preguntas, la flexibilidad en el diseño de pruebas de evaluación con capacidad para controlar aspectos tales como: puntuación, número de intentos, duración de la prueba, así como la posibilidad de crear puertas de acceso condicionado a su superación, la variedad de plantillas disponibles para generar e interconectar ejercicios de evaluación o la posibilidad de integrar el uso de emuladores o simuladores como parte de la evaluación que se va a efectuar.

En todos los casos, el diseño y planificación de la autoevaluación debe ser coherente con los objetivos y el resto de la metodología docente a emplear. A diferencia de lo que ocurre con otras técnicas de evaluación, la ventaja de la retroalimentación inmediata en los sistemas de autoevaluación implementados con entornos virtuales constituye una clave fundamental en el proceso de aprendizaje, ejerce como elemento motivador para esfuerzo del alumno y le orienta eficazmente en sus actividades.

La mayoría de los entornos virtuales de aprendizaje-enseñanza más utilizados en la actualidad, como WebCT (<http://www.webct.com/>), Moodle (<http://www.moodle.org/>) o

Claroline (<http://www.claroline.net>), disponen de algún módulo o sistema de autoevaluación con pruebas de respuesta objetiva.

Salinas (2010), en un trabajo sobre modelos emergentes en entornos virtuales de aprendizaje, plantea posiciones en relación al manejo de los entornos virtuales de formación. Una, como diseño dominante, asociado a la incorporación, utilización y generalización de los entornos virtuales en las organizaciones de educación, principalmente asociado todo ello al uso de plataforma, y una alternativa que desde un escenario de diseño aporta una serie de posibilidades diferente y que reflejaría mejor las necesidades de aprendizaje permanente de los usuarios.

Diseño dominante serían:

1. Foco en la integración de herramientas y datos en contexto de curso.
2. Asimetría de las relaciones.
3. Experiencia homogénea de contexto (modelo organizacional centrada en el curso).
4. Uso de estándares de aprendizaje abierto.
5. Control de acceso y gestión de derechos.
6. Campo de operaciones organizacional.

Diseño alternativo podríanser:

1. Foco en la coordinación de conexiones entre el usuario y los servicios.
2. Relaciones simétricas.
3. Contexto individual.
4. Estándares abiertos de Internet.
5. Contenido abierto.
6. Campo personal y global.

Desde la perspectiva de los entornos virtuales de aprendizaje esto supone avanzar de un modelo dominante instalado a otro alternativo.

### **Comentarios:**

*Es claro que en la medida que la tecnología se adapte al aula el resultado del cambio será más satisfactorio. Que el acto educativo haya permanecido sin alteraciones por más de un siglo, ha sido, en parte, porque las tecnologías aplicables al salón de clases no han permitido la adecuada flexibilidad, conectividad, interactividad y sincronidad en que nos encontramos. Es así, que la gran parte de los docentes permanecen impassibles respecto a los adelantos de las TIC. La velocidad de estos adelantos y la forma en que estos tienen*

*implicaciones sobre la vida cotidiana de las personas y los procesos sociales y económicos amenaza con abrir las puertas a esta indiferencia. El reto es usar la tecnología para producir calidad en los resultados del proceso de enseñanza - aprendizaje, al tiempo que se expande la accesibilidad de diferentes opciones de educación superior y educación continua a lo largo de la toda la vida. El reto incluye preparar estudiantes para un mundo cambiante, para trabajos y posiciones que todavía no se inventan y para usar tecnologías y desarrollos tecnológicos que aún no afloran o se vislumbran. Por lo tanto, para el profesional ya formado deben tenerse ofertas de actualización y formación permanente y los entornos virtuales son una opción clara y eficaz. Al fusionar tecnologías y mezclar metodologías se realiza el cambio conceptual que se espera, y obliga a las instituciones escolares a pensar en formas diferentes de enseñar y aprender. Todas estas reflexiones son parte de las consideraciones en que la propuesta EFBAS se sustenta.*

#### **2.1.4. Blended Learning en el proceso enseñanza - aprendizaje**

En los últimos años ha aparecido un nuevo concepto que surge con fuerza en el ámbito de la formación, se trata de Blended Learning, que se entiende como "aprendizaje mezclado" y la novedad del término no se corresponde con la tradición de las prácticas que encierra. Otras denominaciones se han utilizado antes para la misma idea. Y a veces otras ideas se están utilizando para esta misma denominación. ¿Estamos ante un simple recurso de propaganda y venta? ¿Aporta algo a nuestra acción formativa? Se trata de ayudar a comprender que se entiende por "Blended Learning" y a obtener algunas de las aportaciones que nos pueden enriquecer. Tras estudiar el Blended Learning como respuesta a los problemas que encuentra el elearning y la enseñanza tradicional, se analizan sus posibilidades y sus características.

Aiello (2004), señala que la combinación Blended Learning es uno de los mejores medios usados en el aprendizaje, pero para que esta combinación funcione hay que pensar en una organización en red y transversal del conocimiento y la información. Esta modalidad tiene la posibilidad de utilizar modelos y metodologías que combinan varias opciones, como clases en aula, elearning y aprendizaje al propio ritmo de cada alumno. También permite desarrollar habilidades cognitivas a través del análisis y síntesis e información. Este aprendizaje se fundamenta en algunas teorías del aprendizaje, técnicas y tecnologías. Tomei (2003), analiza qué teorías se encuentran detrás de algunas de las técnicas y tecnologías más frecuentes en el aula. Este es un ejemplo:



*Conductismo*: ejercitación mecánica y retroalimentación.

*Cognitivismo*: estrategias y software que ayudan a los estudiantes a buscar información, reflexionar, realizar síntesis.

*Humanismo*: atención a diferencias individuales y trabajo cooperativo (ritmos y destrezas).

Para el diseño de los cursos universitarios para educación virtual y mixta, Valiathan (2002) establece que existen tres modelos básicos en Blended Learning:

1. *Modelo basado en las habilidades*: Mezcla la interacción entre estudiantes y un facilitador a través del uso del correo electrónico, foros de discusión, sesiones presenciales, uso de textos, libros, documentos, páginas Web y autoaprendizaje. Para desarrollar habilidades y conocimientos específicos, el facilitador se convierte en una ayuda al aprendiz para que no se sienta perdido y no se desanime.
2. *Modelo basado en el comportamiento o actitudes*: Se mezclan o combinan el aprendizaje presencial junto con eventos de aprendizaje en línea (online) realizados de manera cooperativa. Se realizan interacciones y discusiones facilitadas con tecnología, como foro de discusión y aulas virtuales, para desarrollar actitudes y conductas específicas entre los estudiantes. Las actividades se realizan sobre tópicos sociales, culturales y/o económicos, a través de foros, debates, chats, etc. Los estudiantes realizan las actividades en forma on line y también presencial.
3. *Modelo basado en la capacidad o competencias*: Este modelo combina una variedad de eventos de aprendizaje con el apoyo de tutorías, con el propósito de facilitar la transmisión del conocimiento y desarrollar competencias para el mejor desempeño. El éxito depende de la toma de decisiones; esto es importante para el desarrollo de cualquier tarea.

Este modelo se centra en buscar y transmitir ese conocimiento tácito a través de las tutorías, basadas en las relaciones presenciales (cara a cara) y en la tecnología.

En consecuencia, en relación a Blended Learning, Alemañy (2009) considera:

- La función esencial de las TIC se encuentra en conseguir que el proceso de enseñanza-aprendizaje constituya una transformación crítica de los estudiantes y les ayude en el desarrollo de las propias habilidades: aprender a aprender.

- El modelo virtual-presencial de aprendizaje es muy eficaz en el desarrollo de la adquisición de competencias básicas para el aprendizaje autónomo del alumnado.
- Los servicios virtuales para la docencia se encuentran en un período de clara expansión. La modalidad de oferta educativa mediante redes digitales es una experiencia en continuo desarrollo.
- En definitiva, se pretende analizar la manera de mejorar la docencia utilizando nuevos modelos de organización didáctica que potencien el aprendizaje del alumno en el nuevo contexto tecnológico y social de hoy en día.

Dada una experiencia de Blended Learning, Fainholc (2008), la introduce como propuesta curricular a la cátedra de Tecnología Educativa de nivel de grado de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación de la Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina, donde sus principales aseveraciones apuntan:

- En el caso de Blended Learning que se presenta, se debe reconocer que ha demostrado ser una elección educativa eficaz, eficiente y pertinente cuyos resultados hacen pensar en logros tecnológico-educativos seguros en términos del logro de aprendizaje y dentro de un camino de cambio socio-organizacional-curricular y tecnológico educativo sin retroceso, tal como reclaman los tiempos que corren.
- El Blended Learning demuestra ser una de las formas metodológicas más rigurosas para la implementación ya que requiere serio conocimiento y evaluación para la toma de decisiones respecto de una selección, combinación y utilización inteligente y comprensivo de recursos de variada índole, entre ellos, las TIC con formas y medios convencionales para el aprendizaje universitario.
- El diseño de un curso universitario para educación virtual de modalidad mixta en combinación con la docencia presencial, en colaboración internacional, ha representado una auténtica situación de aprendizaje para los profesores locales y extranjeros, y los estudiantes, con apropiación tecnológico-educativa de las TIC, en el marco de construcción de saber conjunto y utilidad socio-cultural.

Parra (2008) , Hace una descripción, cuyo propósito fundamental es mostrar la combinación entre la educación presencial y el aprendizaje digital en las Instituciones de Educación Superior; al revisar desde sus antecedentes como el historial y aspectos que han marcado la incorporación de las tecnologías de la información y las comunicaciones, sus

teorías que la soportan, de los recursos que se vale, sus ventajas y desventajas, y los roles que tienen los actores participantes en esa concepción de Aprendizaje mezclado o Blended Learning.

Cualquiera que sea el momento en la modalidad *blended learning* (Turpo, 2010), las estrategias didácticas son: procedimientos que incluyen varias técnicas, operaciones o actividades específicas que persiguen un propósito determinado, se acometen flexiblemente, pueden ser abiertas (públicas) o reservadas (privadas), incluyen variados componentes de interactividad (presenciales y virtuales o una combinación de éstos) y, finalmente, son instrumentos socioculturales aprendidos en contextos de interacción con alguien que sabe más.

En la actualidad (Salmerón et al., 2010) es una realidad que los procesos de enseñanza-aprendizaje van cambiando sus contexto docentes dado el crecimiento de las redes y el desarrollo de los entornos virtuales que han propiciado la creación de un espacio continuo en el que alumnado y profesorado se encuentran y trabajan con los recursos de aprendizaje. La clave de la eficacia de estos entornos estará en no asociar de forma simplista el ambiente virtual como un entorno de aprendizaje, sino en crear un andamiaje diseñado por el profesorado que guía y ayuda al alumnado a caminar hacia las metas deseadas posibilitando creatividad en ambas direcciones

### **Comentarios:**

*La utilización de ambientes de enseñanza ha proliferado con mucha rapidez, pero es necesario que se vaya justificando adecuadamente su utilización, porque existe la tendencia de tratar de convencer que una metodología que incorpore las TIC es una innovación, cosa que está lejos de la realidad. Así, como incorporar cualquier tipo de metodología al aula debe ser clara su fundamentación y necesidad. En particular usar ambientes que combinen lo presencial con lo virtual, da la impresión de que es lo que viene en el futuro, pero la combinación exacta es el desafío. Para ello, es necesario investigar más para tener claridad de qué se hace en lo presencial y qué se hace en lo virtual, y saber en qué momento se trabaja con una y otra forma.*

*La propuesta de enseñanza EFBAS, ha considerado estos aspectos, y las experiencias previas que existen al respecto. La fundamentación teórica educativa en las metodologías de*

*enseñanza y el conocimiento del uso y potencialidades de las TIC en ambientes de aprendizaje, pueden avalar una propuesta de este tipo. Fundamentalmente, se recogen aquellos aportes en el desarrollo de competencias genéricas declaradas en la propuesta de enseñanza.*

### **2.1.5. Habilidades asociadas al proceso enseñanza aprendizaje**

La mejora de la enseñanza requiere que el final del proceso no sea la evaluación sino la eventual propuesta de mejora que se extraiga de ella y que estará vinculada a la fase de planificación posterior. Así se genera un círculo de calidad que garantiza que cada fase nueva del proceso se beneficiará de la evaluación que se haya hecho de la anterior.

Por otra parte, las investigaciones de los últimos años sobre formación del profesorado han ido dejando claro que se requiere un trabajo colectivo para que exista mejora. Cuando se ha hablado de reflexión y se ha tomado ésta como una acción individual, la reflexión apenas si ha supuesto una superación de las acciones reflexionadas. El proceso de mejora requiere de lo que Vigotsky denominaba el “aprendizaje coral” y eso supone un trabajo de análisis en grupo. Y, al final, obtener datos sobre la propia actuación acaba teniendo poco impacto en dicha actuación si esa evaluación no está vinculada a la propia formación. Tarea, por otra parte, nada fácil y que requiere de una serie de disposiciones personales y, también, de sistemas de apoyo institucional.

En el proyecto Tuning 2004 para Europa, nos señalan que las competencias representan una combinación dinámica de conocimiento, comprensión, capacidades y habilidades. Fomentar las competencias es el objeto de los programas educativos. Las competencias se forman en varias unidades del curso y son evaluadas en diferentes etapas. Pueden estar divididas en competencias relacionadas con un área de conocimiento (específicas de un campo de estudio) y competencias genéricas (comunes para diferentes cursos, y que son parte de la formación integral del profesional).

En una sociedad cambiante, donde las demandas tienden a hallarse en constante reformulación, estas competencias y destrezas genéricas son de gran importancia. La elección de una enseñanza basada en el concepto de competencias, como punto de referencia dinámico y perfectible, puede aportar muchas ventajas a la educación, tales como:

- Identificar perfiles profesionales y académicos de las titulaciones y programas de estudio.

- Desarrollar un nuevo paradigma de educación, primordialmente centrada en el alumno y la necesidad de encauzarse hacia la gestión del conocimiento.
- Responder a las demandas crecientes de una sociedad de aprendizaje permanente y de mayor flexibilidad en la organización del aprendizaje.
- Contribuir a la búsqueda de mayores niveles de empleabilidad y ciudadanía.
- Propiciar un impulso para la construcción y consolidación del espacio América Latina, el Caribe y la Unión Europea de Educación.
- Tomar en consideración los acuerdos firmados en la última conferencia Iberoamericana de Educación.
- Estimular acuerdos para la redefinición de un lenguaje común, que facilite el intercambio y el diálogo entre los diferentes grupos interesados.

En síntesis, las competencias emergen como elementos integradores capaces de seleccionar, entre una amplia gama de posibilidades, los conocimientos apropiados para determinados fines. La tendencia hacia una “sociedad del aprendizaje” ha sido aceptada ampliamente y se halla consolidada desde hace algún tiempo. Algunos elementos que definen este cambio de paradigma son una educación centrada en el estudiante, el cambiante papel del educador, una nueva definición de objetivos, el cambio en el enfoque de las actividades educativas y en la organización y los resultados del aprendizaje.

El diseño y desarrollo curricular basado en competencias constituyen un modelo facilitador con múltiples beneficios para diversos actores.

Para las instituciones:

- Impulsa la constitución de una universidad que ayuda a aprender constantemente y también enseña a desaprender.
- Supone transparencia en la definición de los objetivos que se fijan para un determinado programa.
- Incorpora la pertinencia de los programas, como indicadores de calidad y el diálogo con la sociedad.

Para los docentes:

- Propulsa el trabajo en el perfeccionamiento pedagógico del cuerpo docente.
- Ayuda en la elaboración de los objetivos, contenidos y formas de evaluación de los planes de estudio de las materias, incorporando nuevos elementos.

- Permite un conocimiento y un seguimiento permanente del estudiante para su mejor evaluación.

Para los estudiantes y graduados:

- Permitir acceder a un currículum derivado del contexto, que tenga en cuenta sus necesidades e intereses y provisto de una mayor flexibilidad.
- Posibilita un desempeño autónomo, el obrar con fundamento, interpretar situaciones, resolver problemas, realizar acciones innovadoras.
- Implica la necesidad de desarrollar: el pensamiento lógico, capacidad de investigar, pensamiento estratégico, la comunicación verbal, dominio de otros idiomas, la creatividad, la empatía y la conducta ética.
- Contribuye a tornar preponderante el autoaprendizaje, el manejo de la comunicación y el lenguaje.
- Prepara para la solución de problemas del mundo laboral, en una sociedad en permanente transformación.
- Prioriza la capacidad de juzgar, que integra y supera la comprensión y el saber hacer.
- Incluye el estímulo de cualidades que no son específicas de una disciplina, o de características específicas propias de cada disciplina, que serán útiles en un contexto más general, como en el acceso al empleo y el ejercicio de la ciudadanía responsable.

### **Comentarios:**

*La globalización y la sociedad de libre mercado ha exigido nuevas capacidades en la formación de profesionales universitarios que cumplan ciertos estándares, que corresponden a objeto de preocupación de cada país. De ahí surge el proyecto Tuning en Bolonia para la comunidad Europea y se extiende para Latino América y el Caribe en el 2004. Como se manifiesta en los antecedentes bibliográficos previos, está claro que la educación debe cambiar y adecuarse a los que la solicitan, a través de lo que se llama competencias.*

*Al utilizar el experimento piloto, en 2003, de la metodología de enseñanza EFBAS, se observó que aparte de los resultados académicos logrados, desarrollaban una serie de habilidades actitudinales y cognitivas que, de alguna manera, están íntimamente relacionadas con los referentes teóricos en los cuales se fundamenta la investigación. Aunque en el trabajo de tesis, no es desarrollarlas formalmente, si es necesario explorar las habilidades, que a futuro pueden convertirse en competencias.*

## 2.2. Trabajo Cooperativo en el contexto del proceso enseñanza aprendizaje

La definición de trabajo cooperativo según la Real Academia Española, es trabajar junto a otro para conseguir un fin. De ahí que, para Damon y Phelps (1989), en el contexto educativo, el aprendizaje cooperativo se refiere a un amplio y heterogéneo conjunto de métodos estructurados de instrucción; en ellos los alumnos en grupo trabajan en tareas generalmente académicas. Bajo el concepto de aprendizaje cooperativo se encierra un conjunto muy diferente de técnicas y métodos que, a veces, tienen poco en común y suelen diferenciarse en cuanto al grado de interdependencia de las recompensas, grado de interdependencia de la tarea, grado de responsabilidad individual, grado de estructura impuesta por el profesor o por la propia tarea y grado de utilización de la competición que puede llegar hasta la no competición (Fabra, 1992).

Según un orden cronológico, respecto de los diferentes acercamientos conceptuales a la definición de aprendizaje cooperativo, se pueden entregar dos visiones del concepto totalmente diferentes. Una desde el punto de vista desde la psicología social y la segunda desde posiciones conductistas.

1. Desde la posición de la psicología social, Deutsch (1949), define una situación social cooperativa como aquella en la que las metas de los individuos separados van tan unidas que existe una correlación positiva entre las consecuciones o logros de sus objetivos. Un individuo alcanza su objetivo, siempre y cuando los otros miembros alcanzan el suyo. Una situación social competitiva es aquella en la cual las metas de los componentes por separado están relacionadas entre sí, de tal forma que existe una correlación negativa entre la consecución de sus objetivos. Un individuo alcanzará su objetivo, en la medida en que los otros no alcanzan el suyo. Una situación individualista es aquella en la que no existe correlación alguna entre la consecución de los objetivos de los participantes. La consecución de un objetivo por un miembro no influye en la consecución del suyo por parte de los demás participantes. En consecuencia cada participante buscará conseguir su objetivo, sin tener en cuenta para nada las actuaciones de los demás.
2. Desde la posición conductista, Kelley y Thibaut (1969), definen una estructura cooperativa como aquella en la que las recompensas o refuerzos del individuo son directamente proporcionales a la calidad del trabajo en grupo. Dentro de esta perspectiva

se puede situar la definición de Slavin (1985), según la cual los métodos de aprendizaje cooperativo son métodos para dar incentivo a la cooperación y dar a los estudiantes reconocimientos, recompensas y calificaciones basadas en los éxitos académicos de sus grupos. En una organización competitiva es un solo miembro del grupo quien recibe la recompensa máxima, mientras que los demás reciben recompensas menores. En la organización individual los participantes son recompensados en función de sus resultados con total independencia del resultado de los demás.

Existen otras definiciones que apuntan a las características o propiedades que deben cumplir las técnicas de aprendizaje cooperativo para ser eficaces. Para Gage y Berliner (1988) las situaciones de aprendizaje cooperativo se caracterizan porque el éxito y el fracaso se reparten entre los participantes, aportando cada alumno al grupo el beneficio de sus características más adecuadas.

Para Johnson y Johnson (1987), los grupos de aprendizaje cooperativo se basan en una interdependencia positiva entre los componentes del grupo. Las metas son estructuradas para que los alumnos se interesen no sólo por su esfuerzo y rendimiento sino también por el rendimiento de los demás. Hay una clara responsabilidad individual donde se evalúa el dominio que cada estudiante tiene del material asignado. Se da información al grupo y a los miembros del mismo sobre el progreso de cada uno, de esta forma, el grupo sabe quién necesita ayuda. El liderazgo es compartido por todos los componentes y todos los miembros del equipo comparten la responsabilidad por el aprendizaje. En concreto, el objetivo es conseguir que cada uno de los componentes aprenda lo posible.

Según Coll y Colomina, (1990) el aprendizaje cooperativo es una etiqueta utilizada para designar una amplia gama de enfoques. Estos tienen en común la división del grupo de clase en subgrupos o equipos de hasta seis personas que desarrollan una actividad o realizan una tarea previamente programada y estructurada. El aprendizaje cooperativo se caracteriza, en principio, por un elevado grado de igualdad. Los miembros de los equipos suelen ser heterogéneos en cuanto a aptitudes para realizar determinadas actividades.

Los tres requisitos básicos para que se pueda hablar de aprendizaje cooperativo, según Echeita (1995), Johnson y Johnson (1989) y Slavin (1990) son:

1. Existencia de una tarea grupal, es decir, de un objetivo que los distintos alumnos



que trabajan conjuntamente deben alcanzar como grupo. Por tanto, la situación debe implicar no sólo hacer cosas juntos sino afrontar y resolver una tarea o problema común y como consecuencia aprender juntos.

2. Resolución de esa tarea o problema, basada en la contribución de todos y cada uno de los componentes del grupo.
3. Recursos del grupo deben ser los suficientes para mantener y hacer progresar su propia actividad, tanto desde el punto de vista de la regulación de las relaciones interpersonales, como en lo relativo al desarrollo y ejecución de la tarea.

Las definiciones de aprendizaje cooperativo se centran en criterios o características de la interacción grupal que garantizan la productividad y eficacia del grupo, quedando muchas veces fuera de tal definición, interacciones sociales que podrían considerarse ejemplos de aprendizaje cooperativo y creando otras veces polémicas no superadas en cuanto a la manera de conseguir una interdependencia y coordinación entre los miembros del grupo. Para Slavin (1990), se consigue tal interdependencia a través de la estructura de los incentivos y el aprendizaje es completamente diferente de la productividad del grupo. Si un grupo realiza una determinada actividad, pero sólo han contribuido unos cuantos alumnos, es improbable que el grupo haya aprendido más que si cada alumno hubiera realizado tal actividad de forma autónoma. Sin embargo, para Johnson y Johnson (1992), existen datos experimentales que demuestran que es suficiente que exista interdependencia de meta para que el aprendizaje cooperativo sea eficaz, sin necesidad de que se dé interdependencia de recompensas.

Como cualquier otro tipo de aprendizaje que tiene lugar en el aula, el aprendizaje cooperativo es, ante todo, un cambio relativamente permanente en el conocimiento o en la conducta de un individuo, como consecuencia de su experiencia, que tiene lugar en un contexto educativo en el que priman, no sólo las relaciones alumno-profesor, sino también y con más fuerza, las relaciones alumno-alumno. En consecuencia, el aprendizaje cooperativo es un cambio de comportamiento o conocimiento de un sujeto como consecuencia de la interacción con otros, en una tarea educativa que requiere esfuerzos de todos.

Las primeras investigaciones sobre el aprendizaje cooperativo se inician en los años veinte. Según Melero y Fernández (1995) aparecen, en esos años, investigaciones de laboratorio sobre el tema de la cooperación. Deutsch, en 1949, presentó una influyente teoría sobre la cooperación y la competición, teoría heredada de Kurt Lewin, que servirá de base a

los primeros estudios sobre aprendizaje cooperativo en la década de los setenta. Deutsch era alumno de Kurt Lewin y aplicó la teoría de la motivación de Lewin a las situaciones interpersonales. A partir de esta teoría se puede afirmar que es el impulso hacia la meta lo que motiva a la gente a comportarse cooperativamente, competitiva o individualmente.

Las investigaciones de los setenta tratan de aplicar las técnicas de aprendizaje cooperativo a diferentes contenidos: lenguaje, lectura, matemática, ciencias naturales, estudios sociales, psicología, actividades artísticas, educación física. Las tareas implican adquisición de conceptos, solución de problemas especiales, retención y memoria, ejecución motora y tareas de suposición, juicios y predicciones. Investigadores de numerosas disciplinas, incluyendo la psicología de la educación, la psicología del desarrollo, la psicología social, la psicología cognitiva, la matemática y diferentes campos de la ciencia, se concentran en el estudio de la interacción entre alumnos como una variable crítica del aprendizaje y del desarrollo cognitivo (Webb 1989).

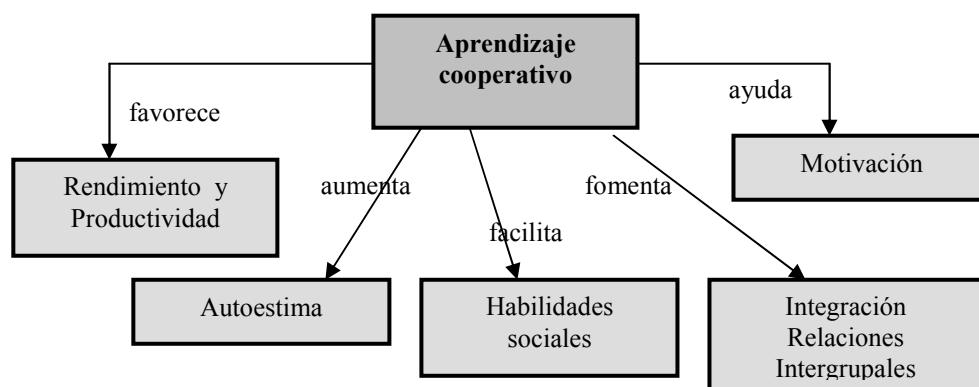
En la década de los ochenta, los estudios se basaron en comparar tres tipos de interacción y de organización: cooperativa, competitiva e individual (Johnson, Skon y Johnson 1980; Skon, Johnson y Johnson 1981) y analizar los resultados y consecuencias sobre diferentes variables académicas (aprendizaje, rendimiento, productividad), afectivas (motivación, autoestima) y sociales (habilidades sociales, integración, aceptación); destacar el metaanálisis efectuado por Johnson, Maruyama, Johnson, Nelson y Skon (1981), donde revisaron todos los estudios, desde 1924 hasta 1981, que comparaban la eficacia sobre el rendimiento y la productividad de los métodos cooperativos, competitivos e individualistas.

En los primeros años de la década de los noventa, el objeto de las investigaciones se dirige principalmente a resolver las cuestiones relativas a la eficacia del aprendizaje cooperativo y los mecanismos mediadores implicados. La meta de las investigaciones gira en torno a dos ejes. El primero de ellos se centra en la naturaleza y calidad del proceso interactivo, el segundo se refiere a factores previos que condicionan la eficacia del aprendizaje cooperativo. Con relación a los factores previos que condicionan la eficacia de este aprendizaje, a lo largo de la década de los noventa se han abordado una serie de estudios que ponen de manifiesto cómo determinadas características individuales pueden estar influyendo en los resultados positivos del aprendizaje cooperativo. Algunas de esas diferencias individuales estudiadas han sido: la habilidad verbal y el estilo cognitivo (Rewey, Dansereau, Dees, Skaggs y Pitre, 1992). Se ha comprobado asimismo que la efectividad del

aprendizaje cooperativo puede ser más fuerte para determinadas personas: altas en habilidades cognitivas de inducción y extroversión (Hall, Rocklin, Dansereau, Skaggs, O'Donnell, Lambippte y Young, 1988) y en orientación social (O'Donnell y Dansereau, 1992).

En los años finales de la década de los noventa y en el momento actual el objeto de las investigaciones se centra, nuevamente, en los resultados y consecuencias del aprendizaje cooperativo sobre variables académicas, afectivas y sociales. El mayor número de investigaciones se ha centrado en el estudio de la relación entre aprendizaje cooperativo y motivación. Le siguen aquellas que analizan cómo la utilización de las técnicas de aprendizaje cooperativo constituye un método adecuado para la adquisición de habilidades y de competencias sociales. El resto de las investigaciones analizan la influencia del aprendizaje cooperativo sobre el aprendizaje de matemática, lenguaje, lectura, química y sobre el uso de ordenadores. Nos parecen interesantes los intentos de relacionar el aprendizaje cooperativo y los ordenadores, incluso de utilizarlos conjuntamente para el aprendizaje de la escritura (Hertz-Lazarowitz y Bar-Natan, 2002; Latchmen, 2001).

Muchas son las consecuencias positivas que generan las técnicas de aprendizaje cooperativo, las que pueden analizarse a continuación y que se presentan en el siguiente esquema conceptual.



**Figura 2.2:** Esquema conceptual sobre consecuencias del aprendizaje cooperativo.

En lo referente a rendimiento y productividad, un metaanálisis realizado por Johnson y Johnson (1990) sobre 374 estudios publicados a partir de 1897 concluye lo siguiente:

- a) La cooperación es superior a la competición interpersonal y a los esfuerzos individuales en cuanto a productividad y rendimiento de los participantes.

- b) La cooperación, frente a la competición o la individualidad, lleva con mayor frecuencia a los participantes a utilizar razonamientos de más alto nivel para solucionar una determinada tarea.

El análisis de los estudios muestra una clara superioridad de las estructuras cooperativas en cuanto a productividad y rendimiento sobre las estructuras competitivas o individuales. El aprendizaje cooperativo, sin embargo, no sólo tiene consecuencias positivas sobre el rendimiento, sino también sobre variables afectivas interpersonales y sociales que se analizan a continuación.

Aunque el tema de la integración es algo muy complejo, puesto que se trata de un fenómeno multidimensional, existen muchas probabilidades de que se consiga una integración real de las minorías y de los alumnos discapacitados si existe un clima cooperativo en el aula frente a un clima competitivo, gracias al mayor número de interacciones positivas entre los alumnos con necesidades especiales y los que no las tienen. En efecto, esta fue la conclusión a la que llegaron Johnson, Johnson y Maruyama (1983) en un metaanálisis sobre la bibliografía existente. Entre otras conclusiones destacan:

- a) El aprendizaje cooperativo lleva a una mayor ayuda al discapacitado que el competitivo, así como a una mayor cohesión en la clase. Existen menos interacciones negativas entre los estudiantes con necesidades educativas especiales y los que no las tienen.
- b) En las situaciones cooperativas, los estudiantes con o sin necesidades especiales, se sienten más queridos, apoyados y aceptados por los otros. Johnson y Johnson (1984) encontraron que la atracción entre niños sin discapacidad y discapacitados aumentaba significativamente cuando trabajaban cooperativamente, más que cuando lo hacían competitiva o individualmente. Esta diferencia permanecía después del período instruccional, por ejemplo, en sus interacciones durante el recreo.
- c) Las situaciones de aprendizaje cooperativo conducen a mayores niveles de autoestima y de autovaloración que las situaciones competitivas o individualistas.
- d) Las situaciones de aprendizaje cooperativo llevan a un mayor rendimiento y productividad en los niños menos capaces, discapacitados, marginados etc., que las situaciones competitivas e individuales.

Slavin (1990) revisó diez estudios que utilizaron el aprendizaje cooperativo como método de integración. En estos estudios, las situaciones de aprendizaje cooperativo duraron por lo menos dos semanas y utilizaron alumnos discapacitados en clases normales. Para

estudiar los efectos del aprendizaje cooperativo sobre las relaciones entre los alumnos discapacitados y no discapacitados, se utilizaron dos tipos principales de medición: por un lado, mediciones sociométricas y, por otro, mediciones de observación.

La autoestima es un juicio sobre el valor o la competencia que uno se atribuye a sí mismo; es una parte del autoconcepto que se corresponde con los juicios evaluativos de autovaloración (Fierro, 1990). Una autoestima baja se ha relacionado con problemas emocionales que llevan a un mayor número de trastornos relacionados con la ansiedad. Se ha relacionado también con un bajo rendimiento académico. La baja autoestima lleva a unas expectativas negativas sobre la eficacia personal y conduce a una mayor sensibilización al rechazo en las interacciones sociales.

No cabe la menor duda de que es, en la interacción social, donde cada persona desarrolla y forma su autoconcepto y su autoestima. De aquí la enorme importancia que tiene para su formación la manera de estructurar las relaciones sociales en clase. Para Slavin (1990) el resultado psicológico más importante de los métodos de aprendizaje cooperativo puede ser su efecto sobre la autoestima.

Las habilidades de interacción social se aprenden igual que otras conductas. Es probable que dependan de la maduración y de las experiencias de aprendizaje de la persona. Para Moreno y Cubero (1990), la niñez es el período crítico de aprendizaje de las habilidades sociales. Sin olvidar la importancia que tiene para el desarrollo de la competencia social la institución escolar. La escuela se ve como una importante institución proveedora de comportamientos y actitudes sociales. La escuela constituye uno de los entornos más relevantes para el desarrollo social de los niños y, por tanto, para potenciar y enseñar habilidades de relación interpersonal, siendo las situaciones de aprendizaje cooperativo un recurso primordial para tal fin. El aprendizaje cooperativo es superior al aprendizaje individualista y competitivo, no sólo en rendimiento y productividad, sino también en competencia social. El aprendizaje cooperativo funciona como una técnica de entrenamiento de las habilidades sociales. Aunque son muchos los factores responsables de la eficacia del aprendizaje cooperativo, gran parte de ellos son claramente grupales e interpersonales. El contexto grupal constituye el ambiente más idóneo para que las técnicas de entrenamiento en habilidades sociales sean eficaces. En situaciones de aprendizaje cooperativo los alumnos aprenden a escuchar, solicitar ayuda, preguntar, explicar, obtener información, resolver conflictos. Para Ovejero (1993), el ambiente cooperativo y el trabajo en grupos cooperativos contribuyen poderosamente al desarrollo y mejora de las habilidades sociales de quienes

participan en tales grupos y, particularmente, en el caso de participantes con necesidades especiales, dado que son quienes más necesitan del apoyo grupal.

Es evidente la relación que existe entre motivación y aprendizaje. Sin embargo, no están muy claros los elementos que median en la motivación; hoy se sabe que la motivación por aprender de cada alumno es la resultante de dos variables: por un lado, las metas que los alumnos persiguen al enfrentarse a una determinada tarea y, por el otro, las atribuciones que estos alumnos hacen con respecto a las causas del éxito y el fracaso pasados. Según Alonso (1995), las metas que pueden interesar a los alumnos a la hora de afrontar la actividad escolar son de muy distintos tipos y se generan a partir de determinadas variables que definen el contexto como: los contenidos, el modo en que son presentados, las tareas que se van a realizar, el modo en que se plantean, la forma de organizar la actividad, el tipo y forma de interacción con los compañeros, los recursos, los mensajes que da el profesor, los resultados que obtiene el alumno, la evaluación. No sólo son las metas de aprendizaje el único factor que condiciona la motivación, también tienen mucha importancia en los procesos motivacionales, las atribuciones (Weiner, 1986). Las atribuciones son las explicaciones que damos acerca de nuestras conductas y las de los demás. Según Echeita (1995), en las situaciones de aprendizaje cooperativo se dan mayores oportunidades para reforzar los progresos de los alumnos, ya que la comparación es con uno mismo y no con los demás y es más fácil reconocer como base de tales progresos las atribuciones basadas en el esfuerzo. Si se fracasa, también es más fácil apuntar hacia la falta de un esfuerzo colectivo como causa del fracaso.

En consecuencia, hay muchas investigaciones que han estudiado el impacto relativo de las situaciones de aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista sobre el rendimiento. Sin embargo, y en palabras de Johnson y Johnson (1983), los procesos que mediatizan o moderan la relación entre la cooperación y la productividad han sido relativamente ignorados. Existen diferentes y variados modelos teóricos que tratan de explicar las condiciones bajo las cuales el aprendizaje cooperativo es eficaz. Consideramos al igual que Melero y Fernández (1995), que en estos momentos resulta difícil un análisis claro de las muchas investigaciones existentes sobre la eficacia del aprendizaje cooperativo debido a la insuficiencia de un marco teórico, la gran variedad de métodos y la gran cantidad de variables y de interrelaciones entre ellas que tienen lugar en el trabajo en grupo.

Para O'Donnell y Dansereau (1992), son varias las razones que dificultan la

identificación de estos mecanismos mediadores:

- a) Abundan las investigaciones sobre la eficacia del aprendizaje cooperativo, pero se extraña un marco teórico dentro de cual interpretar los resultados, a veces contradictorios, de los diferentes métodos de aprendizaje cooperativo.
- b) Existen técnicas de aprendizaje cooperativo que difieren entre sí en múltiples aspectos: el tamaño del grupo, si existe o no competición, si las recompensas son individuales o grupales, etc.
- c) Gran parte de las investigaciones han sido desarrolladas en clases regulares con pocos controles experimentales, lo que hace difícil validarlas.
- d) La mayoría de las investigaciones en este campo evalúan los efectos del aprendizaje cooperativo y no se centran en los procesos que tienen lugar entre los participantes.

Es difícil establecer y analizar, desde el punto de vista empírico, los mecanismos o elementos que determinan la eficacia del aprendizaje cooperativo. La mayoría de los autores que se dedican a su estudio han descrito los factores que, a su juicio, determinan el éxito del mismo.

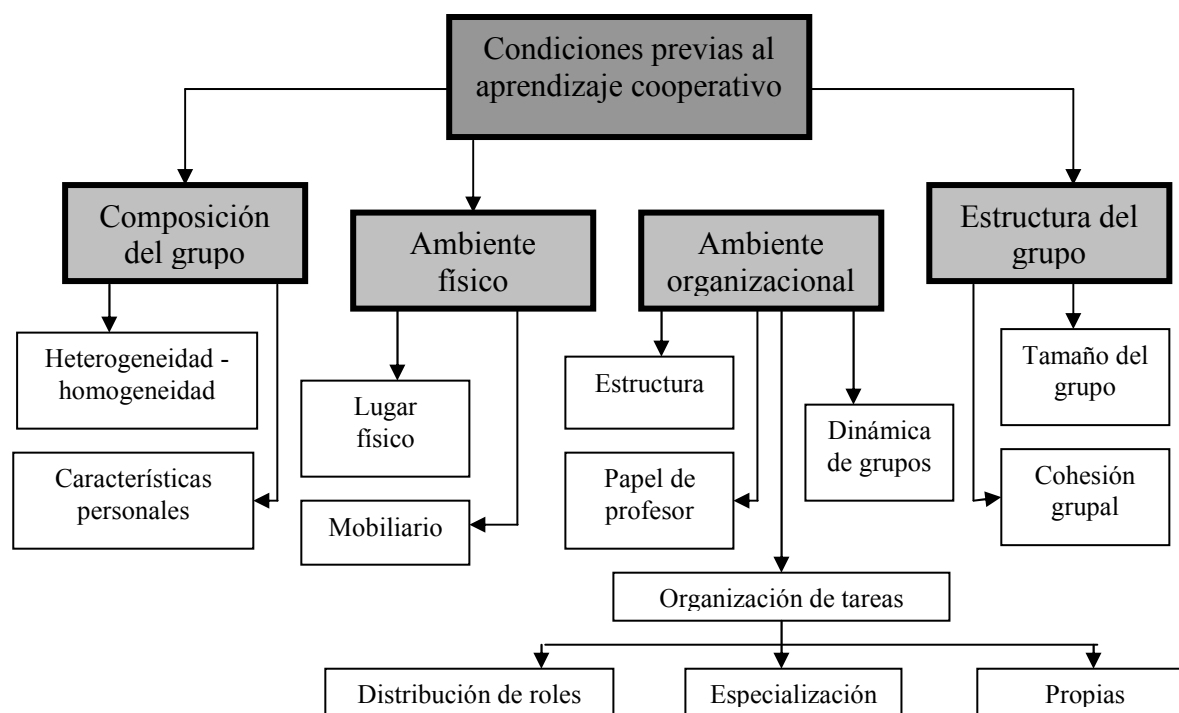
Slavin (1990) llega a afirmar que hay tres factores que son imprescindibles para que los métodos de aprendizaje cooperativo sean más efectivos que los métodos tradicionales:

- 1) Recompensas idénticas para todos los miembros del grupo y éstas se apliquen en función del rendimiento individual de los participantes en el grupo y no de la productividad grupal.
- 2) Responsabilidad personal, tanto del propio aprendizaje como del de los demás.
- 3) A todos se les ofrezca las mismas posibilidades de hacer sus aportaciones al éxito del grupo.

Johnson y Johnson, (1992) enfatizan la importancia de otros factores mediadores como: uso de habilidades interpersonales, procesamiento grupal, revisión sobre el grado en que están consiguiendo las metas, etc. Tal vez el marco teórico más completo para analizar esos elementos mediadores lo aporta Dansereau (1985), quien elaboró un enfoque derivado de

la idea de que el rendimiento de un individuo que participa en una situación de aprendizaje cooperativo depende de la interacción de múltiples actividades: cognitivo-motoras, afectivas, metacognitivas y sociales.

Hay elementos previos que deben tenerse en cuenta antes de realizar la integración grupal para que exista eficacia del aprendizaje, los que se muestran en el esquema 2.3 sobre aprendizaje cooperativo:



**Figura 2.3:** Esquema conceptual sobre condiciones para aprendizaje cooperativo.

La responsabilidad de considerar estos elementos previos al trabajo grupal es del profesor, de manera de asegurar el éxito para el aprendizaje.

La Técnica Puzzle de Aronson (TPA) es una de las propuestas metodológicas ( De Miguel, 2009) existentes para llevar a cabo experiencias de aprendizaje cooperativo. La principal ventaja de esta técnica es que genera una interacción muy intensa entre el alumnado porque obliga a los estudiantes a escucharse entre sí y a ver a los compañeros como fuente de aprendizaje. Su aplicación puede suponer en un principio una dificultad añadida, debido a la falta de habilidades sociales y la reticencia inicial a la interdependencia. Sin embargo a medio y a largo plazo ayuda a crear actitudes muy positivas entre el alumnado. Se ha aplicado la TPA a las prácticas de Microbiología de 2º curso de Farmacia (Universidad de Santiago de



Compostela), comprobándose un incremento en el grado de implicación y trabajo en equipo de los estudiantes, con una consiguiente mejora del grado de satisfacción y el rendimiento académico.

El trabajo que se presenta es un estudio bibliométrico (Pérez, López y Poveda, 2009) de la producción documental realizada entre los años 1997 y 2008 acerca de la importancia de la formación del profesor en la implantación de técnicas de aprendizaje cooperativo en el aula. La muestra empleada está formada por toda la documentación recogida en las bases de datos PsycINFO, ERIC y Psycodoc, utilizando como descriptores los términos “aprendizaje cooperativo” y “formación del profesorado” (en inglés y español). La revisión efectuada proporcionó una muestra de 98 documentos. Los resultados obtenidos nos permiten indicar que a) la producción documental a que nos referimos es relativamente escasa, y b) que la producción en los últimos cinco años va descendiendo paulatinamente, parece que en la comunidad científica este tema va perdiendo interés y ello a pesar de que la problemática relacionada con los aspectos académicos y de interacción social está aumentando considerablemente.

### **Comentarios:**

*Aunque el aprendizaje cooperativo entendido por Johnson y Johnson tiene ya algunos años, ha obtenido en la actualidad plena vigencia por sus aportes que conllevan al logro de aprendizaje. Además, están ligados con el aprendizaje social de Vigostky. El aprendizaje cooperativo se moderniza debido a la incorporación de las TIC al proceso educativo y a las competencias que necesita el mercado de sus profesionales. Es claro que la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS, se fundamenta en el aprendizaje significativo y cooperativo. Entre las actividades que justifican el uso del aprendizaje cooperativo, se encuentran los talleres de resolución de problemas, los foros de discusión y la confección de mapas conceptuales.*

### **2.3. El aprendizaje significativo en el contexto del proceso enseñanza - aprendizaje**

La Teoría del Aprendizaje Significativo es una teoría psicológica del aprendizaje en el aula. Ausubel ha elaborado un marco teórico que pretende entregar los mecanismos que llevan a la adquisición y retención de cuerpos de significados que se manejan en las aulas, es

decir, poner énfasis en lo que el alumno aprende. Sean estos, en la naturaleza de ese aprendizaje, en las condiciones en que se produce y en los resultados y evaluaciones que se obtienen. La Teoría del Aprendizaje Significativo aborda todos los elementos, factores, condiciones y tipos que garantizan la adquisición, asimilación, y retención del contenido que la escuela ofrece al alumno, de modo que pueda dar significado para el mismo.

Ausubel entiende que una teoría de aprendizaje escolar debe ser realista y científicamente viable por ellos, debe ocuparse del carácter complejo y significativo que tiene el aprendizaje verbal y simbólico. Por eso, debe estar atento a todos y cada uno de los elementos y factores que le pueden afectar, que pueden ser manipulados para tal fin.

La investigación en este campo es compleja. Por lo mismo, es importante la materia objeto de enseñanza, así como la organización de su contenido, ya que es una variable del proceso de aprendizaje.

El aprendizaje significativo es el proceso según el cual se relaciona un nuevo conocimiento o información con la estructura cognitiva del que aprende de forma no arbitraria y sustantiva o no literal. Esa interacción con la estructura cognitiva no se produce considerándola como un todo, sino con aspectos relevantes presentes en la misma, que reciben el nombre de subsumidores o ideas de anclaje (Ausubel, 1976, 2002; Moreira, 1997). La presencia de ideas, conceptos o proposiciones inclusivas, claras y disponibles en la mente del aprendiz es lo que dota de significado a ese nuevo contenido en interacción con el mismo (Moreira, 2000 a). Pero no es una simple unión, sino que en este proceso los nuevos contenidos adquieren significado para el sujeto produciéndose una transformación de los subsumidores de su estructura cognitiva, que resultan así progresivamente más diferenciados, elaborados y estables.

Pero el aprendizaje significativo no es sólo este proceso, sino que también es su producto. La atribución de significados que se hace con la nueva información es el resultado emergente de la interacción entre los subsumidores claros, estables y relevantes presentes en la estructura cognitiva y esa nueva información o contenido; como consecuencia del mismo, esos subsumidores se ven enriquecidos y modificados, dando lugar a nuevos subsumidores o ideas-ancla más potentes y explicativas que servirán de base para futuros aprendizajes.

Para que se produzca aprendizaje significativo han de darse dos condiciones fundamentales:

1. Actitud potencialmente significativa de aprendizaje por parte del aprendiz, o sea, predisposición para aprender de manera significativa.

2. Presentación de un material potencialmente significativo. Es decir, que el material tenga significado lógico, que sea potencialmente relacionable con la estructura cognitiva del que aprende de manera no arbitraria y sustantiva, que existan ideas de anclaje o subsumidores adecuados en el sujeto que permitan la interacción con el material nuevo que se presenta.

Atendiendo al objeto aprendido, el aprendizaje significativo puede ser *representacional, de conceptos y proposicional*. Si se utiliza como criterio la organización jerárquica de la estructura cognitiva, el aprendizaje significativo puede ser *subordinado, superordenado o combinatorio*.

Para Ausubel lo que se aprende son palabras u otros símbolos, conceptos y proposiciones. Dado que el aprendizaje representacional conduce de modo natural al aprendizaje de conceptos y que éste está en la base del aprendizaje proposicional, los conceptos constituyen un eje central y definitorio en el aprendizaje significativo.

A través de la asimilación se produce, básicamente, el aprendizaje en la edad escolar y adulta. Se generan así combinaciones diversas entre los atributos característicos de los conceptos que constituyen las ideas de anclaje, para dar otros significados a nuevos conceptos y proposiciones, lo que enriquece la estructura cognitiva. Para que este proceso sea posible, hemos de admitir que contamos con un importantísimo vehículo que es el lenguaje: el aprendizaje significativo se logra por intermedio de la verbalización y del lenguaje y requiere, por tanto, comunicación entre distintos individuos y con uno mismo.

En la programación del contenido de una disciplina encaminada a la consecución de aprendizajes significativos en el alumnado, han de tenerse en cuenta cuatro principios (Ausubel, 1976): *diferenciación progresiva, reconciliación integradora, organización secuencial y consolidación*.

Con el ánimo de profundizar en su significado, han sido varios los investigadores que han ayudado al enriquecimiento del constructo, aportando matices y modos de utilizarlo. Algunas aportaciones que han resultado significativas como reflexiones necesarias que mejoran el entendimiento del alumno y amplían sus horizontes, lo que le garantiza un aprendizaje más duradero y recuperable.

\* El aprendizaje significativo es también el constructo central de la Teoría de Educación de Novak (1988, 1998). Ya Ausubel (1976, 2002) delimita el importante papel que tiene la predisposición por parte del aprendiz en el proceso de construcción de significados, pero es

Novak quien le da carácter humanista al término, al considerar la influencia de la experiencia emocional en el proceso de aprendizaje. *“Cualquier evento educativo es, de acuerdo con Novak, una acción para intercambiar significados (pensar) y sentimientos entre el aprendiz y el profesor”* (Moreira, 2000 a, pág. 39/40). La negociación y el intercambio de significados entre ambos protagonistas del evento educativo se constituye así en un eje primordial para la consecución de aprendizajes significativos. Otro aporte importante de Novak son los mapas conceptuales, como facilitadores para el aprendizaje significativo.

\* Para Ausubel (2002), aprender significativamente ya no forma parte del ámbito de decisión del individuo, una vez que se cuenta con los subsumidores relevantes y con un material que reúne los requisitos pertinentes de significatividad lógica. El papel del sujeto ya es destacado, tanto por Ausubel como por Novak. La idea de aprendizaje significativo como proceso en el que se comparten significados y se delimitan responsabilidades está, no obstante, desarrollada en profundidad en la Teoría de Educación de Gowin (1981). “Ausubel (1978, p.86) define conceptos como *“objetos, eventos, situaciones o propiedades que poseen atributos criteriosales comunes y se designan, en una cultura dada, por algún signo aceptado”* (Moreira, 2000 a, pág. 21). Como elementos de un evento educativo, el profesor, el aprendiz y los materiales educativos del currículum constituyen un eje básico en el que, partiendo de éstos últimos, las personas que lo definen intentan deliberadamente llegar a acuerdos sobre los significados atribuidos. *“La enseñanza se consume cuando el significado del material que el alumno capta es el significado que el profesor pretende que ese material tenga para el alumno.”* (Gowin, 1981, pág. 81). Gowin aporta con un instrumento de metaaprendizaje, la V (uve) heurística o epistemológica.

\* El aprendizaje significativo puede considerarse una idea suprateórica que resulta compatible con distintas teorías constructivistas, tanto psicológicas como de aprendizaje, subyaciendo incluso a las mismas (Moreira, 1997). Es posible, por ejemplo, relacionar la asimilación, la acomodación y la equilibración piagetianas con el aprendizaje significativo; se pueden también correlacionar los constructos personales de Kelly con los subsumidores; cabe interpretar la internalización vygotskyana con la transformación del significado lógico de los materiales en significado psicológico. También, es destacable el papel de la mediación social en la construcción del conocimiento. Podemos también concluir que el aprendizaje será tanto más significativo cuanto mayor sea la capacidad de los sujetos de generar modelos mentales cada vez más explicativos y predictivos.

\* El aprendizaje significativo depende de las motivaciones, intereses y predisposición del aprendiz. El estudiante no puede engañarse a sí mismo, dando por sentado que ha atribuido los significados contextualmente aceptados, cuando sólo se ha quedado con algunas generalizaciones vagas sin significado psicológico (Novak, 1998) y sin posibilidades de aplicación. Es crucial también que el que aprende sea crítico con su proceso cognitivo, de manera que manifieste su disposición a analizar desde distintas perspectivas los materiales que se le presentan, a enfrentarse a ellos desde diferentes puntos de vista, a trabajar activamente por atribuir los significados y no simplemente a manejar el lenguaje con apariencia de conocimiento (Ausubel, 2002). Nuevamente es Moreira (2000 b) quien trata de modo explícito el carácter *crítico* del aprendizaje significativo. Para ello integra los presupuestos ausubelianos con la enseñanza subversiva que plantean Postman y Weingartner (1969, citados por Moreira, 2000 b). Al identificar semejanzas y diferencias y al reorganizar su conocimiento, el aprendiz tiene un papel activo en sus procesos de aprendizaje. Como Gowin plantea, ésta es su responsabilidad, y como señala Ausubel, depende de la predisposición o actitud significativa de aprendizaje. Esta actitud debe afectar también a la propia concepción sobre el conocimiento y su utilidad. Debemos cuestionarnos qué es lo que queremos aprender, por qué y para qué aprenderlo, lo que guarda relación con nuestros intereses, nuestras inquietudes y, sobre todo, las preguntas que nos planteemos.

Como síntesis a lo anteriormente dicho, Rodríguez Palmero (2004) indica que el aprendizaje significativo es el proceso que se genera en la mente humana cuando subsume nuevas informaciones de manera no arbitraria y sustantiva y que requiere como condiciones: predisposición para aprender y material potencialmente significativo que, a su vez, implica significatividad lógica de dicho material y la presencia de ideas de anclaje en la estructura cognitiva del que aprende. Es subyacente a la integración constructiva de pensar, hacer y sentir, lo que constituye el eje fundamental del engrandecimiento humano. Es una interacción triádica entre profesor, aprendiz y materiales educativos del currículum en la que se delimitan las responsabilidades correspondientes a cada uno de los protagonistas del evento educativo. Es una idea subyacente a diferentes teorías y planteamientos psicológicos y pedagógicos que ha resultado ser más integradora y eficaz en su aplicación a contextos naturales de aula, favoreciendo pautas concretas que lo facilitan. Es, también, la forma de encarar la velocidad vertiginosa con la que se desarrolla la sociedad de la información, posibilitando elementos y referentes claros que permitan el cuestionamiento y la toma de decisiones necesarios para hacerle frente a la misma de una manera crítica. Pero son muchos los aspectos y matices que

merecen una reflexión que pueda ayudarnos a aprender significativa y críticamente de nuestros errores en su uso o aplicación. Es necesario tomar algunas precauciones sobre el aprendizaje significativo, y como dice Moreira, se ha trivializado su utilización. Por lo tanto, se deben tener en consideración:

- Los aprendizajes significativos no se pueden desarrollar si no se cuenta con una actitud significativa de aprendizaje.
- El aprendizaje significativo no se genera si no están presentes las ideas de anclaje pertinentes en la estructura cognitiva del aprendiz.
- El aprendizaje significativo no es lo mismo que aprendizaje material lógicamente significativo, ya que suele confundirse el proceso con el material con el que se realiza.
- El aprendizaje significativo no se produce de manera súbita, sino que se trata de un proceso demorado que requiere tiempo.
- El aprendizaje significativo no tiene porque ser necesariamente aprendizaje correcto. Siempre que haya una conexión no arbitraria y sustantiva entre la nueva información y los subsumidores relevantes se produce un aprendizaje significativo, pero éste puede ser erróneo desde el punto de vista de una comunidad de usuarios.
- El aprendizaje significativo no es lenguaje, no es simplemente un modo específico de comunicación aprendiz/profesor.
- El aprendizaje significativo no se puede desarrollar en el alumnado con una organización del contenido escolar lineal y simplista, significado lógico es una cosa y significado psicológico es otra.
- El aprendizaje significativo no es el uso de mapas conceptuales y/o diagramas V. No se puede confundir el proceso en sí con herramientas que pueden facilitar o potenciarlo.
- El aprendizaje significativo no existe sin la interacción personal.

Una consecuencia natural de la Teoría del Aprendizaje Significativo es su consideración del carácter progresivo que tiene este aprendizaje a través del tiempo. Se caracteriza por su aspecto evolutivo a lo largo del desarrollo del individuo. La Teoría del Aprendizaje Significativo tiene importantes consecuencias pedagógicas. Lo que pretende es la manipulación de la estructura cognitiva, ya sea para conocerla o bien para introducir en ella elementos que le permitan dotar de significatividad al contenido que se le presente posteriormente al alumno. Se requiere de un proceso de organización sustancial, que tienda a identificar los conceptos esenciales que articulan una disciplina, y de un proceso

programático, cuyo propósito es trabajarlos de modo adecuado para que resulten significativamente aprendidos. Los principios programáticos de diferenciación progresiva, reconciliación integradora, organización secuencial y consolidación se constituyen en una ayuda para planificar una enseñanza acorde con esta teoría.

Para Pozo (1989), la Teoría del Aprendizaje Significativo es una teoría cognitiva de reconstrucción que se construye desde un enfoque organicista del individuo y que se centra en el aprendizaje generado en un contexto escolar. La identifica como una teoría constructivista, ya que es el propio individuo-organismo el que genera y construye su aprendizaje.

Galagovsky (2004) cuestiona algunas significaciones atribuidas a esta teoría y lleva a cabo una revisión crítica de las mismas. Algunas de estas confusiones se corresponden con la atribución errónea del adjetivo “significativo” con motivación. Este no es el sentido que le ha atribuido Ausubel a este adjetivo; el aprendizaje significativo requiere una actitud significativa de aprendizaje, pero es mucho más que motivación. También cuestiona la correlación aprendizaje significativo y aprendizaje correcto o la equiparación aprendizaje significativo/contenido significativo o lo que desde la perspectiva ausubeliana sería contenido o material potencialmente significativo o, incluso, material lógicamente significativo. Ausubel (1973, 1976, 2002) es explícito en este aspecto, por lo que esa interpretación no se corresponde con la teoría que él ha postulado. Galagovsky propone el Modelo de Aprendizaje Cognitivo Consciente Sustentable, estableciendo diferenciaciones entre subsumidor y concepto-sostén, y destaca el papel de la conciencia porque considera que no está valorizada en la Teoría del Aprendizaje Significativo. Los argumentos utilizados como crítica no parecen ser lo suficientemente consistentes como para descartar este referente y proponer otro nuevo que, en el fondo, no supone novedad o manifiesta ciertos olvidos con respecto a la teoría que nos ocupa.

No cabe duda, como dice Pozo (1989), estamos ante una teoría psicológica cognitiva del aprendizaje que adquiere sentido y carta de naturaleza en su aplicación a la enseñanza. Ello requiere un conocimiento suficiente de la misma que nos permita ciertas garantías de éxito en su aplicación, un éxito que en este caso será la producción de aprendizajes significativos por parte del alumnado. Probablemente, la ausencia de resultados positivos o su insuficiencia tengan relación con el desconocimiento de sus premisas fundamentales y/o con equívocos en su puesta en práctica. Son innegables sus consecuencias pedagógicas y, quizás, la más crucial, sea la necesidad de tener un profundo conocimiento de la teoría como tal y de

llevar a cabo un aprendizaje significativo de la misma que nos permita aplicarla en el aula correctamente.

Para los fines de la educación en ciencias, un aprendizaje significativo de conceptos (Moreira, Pozo y Gómez Crespo, 1998), es una condición necesaria para la formación científica de los estudiantes, su comprensión de fenómenos físicos y principios de aplicaciones tecnológicas, siendo importante conocer cómo éstos construyen conceptos científicos, cómo asimilan y comprenden sus significados, qué tipo de representaciones construyen, y qué procesos cognitivos ocurren, ya que esto permitiría conocer el desarrollo conceptual como una construcción y discriminación de significados y guiar el diseño de estrategias de enseñanza (Moreira, 2000). Sin embargo, estas ideas se aplican también al aprendizaje y enseñanza de muchos otros contenidos y no solamente los científicos.

La importancia del aprendizaje significativo en el proceso educativo se basa en el hecho de que éste es el mecanismo humano por excelencia para adquirir y almacenar la extensa información de cualquier campo de conocimiento. La eficacia del aprendizaje significativo como mecanismo para procesar y almacenar información se atribuye a sus dos características distintivas: *el carácter no arbitrario y no literal de la capacidad de relación de la tarea de aprendizaje con la estructura cognitiva* (Ausubel, 2002).

Para Ausubel, el profesor es fundamental para crear materiales potencialmente significativos, su tarea es la de organizador (e implementador) del material de aula. Sin embargo, nos parece que es necesaria ampliar esta visión ausubeliana para una mejor comprensión del aprendizaje significativo desde la teoría de Vergnaud. En ésta, se destaca el papel esencial del profesor como mediador, esto es, su tarea es la de ayudar a los alumnos a desarrollar su repertorio de esquemas y representaciones (Vergnaud, 1998), de este modo, se podrán enfrentar a situaciones cada vez más complejas. Pero el desarrollo de nuevos esquemas conlleva nuevos invariantes. En la función mediadora del profesor en la tarea educativa son importantes el lenguaje y los símbolos. Sin embargo, su acción facilitadora más importante es la de proponer y elegir situaciones diversas, presentadas adecuadamente dentro de la zona de desarrollo proximal del alumno. En la teoría de Vergnaud las situaciones no se refieren a situaciones didácticas, sino a tareas y situaciones problemáticas.

Una idea no dicotómica entre conocimiento procedimental y declarativo está en cierto modo implícita en la teoría del Aprendizaje Verbal Significativo de Ausubel, cuando se



propone como evidencia de aprendizaje significativo, la capacidad para resolver nuevas situaciones o problemas. Es decir, para Ausubel, la capacidad de abordar nuevos problemas es una constatación del final del proceso de adquisición de significados. Para Vergnaud, por otra parte, sin la resolución de problemas no se puede saber si ocurre el aprendizaje significativo; la capacidad de enfrentar nuevas situaciones acontece durante todo el proceso de aprendizaje de nuevos conceptos o apropiación de nuevas situaciones de parte del estudiante.

Otra implicación importante de la teoría de Vergnaud para la enseñanza está relacionada con el proceso de explicitación del conocimiento en el alumno. Con frecuencia en el ámbito escolar se superestima el conocimiento explícito y se subestima o incluso se desvaloriza el conocimiento implícito de los alumnos. Sin embargo, gran parte de nuestra actividad física y mental, está constituida de esquemas y éstos tienen como componentes esenciales los invariantes operatorios (conceptos y teoremas-en-acción) que constituyen los conocimientos y/o contenidos en los esquemas y que son largamente implícitos. Los alumnos, en general, no son capaces de expresar en lenguaje natural o explicar sus teoremas-en-acción, a pesar de resolver correctamente ciertas tareas. Según Vergnaud (1990), el conocimiento conceptual de los distintos campos de conocimientos es necesariamente explícito y en este proceso de explicitación del conocimiento tiene una tarea esencial el docente. Este aspecto de la explicitación del conocimiento, no nos parece que sea enfatizado directamente por Ausubel.

Sobre la *Transposición didáctica*, se puede argumentar que: la *didáctica* se ocupa de la comunicación estratégica de saberes y fundamenta las intervenciones docentes en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Un *sistema didáctico* se compone, a lo menos, de tres subsistemas:

- Sujetos que aprenden,
- Sujetos que enseñan,
- Contenidos que son enseñados y aprendidos.

Además, por su carácter de *sistema*, estos componentes interactúan permanentemente. Se denomina *relación didáctica* a la vinculación de estos tres subsistemas. En el interior del sistema didáctico se observan, entonces, relaciones de conocimiento que se establecen entre los sujetos que aprenden y los contenidos de enseñanza, los que están constituidos por los objetos de conocimiento socialmente seleccionados. Ahora bien, los contextos didácticos se caracterizan porque en ellos existe la intención de hacer evolucionar esas relaciones de conocimiento, con el propósito de generar los aprendizajes previstos. Ese carácter de

*intervención y sistemática* en los procesos de enseñanza – aprendizaje, es definitorio de lo didáctico.

En nuestro sistema educativo, es ya un hecho establecido que los docentes de áreas en las cuales hay que resolver problemas como matemática, física, química, etc., le asignan gran importancia a la solución correcta; sin embargo, es necesario modificar tal concepción y lograr que los docentes acepten la noción de que: el objetivo fundamental en la enseñanza de resolución de problemas es ayudar a los estudiantes a desarrollar habilidades de pensamiento y procesos que permitirán que éstos alcancen soluciones correctas.

Las investigaciones sugieren que el docente debe:

- Crear un ambiente apropiado para la resolución de problemas.
- Ofrecer un repertorio amplio y variado de problemas que generen una práctica intensiva y extensiva, además de que representen un reto para los estudiantes.
- Enseñar a los estudiantes a desarrollar estrategias que les permitan leer los problemas en forma analítica.
- Solicitar a los estudiantes que inventen sus propios problemas.
- Permitir que los estudiantes trabajen en parejas o en pequeños grupos.
- Promover en los estudiantes el uso de estrategias alternativas: reconocer patrones de problemas, trabajar en sentido inverso, predecir y probar, simular, experimentar, reducir los datos, deducir, etc.
- Hacer preguntas mientras los estudiantes están en el proceso de discusión de los procedimientos para resolver problemas.
- Permitir que los estudiantes revisen sus respuestas.
- Utilizar estrategias que permitan el desarrollo de procesos del pensamiento.
- Hacer que los estudiantes representen, mediante un diagrama de flujo, sus propios procedimientos para resolver problemas.

Un aporte importante en la resolución de problema proviene de Gangoso (1999). “A partir de un profundo estudio bibliográfico, se enfoca la investigación en resolución de problemas desde el punto de vista de las teorías psicológicas subyacentes y de factores explicativos, como la naturaleza de la tarea, la persona que resuelve y el entorno, con el objetivo de apoyar futuras investigaciones en este campo. Se incluye una breve presentación de la V de Gowin, la que se propone como herramienta heurística para analizar críticamente las investigaciones”.

Otro aporte relevante para este trabajo de tesis en la resolución de problemas es de Solaz y SanJosé (2008): “En ese trabajo se llevó a cabo un experimento, para poner a prueba la teoría de modelos mentales de Johnson–Laird, según la cual los sujetos se clasifican según su conocimiento previo. Los sujetos participantes en el experimento fueron alumnos de bachillerato de un centro educativo de Valencia (España), a quienes se les administró una prueba de resolución de problemas. Los resultados parecen confirmar una relación inversa entre el número de modelos mentales implicados en el problema y el porcentaje que lo resuelve correctamente, tal y como predice la teoría. Además, los sujetos con mayor conocimiento previo, no siempre resuelven significativamente mejor los problemas”.

### **Comentarios:**

*El aprendizaje significativo es un referente teórico sólido y potente, que mantiene vigencia pese a los años de su formulación. Tiene implicaciones psicológicas y pedagógicas en los aprendices, que uno de sus principales conceptos son los conocimientos previos y su interacción con el nuevo conocimiento. La Teoría de Aprendizaje Significativo, se complementa muy bien con las otras teorías cognitivas, como las de Piaget y Vigostky. Otros referentes teóricos como Novak y Gowin, aportaron grandes ideas al aprendizaje significativo, especialmente en la incorporación de facilitadores para este aprendizaje (mapas conceptuales y la V de Gowin).*

*La propuesta de enseñanza EFBAS tiene como propósito promover el aprendizaje significativo entre sus estudiantes de un curso de Ondas Mecánicas, por lo que todos los comentarios anteriores están presentes y fundamentan el modelo de enseñanza que se ha propuesto. En todas las actividades que se diseñan, el horizonte es construir un aprendizaje significativo.*

*Se ha incluido algunos trabajos sobre resolución de problemas, cuyo sustento son las teorías cognitivas, porque la propuesta tiene dentro de sus objetivos que los alumnos puedan resolver problemas de Ondas Mecánica.*

Al concluir el capítulo, se puede señalar que los antecedentes analizados anteriormente tienen como finalidad examinar el estado del arte en que se encuentran las investigaciones sobre enseñanza cognitiva, ambientadas en escenarios semi virtuales. Estas experiencias bibliográficas sirven de base para la formulación de la propuesta EFBAS.

Ahora, es necesario fundamentar la propuesta con teorías de reconocida validez científica, que será motivo del siguiente capítulo.

## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO TEÓRICO**



## CAPÍTULO 3: MARCO TEÓRICO

### 3.1. Concepción epistemológica en la que se apoya la investigación

El constructivismo como corriente epistemológica genera una serie de situaciones problemáticas a la comunidad educativa:

- Cómo los profesores pueden llevar sus ideas y principios en forma concreta a las aulas;
- Qué ocurre con los directivos que no entienden metodologías orientadas y dirigidas a los principales actores: los aprendices;
- Por qué a los alumnos se les dificulta diseñar e implementar proyectos, resolver problemas y tomar decisiones; etc.
- 

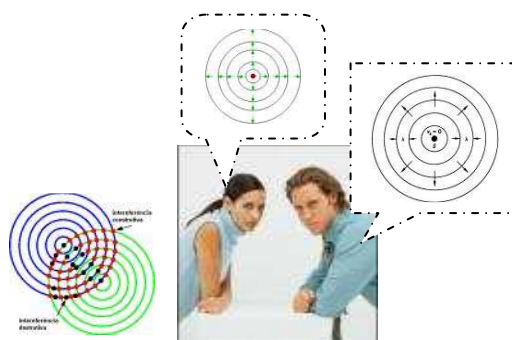
El constructivismo como propuesta epistemológica surge en oposición al positivismo/objetivismo de los modelos conductistas y de procesamiento de la información, que concibe la realidad como externa, y propia de quien la observa. El objetivismo utiliza modelos que postulan que la realidad es totalmente externa al observador o que en algunos casos es parcialmente representada de forma interna por procesos mecánicos y filtrados por la memoria, las expectativas y el control ejecutivo. Jonassen (1992) hace un cuadro comparativo entre objetivismo y constructivismo de acuerdo a cinco términos: realidad, mente, pensamiento, significado y símbolos (Ver Tabla 3.1).

Se puede decir que el constructivismo es una filosofía, una teoría, un modelo, una metodología para orientar el accionar pedagógico activo. Muchos son los aportes en esta dirección, de los cuales se puede mencionar a Piaget, Ausubel, Novak, Vygotsky, Maturana, Von Glaserfeld.

Para el constructivismo el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción propia de cada ser humano. La realidad está más en la mente del que conoce que fuera de ella. Aprender para el constructivismo es un proceso de construcción y reconstrucción mental activa, preferentemente interna, del sujeto que aprende (ver figura 3.1).

**Tabla 3.1:**  
Cuadro comparativo entre objetivismo y constructivismo.

	<i>Objetivismo</i>	<i>Constructivismo</i>
Realidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Externa al conocedor</li> <li>• Su estructura determinada por propiedades y relaciones</li> <li>• Su estructura modelada por el aprendiz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definida por conocedor</li> <li>• Depende de la actividad mental</li> <li>• Producto de la mente</li> <li>• Su estructura recae en las experiencias</li> </ul>
Mente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesador de símbolos</li> <li>• Espejo de la naturaleza</li> <li>• Maquina abstracta para manipular símbolos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constructor de símbolos</li> <li>• Perceptor, interprete de la naturaleza</li> <li>• Sistema conceptual para construir la realidad</li> </ul>
Pensamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Independiente de la experiencia</li> <li>• Gobernado por realidad externa</li> <li>• Manipulación de símbolos abstractos</li> <li>• Representa realidad externa</li> <li>• Algorítmico</li> <li>• Atomista, desdoblable en bloques de construcción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Surge de la experiencia</li> <li>• Surge de la experiencia física y social</li> <li>• Basado en la percepción, construcción</li> <li>• Imaginativo, permite pensamiento abstracto</li> <li>• Más que representación de la realidad</li> <li>• Construcción de modelos cognitivos</li> <li>• Es más que lo que son capaces las maquinas</li> </ul>
Significado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corresponde a las entidades y categorías en el mundo</li> <li>• Independiente del entendimiento de un organismo</li> <li>• Externo al entendedor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No recae en la correspondencia con el mundo</li> <li>• Dependiente del entendimiento</li> <li>• Determinado por el entendedor</li> </ul>
Símbolos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representan la realidad</li> <li>• Representaciones internas de la realidad externa(bloques de construcción)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas para construir la realidad</li> <li>• Representaciones de la realidad interna</li> </ul>



**Figura 3.1:** Construcción y reconstrucción mental activa.



Los principios básicos del constructivismo, según Barberá et al.(2000); Carretero (1993) y Coll et al.( 1997), residen en que:

- El conocimiento no es pasivamente recibido e incorporado a la mente del aprendiz, sino activamente construido.
- Sólo el sujeto que conoce construye su aprender.
- La cognición tiene una función de adaptación y para ello sirve la organización del mundo experiencial.
- La realidad existe cuando se origina una construcción mental interna interpretativa del aprendiz.
- Aprender es construir y reconstruir esquemas, modelos mentales.
- Aprender es un proceso individual y colectivo de diseño y construcción/reconstrucción de esquemas mentales previos, como resultado de procesos de reflexión e interpretación.

De acuerdo a estos principios es importante que el aprendiz aprenda a cómo aprender y no solamente qué aprender. Recordemos que se trata de un proceso interno activo e interpretativo, por lo cual el profesor debe facilitar el aprendizaje en la medida que el aprendiz conozca, tenga conciencia y monitoree su forma de aprender.

Dentro de los modelos constructivistas se pueden distinguir: cognitivo/biológico, social y radical, entre otros, cuyos representantes son Piaget, Vygotsky, Maturana y Von Glasersfeld respectivamente.

**Piaget**, Constructivismo cognitivo/biológico. El aprendizaje es considerado un proceso interno y personal, cuya finalidad es la adaptación del individuo al ambiente, mediante la relación de equilibración que involucra los procesos de asimilación y acomodación. Cualquier nuevo concepto o idea es asimilado y genera perturbación, una disonancia, un conflicto cognitivo, que resuelve mediante una acomodación y reacomodación de esquemas y estructuras mentales, para luego asumir un estado de equilibrio y adaptación cognitiva entre conocimientos nuevos y conocimientos previamente construidos, dando significado al nuevo concepto en su estructura mental de pensamiento. La equilibración es la tendencia propia de las personas a modificar esquemas y estructuras mentales para dar significado al mundo (Piaget 1973,1991). Según este contexto, el aprendizaje es una actividad personal o cognitiva.

**Vygotsky**, Constructivismo histórico social. El conocimiento se construye a través de la interacción entre un individuo y su medio, por lo que la interacción, la colaboratividad y el diálogo son elementos imprescindibles para que se produzca aprendizaje en los aprendices (Vygotsky 1978, Baquero 1996). Lo social es prioritario al desarrollo cognitivo. El aprendizaje surge a partir de la interiorización de los elementos externos en relación con los aprendizajes adquiridos previamente por el individuo en su interacción con otros. De Vygotsky proviene la idea de un aprendizaje y cognición situada o pertinente, distribuido y contextualizado.

**Von Glasersfeld**, Constructivismo radical. Piensa este autor que la realidad está completamente dentro del conocedor. El aprendiz es el único que conoce y construye su conocer. La realidad es sólo internamente determinada por el conocedor (Von Glasersfeld, 1984, 1994, 1998). Para él, el conocimiento es instrumental, de manera que lo primero es dar a los aprendices las razones de por qué ciertas formas de actuar y pensar son deseables. Según este planteamiento, el profesor no puede decirle a los aprendices qué conceptos construir o cómo construirlos, pero con un juicioso uso del lenguaje puede prevenirlos a construir en la dirección no deseada, puede motivarlos y orientarlos. Decir a los aprendices que tienen que cambiar sus ideas debido a que no son verdaderas puede generar un alumno obediente, pero no genera entendimiento. Así, enseñar no es una forma de exponer y dictar, sino una forma de conversar. Von Glasersfeld señala que lo que nosotros vemos que otros hacen y lo que escuchamos que otros dicen, afecta inevitablemente lo que hacemos y decimos, y se refleja en nuestro pensamiento. Por ello, el trabajo con otros es fundamental para resolver incompatibilidades, incongruencias y perturbaciones, de forma de *acomodar* el conocimiento, aceptando el concepto de negociación de significado y conocimiento de los constructivistas sociales.

**Maturana** (1984), se sitúa en una postura radical del constructivismo. La experiencia está ligada indisolublemente con nuestra estructura. Ello implica que conocemos el mundo sin separarlo de nuestra historia de acciones biológicas y sociales. Nuestro ser y hacer son inseparables, por ello, aprender y conocer no implica conocer hechos y objetos de afuera, captarlos y meterlos en la cabeza. Toda experiencia de cualquier tipo allá afuera es validada por la estructura humana que hace posible esa experiencia. Para Maturana, existe circularidad entre acción y experiencia. El autor postula que el amor se confunde con la educación, por lo que aprender es amor. Para él, no existe aprendizaje si no existe relación armónica entre los aprendices, entre ellos y su medio. Aprender es un proceso de transformación en la

convivencia donde los aprendices se transforman en su convivir de manera coherente con el vivir del profesor. Esta transformación ocurre consciente o inconscientemente con el convivir. Los aprendices aprenden en coherencia con su emocionar, ya sea en conciencia o en oposición a él o ella.

Otro referente epistemológico a considerar en este trabajo de tesis es *Bachelard* (1985). Este autor sostiene que cuando se investigan las condiciones psicológicas del progreso de las ciencias se llega a la conclusión de que hay que plantear el problema en términos de *obstáculos*. Señala además que el empirismo, que es la filosofía del hecho real y concreto no concuerda con la práctica científica de los hombres y mujeres de ciencia ya que el conocimiento científico está focalizado en un mundo abstracto estructurado en una fenomenotecnia. Por esta razón, considera que el conocimiento cotidiano es un “obstáculo epistemológico” al conocimiento científico. Constituye una fuente de errores que entorpece la adquisición de conocimiento científico, sin embargo, éste se enriquece con mucha fuerza cuando estos obstáculos se superan. Explica el obstáculo epistemológico del científico como la resistencia que opone su mente a la adquisición de un conocimiento racional frente al conocimiento cotidiano. Este obstáculo se manifiesta en el pensamiento del hombre en confusiones mentales que impiden ver con claridad el conocimiento objetivo de la ciencia. Son las ideas previas del sujeto producto de su intuición, experiencias de vida, conocimientos generales y pragmáticos las que se resisten al cambio.

El conocimiento previo es la base de la construcción de las nuevas conceptualizaciones, que actúa también como causa de estancamiento y regresión. Es el propio saber el que obstaculiza el progreso del saber. Para Bachelard, "se conoce *en contra* de un conocimiento anterior, destruyendo conocimientos mal adquiridos o superando aquello que, en el espíritu mismo, obstaculiza a la espiritualización" (Bachelard, 1985). Por lo tanto, es imposible no considerar los conocimientos previos. "Frente a lo real lo que cree saberse ofusca lo que debiera saberse. Cuando se presenta ante la cultura científica, el espíritu jamás es joven. Hasta es muy viejo, pues tiene la edad de los prejuicios. Tener acceso a la ciencia es rejuvenecer espiritualmente, es aceptar una mutación brusca que ha de contradecir un pasado".

Una de las contribuciones fundamentales de la epistemología de Bachelard es la importancia que le asigna al *error* y a su *rectificación*, en la construcción del conocimiento científico. El error es entendido como necesario e intrínseco al conocimiento y justamente el concepto de obstáculo epistemológico es el que fundamenta la obligación de errar. Tiende a

perturbar el proceso de ruptura entre el conocimiento común y el conocimiento científico, se acomoda a lo que ya conoce, busca la continuidad y se opone a la rectificación.

Para Bachelard el error es la propia forma de construcción del progreso del saber científico. El error es uno de los tiempos de la dialéctica que, necesariamente, es preciso atravesar. Tiene, por lo tanto, un valor altamente positivo, por ser el motor de activación del propio pensamiento: el pensamiento se construye por la rectificación de los errores.

En su obra “La formación del Espíritu Científico” sostiene que los mismos obstáculos que encuentra el avance científico, los encuentran los alumnos en el aprendizaje de la ciencia. Llama a estos obstáculos “obstáculos pedagógicos”. Los estudiantes no son “tablas rasas” ni recipientes vacíos que se puedan llenar de información. Ellos traen información, conocimientos empíricos contruidos a partir del sentido común que es necesario desestructurar para promover el conocimiento científico.

Son varios los obstáculos que Bachelard (2004) analiza en su obra. El primer obstáculo pedagógico que describe tiene relación con la actividad experimental básica a que se someten los alumnos, en donde el aspecto central es la percepción de datos claros, limpios, seguros y constantes detectados por los sentidos. Así el profesor muestra una visión empírica de la ciencia que es ajena a la práctica real de las investigaciones de ciencia. Por otro lado, también se encuentra la sobrevaloración de las imágenes en el proceso de enseñanza. A modo de ejemplo, podemos tener el caso de algunos alumnos que interiorizan los campos eléctricos en términos de líneas de corrientes ya que los textos de electricidad lo muestran de esa forma, o el caso de la imagen de un átomo con trayectorias de los electrones bien definidas.

Bachelard lo expresa así: “las experiencias demasiado vivas, con exceso de imágenes, son centros de falso interés”.

Otros obstáculos son las generalizaciones superficiales, que impiden a los alumnos cuestionar sobre aspectos particulares. Bachelard sostiene que: “Una ciencia de lo general es en primer lugar una ciencia superficial” y “un conocimiento general es un conocimiento vago” (Bachelard, 2004).

El obstáculo verbal muchas veces confunde a los alumnos. Las investigaciones muestran que los alumnos extrapolan significados aprendidos en contextos no científicos al contexto científico (Pesa, 1997).

Bachelard advierte también acerca del uso de analogías para explicar un determinado fenómeno, ya que la analogía no explica el fenómeno y el peligro de su uso es que estas

imágenes permanecen en el pensamiento del alumno. En su obra hace un análisis de los aspectos favorables y desfavorables del uso de imágenes por parte de los profesores.

En síntesis, la idea central planteada señala que la racionalidad científica no implica un depurar el conocimiento cotidiano, sino romper con su estructura para dar cabida al conocimiento científico. Sin embargo, la mente se resiste al cambio y esto constituye un obstáculo para el aprendiz, que al rectificarlo permite la construcción racional del conocimiento científico.

El marco teórico de ésta tesis de doctorado busca establecer con claridad las teorías que sustentan la propuesta y que permiten dar solución a los problemas de investigación planteados. En ella, se consideran tres aportes teóricos fundamentales. En primer lugar, las teorías cognitivas del aprendizaje, más en profundidad, las Teorías de Aprendizaje Significativo de Ausubel, la Teoría de Desarrollo Cognitivo de Piaget y la Teoría de Desarrollo Próximo de Vygostky. Una segunda corriente teórica utilizada en el trabajo de investigación se relaciona con las teorías de Johnson y Johnson sobre el aprendizaje cooperativo. Finalmente, un tercer aporte teórico a la investigación, en forma más extensa, corresponde a las teorías de la Tecnología de la Información y Comunicación (TIC) en la educación en ciencias, orientada hacia la educación a distancia, denominada elearning o teleformación, y a la semi presencial, Blended Learning.

### **3.2. Teorías cognitivas del aprendizaje**

Durante la primera mitad del siglo XX, las investigaciones sobre el aprendizaje se fundamentaron en teorías conductistas, ejerciendo una fuerte influencia en la investigación y en la práctica en muchas y diferentes esferas de la psicología y la educación. A partir de los años 70, el foco de la psicología comenzó a cambiar de una orientación conductista a una orientación cognitiva. La preocupación por la mente y la forma en que funciona vuelve a ser de interés para la psicología científica. Esta orientación cognitiva centró su estudio en una variedad de actividades mentales y procesos cognitivos básicos, tales como la percepción del pensamiento, la representación del conocimiento y la memoria. El énfasis se desplazó desde la conducta misma a las estructuras de conocimiento y los procesos mentales que pueden ser inferidos de los índices conductuales y que son responsables de varios tipos de conducta humana. En otras palabras, las teorías cognitivas intentan explicar los procesos de

pensamiento y las actividades mentales que mediatizan la relación entre el estímulo y la respuesta.

Ausubel (1978) propone una explicación teórica del proceso de aprendizaje según el punto de vista cognoscitivo, pero tomando en cuenta además factores afectivos tales como la motivación. Para Ausubel, el aprendizaje significa la organización e integración de información en la estructura cognoscitiva del individuo.

### 3.2.1. Ausubel y el Aprendizaje Significativo

Al igual que otros teóricos cognoscitivo del aprendizaje, Ausubel (1978) parte de la premisa de que existe una estructura en la cual se integra y procesa la información. La estructura cognoscitiva es la forma como el individuo tiene organizado el conocimiento previo a la instrucción. Es una estructura formada por sus creencias y conceptos, que deben ser tomados en consideración al planificar la instrucción, de tal manera que puedan servir de anclaje para conocimientos nuevos, en el caso de ser apropiados o puedan ser modificados por un proceso de transición cognoscitiva o cambio conceptual. Ausubel centra su atención en el aprendizaje tal como ocurre en la sala de clases, el día a día, en la mayoría de las escuelas. Para él, la variable más importante que influye en el aprendizaje es aquello que el alumno conoce (determinese lo que el alumno ya sabe y enséñese en consecuencia). Nuevas informaciones e ideas pueden ser aprendidas y retenidas en la medida en que existan conceptos claros e inclusivos en la estructura cognoscitiva del aprendiz que sirvan para establecer una determinada relación con la que se suministran. Los conceptos más importantes son:

#### a) **Aprendizaje significativo**

El concepto más importante de la teoría de Ausubel es el de aprendizaje significativo. Este aprendizaje ocurre cuando la nueva información se enlaza con las ideas pertinentes de afianzamiento (para esta información nueva) que ya existen en la estructura cognoscitiva del que aprende. Para Ausubel, el aprendizaje significativo es un proceso a través del cual una nueva información se relaciona con un aspecto relevante de la estructura del conocimiento del individuo. Este proceso involucra una interacción entre la información nueva (por adquirir) y una estructura específica del conocimiento que posee el aprendiz, a la cual Ausubel ha llamado *concepto integrador* (subsumidor).

En este sentido, Ausubel ve el almacenamiento de información en el cerebro humano

como un proceso altamente organizado, en el cual se forma una jerarquía conceptual donde los elementos más específicos del conocimiento se anclan a conocimientos más generales e inclusivos (*asimilación*). La estructura cognoscitiva es, entonces, una estructura jerárquica de conceptos, producto de la experiencia del individuo.

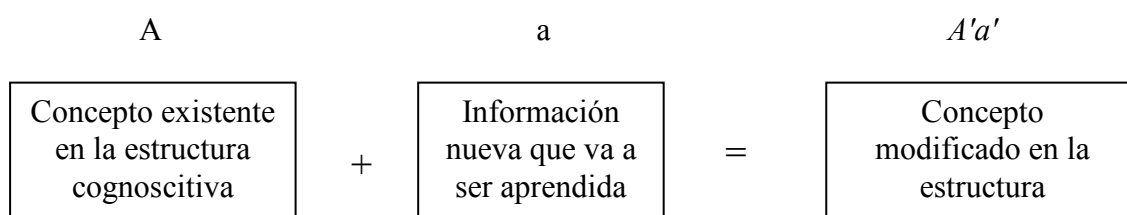
### Tipos de aprendizaje significativo

Ausubel distingue tres tipos de aprendizajes significativos: representacional, de conceptos y proposicional.

1. El *aprendizaje representacional* es el tipo básico de aprendizaje significativo, del cual dependen los demás. En él se asignan significados a determinados símbolos (mayoritariamente palabras) que se identifican con sus referentes (objetos, eventos, conceptos), es decir, los símbolos pasan a significar para el individuo lo que significan sus referentes.
2. *Los conceptos* representan regularidades de eventos u objetos. El *aprendizaje de conceptos* constituye, en cierta forma, un aprendizaje representacional ya que los conceptos son representados también por símbolos particulares o categorías y representan abstracciones de atributos esenciales de los referentes.
3. En el *aprendizaje proposicional*, al contrario del aprendizaje representacional, la tarea no es aprender significativamente lo que representan las palabras aisladas o combinadas, sino aprender lo que significan las ideas expresadas en una proposición, las cuales, a su vez, constituyen un concepto. O sea, en este tipo de aprendizaje, la tarea no es aprender el significado aislado de los diferentes conceptos que constituyen una proposición, sino el significado de ella como un todo.

#### c) **Asimilación**

Es el proceso mediante el cual la nueva información se enlaza con los conceptos pertinentes que existen en la estructura cognoscitiva del alumno, en un proceso dinámico en el cual, tanto la nueva información como el concepto que existe en la estructura cognoscitiva, resultan alterados de alguna forma. Ausubel simboliza el proceso en la siguiente forma:



Por lo tanto, la asimilación es un proceso que ocurre cuando un concepto o proposición  $a$ , potencialmente significativo, es asimilado a una idea o concepto más inclusivo ya existente en la estructura cognoscitiva del alumno, ya sea como un ejemplo, una extensión, una elaboración o una calificación del mismo. Tal como se sugiere en el esquema, no sólo se modifica la nueva información sino que también lo hace el concepto existente en la estructura cognoscitiva.

Durante un cierto tiempo, la nueva información aprendida ( $a'$ ) puede ser evocada casi en su forma original, pero con el tiempo ya no será dissociable del concepto al cual fue incluida. En este caso, se denomina *inclusión obliterativa*, que no debe confundirse con el olvido, como en el caso del aprendizaje memorístico.

A medida que la nueva información se incluye en la estructura cognoscitiva del aprendiz, ésta se modifica, y en consecuencia, está en permanente estado de cambio. Durante el aprendizaje, la nueva información es asimilada a las ya existentes. El resultado es el fortalecimiento o la modificación de dichas ideas. Dependiendo de la experiencia del individuo, las ideas de afianzamiento o conceptos integradores, pueden ser relativamente amplios y bien desarrollados o pueden ser limitadas en la cantidad y variedad de los elementos que la contienen.

#### **d) Aprendizaje subordinado, superordenado y combinatorio**

El proceso según el cual una nueva información adquiere significado a través de la interacción con los conceptos integradores refleja una relación de subordinación del nuevo material en relación con la estructura cognoscitiva previa. A este tipo de aprendizaje se le llama *subordinado*. Pero también es posible que la información nueva a ser aprendida sea de mayor exclusividad con conceptos integradores ya establecidos en la estructura cognoscitiva del individuo, y que al interactuar con ellos los asimile. Estas ideas son identificadas como instancias específicas de una nueva idea superordenada, definida por un nuevo conjunto de atributos esenciales que abarca ideas específicas. A este tipo de aprendizaje se le llama *superordenado*. En el aprendizaje *combinatorio*, por su parte, existe una información nueva que es potencialmente significativa para ser incorporada a la estructura cognoscitiva como un todo y no con aspectos específicos de esa estructura.

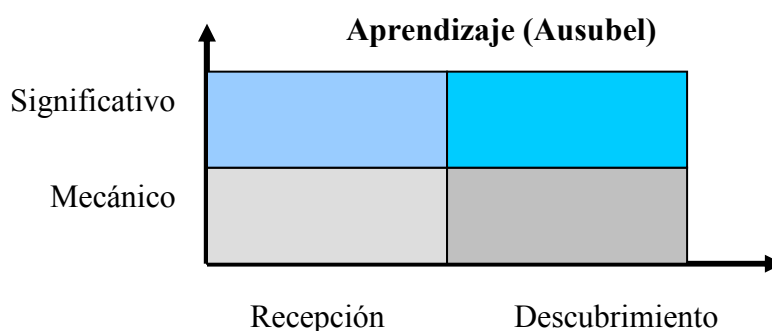
En resumen, Ausubel mantiene que las nuevas ideas pueden ser totalmente aprendidas sólo en la medida en que puedan relacionarse a conceptos existentes en la estructura



cognoscitiva, los cuales proporcionan enlaces adecuados. Si el nuevo material no puede ser relacionado con dicha estructura por no existir conceptos integradores, entonces no puede ser retenido ni aprendido. Para evitar esta circunstancia, el profesor debe organizar la secuencia del conocimiento de tal manera que de no existir dichos conceptos, ellos puedan ser contruidos. Conjuntamente, el aprendiz debe tomar parte activa en este proceso y tratar de buscar las ideas que existen en su mente donde pueda incluir la nueva información, pero también se puede dar el caso de que los conceptos existentes en la estructura cognoscitiva del aprendiz sea, o bien una concepción errada, productos de la instrucción, o una concepción intuitiva, en desacuerdo con lo que ha sido aceptado por la comunidad científica. Entonces la instrucción se debe organizar para que se produzca el cambio conceptual en el primero de los casos, o la transición cognoscitiva, en el segundo de ellos.

Contrastando con el aprendizaje significativo, Ausubel define el *aprendizaje mecánico* como la incorporación de nueva información en la estructura cognoscitiva del que aprende sin que establezca ninguna relación con los conceptos (o proposiciones) ya existentes en ella, en cuyo caso, dicha información es almacenada de manera arbitraria sin que haya interacción con aquella información. Es decir, el conocimiento así adquirido se distribuye arbitrariamente en la estructura cognoscitiva sin relacionarse con ningún concepto pertinente específico. Para Ausubel, estos dos tipos de aprendizaje no representan una dicotomía sino más bien un continuo y no deben ser confundidos con la distinción entre *aprendizaje por recepción* y *aprendizaje por descubrimiento*. En el primer caso, el contenido es presentado al estudiante en su forma final mientras que en el segundo, dicho contenido debe ser descubierto por él. En ambos casos, la información debe ser incorporada de manera no arbitraria en la estructura cognoscitiva del que aprende.

En la figura 3.2, se muestra un diagrama del aprendizaje según Ausubel.



**Figura 3.2:** Diagrama de aprendizaje según Ausubel.

**e) Conceptos integradores**

Los conceptos integradores o ideas pertinentes de afianzamiento son las entidades del conocimiento específico que existen en la estructura cognoscitiva del que aprende y a la(s) cual(es) se enlaza(n) el(los) conocimiento(s) nuevo(s) siendo imprescindibles para que se produzca el aprendizaje significativo. Pero, ¿de dónde provienen esos conceptos?, ¿cómo se forman? ¿qué hacer cuando ellos no existen o bien cuando corresponden a concepciones erradas?

Las dos primeras preguntas tienen varias respuestas posibles. Una de ellas se basa en el aprendizaje mecánico. Aquí se supone que este aprendizaje es siempre necesario cuando un individuo adquiere informaciones por primera vez en un área del conocimiento completamente nuevo para él. Es decir, el aprendizaje mecánico se produce hasta que algunos elementos de conocimientos pertinentes a nuevas informaciones en esa misma área existan en la estructura cognoscitiva y puedan servir de conceptos integradores aunque sean poco elaborados. En ese momento, el individuo empieza a relacionar los conceptos aislados que había aprendido mecánicamente, enriqueciendo y desarrollando los conceptos integradores, los cuales servirán de enlace a nueva información. Entonces, el aprendizaje a posteriori de la información relacionada es significativo. Otra posible respuesta sería que los niños pequeños adquieren conceptos básicos a través de un proceso conocido con el nombre de “formación de conceptos”, el cual involucra generalizaciones de instancias específicas. Al llegar a la edad escolar, poseen un conjunto adecuado de conceptos que permiten la adquisición de otros nuevos por el proceso de asimilación, *diferenciación progresiva* y *reconciliación integradora*. Cuando un nuevo concepto o proposición es aprendido por subordinación, el concepto integrador existente en la estructura cognoscitiva del aprendiz también se modifica. La ocurrencia reiterada de este proceso lleva a la *diferenciación progresiva* del concepto integrador, el cual siempre está presente en el aprendizaje subordinado. En el aprendizaje superordenado y en el combinatorio, las ideas establecidas en la estructura cognoscitiva pueden, en el curso de nuevos aprendizajes, ser reconocidas como relacionadas. Así las nuevas informaciones son adquiridas y las antiguas pueden reorganizarse y adquirir nuevos significados. Este proceso es lo que Ausubel ha llamado *reconciliación integradora*.

Cuando los conceptos integradores no existen en la estructura cognoscitiva del aprendiz, Ausubel sugiere el uso de los puentes cognoscitivos u organizadores previos, como una metodología para manipular deliberadamente dicha estructura. Ellos deben servir de verdadero puente entre lo que el alumno ya conoce y el conocimiento que va a adquirir. Son

materiales introductorios, de mayor nivel de abstracción, generalidad e inclusividad, que se presentan previamente al material que debe ser aprendido.

**f) El papel de la estructura cognoscitiva preexistente**

De acuerdo con el punto de vista ausubeliano, el factor cognoscitivo más importante a ser considerado en el proceso instruccional, es la estructura cognoscitiva del aprendiz en el momento del aprendizaje. Es ella, tanto en términos del contenido sustantivo como en términos de propiedades organizacionales en una determinada área del conocimiento, el factor que más influye en el aprendizaje significativo y en la retención del conocimiento en dicha área. Si la estructura cognoscitiva es clara, estable y adecuadamente organizada, emergen significados precisos y no ambiguos y tienden a ser retenidos. Si por el contrario, son ambiguos, inestables y desorganizados, se dificulta el aprendizaje significativo y la retención del conocimiento y se favorece el aprendizaje mecánico.

Según Ausubel, (1978) para facilitar el aprendizaje significativo, las variables más importantes a ser consideradas en la estructura cognoscitiva son:

- 1) Existencia de ideas de anclaje pertinentes al área del conocimiento en consideración, en un óptimo nivel de generalidad, inclusividad y abstracción.
- 2) Grado en que esas ideas se puedan discriminar de los conceptos y principios similares y diferentes (pero potencialmente confusos) que aparecen en el material por aprender.
- 3) Estabilidad y claridad de las ideas de anclaje.

Hacer que el aprendiz adquiera un cuerpo de conocimientos claros, estables y organizados constituye el mayor objetivo a largo plazo de la actividad de aprendizaje en el aula, y son ellos la principal variable *dependiente* o (criterio) a ser usado al evaluar el impacto de los demás factores que influyen en el aprendizaje y la retención. Una vez establecida la estructura cognoscitiva es, por derecho propio, la variable *independiente* más influyente en la capacidad que tiene el aprendiz para adquirir nueva información en el mismo campo de conocimiento.

Ahora bien, ¿cómo se puede influir en el establecimiento de la estructura cognoscitiva pertinente para una determinada área del saber? Según Ausubel, ello puede hacerse de dos maneras:

- 1) *Sustantivamente*, por la presentación de conceptos y principios unificadores

inclusivos, con mayor poder explicativo y propiedades integrantes; y

- 2) *Curricularmente*, por dos vías que se superponen: a) métodos apropiados de presentación y organización de los contenidos programáticos así como de la evaluación del aprendizaje significativo de los mismos y b) manipulación adecuada de las variables cognoscitivas, motivacionales, personales y sociales.

### **Organización del contenido programático**

La organización del contenido programático de una disciplina es una secuencia instruccional, que de acuerdo con la concepción ausubeliana, implica una primera tarea, no trivial, como es la identificación de los conceptos básicos que están explícitos o implícitos. Una vez que ello ha sido resuelto, hay que prestar atención a la organización del material de enseñanza en unidades secuenciadas, lo cual se logra a través de los siguientes principios: *diferenciación progresiva, reconciliación integradora, utilización de organizadores previos y organización secuenciada, y consolidación.*

La diferenciación progresiva, es un principio de organización programática de la materia a enseñar según el cual las ideas más generales e inclusivas del contenido deben ser presentadas al inicio de la instrucción, y diferenciadas progresivamente a nivel de detalles y especificidad. Ausubel (1978) se basa en dos hipótesis:

- 1) Es menos difícil para los seres humanos captar aspectos diferenciados de un todo más inclusivo previamente aprendido que llegar a un todo a partir de sus partes diferenciadas previamente aprendidas.
- 2) La organización del contenido de una cierta disciplina en la mente del individuo es una estructura jerárquica en la cual las ideas más inclusivas están en el tope de tal jerarquía y progresivamente se incorporan proposiciones, conceptos y hechos menos inclusivos y más diferenciados. Nada mejor, en consecuencia, que organizar deliberadamente el contenido de la materia en forma similar para facilitar el aprendizaje.

Por otra parte, la organización instruccional del contenido debe no sólo proporcionar los elementos necesarios para el aprendizaje significativo en base a la diferenciación progresiva, sino que también debe explorar explícitamente las relaciones entre conceptos y proposiciones, puntualizar sus diferencias y similitudes más importantes y reconciliar las inconsistencias reales o aparentes. Todo ello para lograr la reconciliación integradora.

La característica predominante que se le atribuye al organizador previo es que debe ser más general y abstracto que la información a seguir y sirve de puente cognitivo entre la nueva información que se va a aprender y los conceptos existentes en la estructura cognoscitiva del aprendiz. Los organizadores previos pueden ser utilizados tanto para promover la diferenciación progresiva como la reconciliación integradora. Para la diferenciación progresiva se puede utilizar un conjunto de organizadores previos jerarquizados en orden decreciente de inclusividad, cada uno de ellos precediendo la respectiva unidad de estudio, la cual contiene el material detallado y diferenciado. Estas unidades de estudio deben, a su vez, estar organizadas de acuerdo con el principio de diferenciación progresiva, jerarquizadas en orden descendiente de inclusividad, es decir, tanto el contenido de la unidad como la secuencia de unidades deben ser progresivamente diferenciadas.

Los organizadores iniciales deben ser el anclaje global para todo el material subsiguiente, mientras que todos los demás organizadores, en orden descendiente de inclusividad, van sirviendo de amarre o armadura para materiales cada vez más diferenciados y detallados. En realidad, las primeras unidades iniciales deben funcionar como organizadores previos para todas las demás y deben ser planificadas de modo que cada una de ellas sirva de organizador para la siguiente.

Por otra parte, los organizadores previos pueden ser también una ayuda en la reconciliación integrativa, en la medida en que indiquen de qué manera las ideas relacionadas ya existentes en la estructura cognoscitiva son similares o diferentes de aquellas que van a ser aprendidas. En situaciones de aprendizaje, la dificultad del alumno puede estar en la discriminabilidad o en la aparente contradicción entre los nuevos conceptos y proposiciones y aquellas ya establecidas en la estructura cognoscitiva. Frente a esta dificultad, el alumno podrá descartar una nueva proposición como válida o aislarla de la ya aprendida, o bien, buscar una reconciliación integrativa bajo un concepto más inclusivo.

Es importante, señalar que esta visión del aprendizaje significativo, es recogida en gran parte del texto *Aprendizaje Significativo: Teoría y Práctica*, de Moreira (2000), quien hace una interpretación fidedigna de los escritos de Ausubel. Otro aporte, considerado para este enfoque corresponden al texto *La Teoría del Aprendizaje Significativo en la Perspectiva de la Psicología Cognitiva*, de los autores Rodríguez, Moreira, Caballero, Greca (2008).

### 3.2.2. Piaget y el desarrollo cognitivo

A partir de los principios constructivistas, Piaget plantea que el conocimiento no se adquiere solamente por interiorización del entorno social, sino que predomina la construcción realizada por parte del sujeto (Kamil, 1985). A partir de esta premisa genera una Teoría del Desarrollo Cognitivo del niño. Implícita en su teoría se encuentra una concepción de la naturaleza y características del aprendizaje, la cual será presentada a continuación. En relación a esto, sus conceptos más importantes son:

#### a) **Adaptación e Inteligencia**

Según Piaget (1956), la inteligencia consistiría en la capacidad de mantener una constante adaptación de los esquemas del sujeto al mundo en que se desenvuelve. Entiende los esquemas como aquellas unidades fundamentales de la cognición humana, los cuales consisten en representaciones del mundo que rodea al sujeto, construidas por éste.

Esta visión de la inteligencia como adaptabilidad no alude, al contrario de como suele entenderse la inteligencia, a un conocimiento específico o general. Por el contrario, se trata de una capacidad común a los seres humanos de mantener una concordancia entre el mundo y los esquemas cognitivos del sujeto, lo cual le permitirá funcionar en él. La adaptación, a su vez, es el proceso que explica el desarrollo y aprendizaje. Ésta se produce por medio de dos procesos complementarios que son la asimilación y la acomodación.

#### b) **Asimilación**

La asimilación se refiere al modo en que un organismo se enfrenta a un estímulo del entorno en términos de organización actual. "La asimilación mental consiste en la incorporación de los objetos dentro de los esquemas de comportamiento, esquemas que no son otra cosa sino el armazón de acciones que el hombre puede reproducir activamente en la realidad" (Piaget, 1985).

#### c) **Acomodación**

Al contrario de la asimilación, la acomodación produce cambios esenciales en el esquema. Este proceso ocurre cuando un esquema se modifica para poder incorporar información nueva, que sería incomprensible con los esquemas anteriores. Estos dos procesos, asimilación y acomodación, permiten que los esquemas del sujeto se encuentren siempre adaptados al ambiente, y permiten el continuo crecimiento. Cuando el sujeto aprende, lo hace

modificando activamente sus esquemas, a través de las experiencias, o bien transfiriendo esquemas ya existentes a situaciones nuevas, por lo cual la naturaleza del aprendizaje va a depender de lo que el sujeto ya posee. En este sentido, podemos decir que el aprendizaje es lo que las personas hacen de los estímulos y no lo que éstos hacen con ellas.

#### **d) Equilibración**

Otro punto interesante de los planteamientos de Piaget, con respecto al desarrollo y al aprendizaje, concierne al mecanismo que impulsa a éstos. El impulso para el crecimiento y el aprendizaje no proviene, según Piaget, enteramente del medio ambiente, como ocurre en el conductismo. Por el contrario, este impulso está dado por la *equilibración*, una tendencia innata de los individuos a modificar sus esquemas de forma que les permitan dar coherencia a su mundo percibido. Por ello, mientras el aprendizaje, en tanto permita lograr esta coherencia, es su propia recompensa. Al modificar una creencia que no le otorga sentido, un niño se siente recompensado por el hecho de satisfacer el principio de equilibración, y no debería requerir de otros reforzadores. De todo lo anterior, se desprende el rol que se atribuye a la acción en el proceso de crecimiento y aprendizaje. Piaget considera que la modificación y equilibración de los esquemas de un sujeto se produce como resultado de su continua interacción con el mundo, tanto físico como social. Por esta razón, se enfatiza un tipo de educación en la cual los individuos se involucran en el aprendizaje activo de materias de su interés.

El rol de la educación consistiría en proveer las oportunidades y los materiales para que los alumnos puedan aprender activamente y formar sus propias concepciones. Es importante destacar que Piaget atribuye a la acción un rol fundamental en el aprendizaje: el niño aprende lo que hace, la experiencia y manipulación del niño de los objetos le permitirá abstraer sus propiedades, cualidades y características.

El aprendizaje no es una manifestación espontánea de formas aisladas, sino que es una actividad indivisible conformada por los procesos de asimilación y acomodación; el equilibrio resultante le permite a la persona adaptarse activamente a la realidad, lo cual constituye el fin último del aprendizaje.

Estos elementos teóricos representan el un enfoque del texto teorías cognitivas del aprendizaje (Pozo, 1996).

### 3.2.3. Vygotsky y la Zona de Desarrollo Próximo

Las posturas mencionadas anteriormente se centran en describir las características de los sujetos en distintos períodos del desarrollo cognitivo, ya sea en términos de estructuras lógicas o bien de capacidades para procesar la información. Estos puntos de vista postulan una relación entre aprendizaje y desarrollo, donde es necesario conocer las características del individuo a una determinada edad, para adaptar el aprendizaje a ellas. Es decir, lo que el sujeto aprende estaría determinado por su nivel de desarrollo.

Vygotsky (1979) propuso una aproximación completamente diferente frente a la relación existente entre aprendizaje y desarrollo, criticando la posición comúnmente aceptada, según la cual el aprendizaje debería equipararse al nivel evolutivo del niño para ser efectivo. Quienes sostienen esta posición consideran, por ejemplo, que la enseñanza de la lectura, escritura y aritmética debe iniciarse en una etapa determinada. Sin embargo, observa Vygotsky, no podemos limitarnos simplemente a determinar los niveles evolutivos si queremos descubrir las relaciones reales del desarrollo con el aprendizaje. Se plantea una relación donde ambos se influyen mutuamente. Esta concepción se basa en el constructo de *Zona de Desarrollo Próximo* propuesto por Vygotsky.

En su teoría sobre la Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), postula la existencia de dos niveles evolutivos: un primer nivel lo denomina *nivel evolutivo real*, es decir, el nivel de desarrollo de las funciones mentales de un niño, que resulta de ciclos evolutivos cumplidos a cabalidad. Es el nivel generalmente investigado cuando se mide, mediante test, el nivel mental de los niños. Se parte del supuesto de que únicamente aquellas actividades que ellos pueden realizar por sí solos son indicadores de las capacidades mentales. El segundo nivel evolutivo se pone de manifiesto ante un problema que el niño no puede solucionar por sí solo, pero que es capaz de resolver con ayuda de un adulto o un compañero más capaz. Por ejemplo, si el maestro inicia la solución y el niño la completa, o si resuelve el problema en colaboración con otros compañeros. Esta conducta del niño no era considerada indicativa de su desarrollo mental. Ni siquiera los pensadores más prestigiosos se plantearon la posibilidad de que aquello que los niños hacen con ayuda de otro puede ser, en cierto sentido, más indicativo de su desarrollo mental que lo que pueden hacer por sí solos.

Un ejemplo presentado por Vygotsky es el siguiente: Supóngase que estoy investigando a dos niños que entran a la escuela, ambos tienen diez años en edad cronológica y ocho, en términos de su desarrollo mental. ¿Puedo decir que tienen la misma edad mental?



Por supuesto que sí. Pero ¿qué es lo que significa esto? Significa que ambos son capaces de resolver por sí solos tareas cuyo grado de dificultad está situado en el nivel correspondiente a los ocho años. Si me detuviera en este punto, daría pie a suponer que el curso del desarrollo mental subsiguiente y del aprendizaje escolar, será el mismo para ambos niños, porque depende de su intelecto. Ambos niños parecen capaces de manejar, sin ayuda, un problema cuyo nivel se sitúa en los ocho años, pero no más allá de dicho límite. Supongamos que les muestro diversas maneras de tratar el problema. Distintos experimentadores emplearían variados modos de demostración: unos realizarían rápidamente toda la demostración y pedirían a los niños que la repitieran; otros iniciarían la solución y pedirían a los pequeños que la terminaran; otros, les ofrecerían pistas. En un caso u otro, se insta a los niños a que resuelvan el problema con ayuda. Bajo tales circunstancias resulta que el primer niño es capaz de manejar el problema cuyo nivel se sitúa en los doce años, mientras que el segundo llega únicamente a los nueve años. Y ahora, ¿son estos niños mentalmente iguales?

La diferencia observada entre la edad mental (ocho años) y el nivel de desarrollo mental para aprender con ayuda, presentado por los dos niños (doce y nueve años), pone en evidencia que el curso futuro del aprendizaje variará en ambos niños. Esta diferencia es lo que Vygotsky denomina Zona de Desarrollo Próximo, la cual consiste en la distancia entre el nivel real de desarrollo, “determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema, bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz” (Vygotsky, 1979).

La Zona de Desarrollo Próximo define aquellas funciones que todavía no han madurado, pero que se hallan en proceso de maduración; funciones que un mañana no lejano alcanzarán su madurez y que aún se encuentran en estado embrionario. Estas funciones, las denomina capullos o flores del desarrollo, en lugar de frutos del desarrollo.

El nivel de desarrollo real caracteriza el desarrollo mental retrospectivamente, señalando lo que el niño es ya capaz de hacer, mientras que la Zona de Desarrollo Próximo caracteriza el desarrollo mental prospectivamente, en términos de lo que el niño está próximo a lograr, con una instrucción adecuada (Vygotsky, 1979).

Como se puede ver, la Zona de Desarrollo Próximo caracteriza de una nueva forma la relación entre aprendizaje y desarrollo. El aprendizaje ya no queda limitado por los logros del desarrollo entendido como maduración, pero tampoco ambos se identifican, planteando que aprendizaje y desarrollo son una y la misma cosa. Por el contrario, lo que hay entre ambos es una interacción, donde el aprendizaje potencia el desarrollo de ciertas funciones psicológicas. Así, la planificación de la instrucción no debe hacerse sólo para respetar las restricciones del desarrollo real del niño, sino también para sacar provecho de su desarrollo potencial, es decir, enfatizando aquello que se haya en su zona de desarrollo próximo.

Este enfoque se fundamenta en el texto *Pensamiento y lenguaje* de Vygotsky (1995).

### **3.3. Aprendizaje cooperativo**

#### **Aprendizaje cooperativo en el proceso de enseñanza**

Al referirse al aprendizaje cooperativo se tiene que hablar de trabajo grupal cuyo fin es aprender. Un grupo es un conjunto de dos o más personas que interactúan entre sí y que ejercen una influencia recíproca, donde se pueden intercambiar conductas, creencias, valores, opiniones, conocimiento, etc. El aprendizaje cooperativo se asocia también al término aprendizaje colaborativo o grupal.

Existe la creencia pedagógica, bastante generalizada, de que el trabajo escolar debe ser individual, realizado en forma aislada, basado en las experiencias y actuaciones personales, en interacción con el profesor.

Es común confundirse con lo que es aprendizaje cooperativo o colaborativo, ya que se han creado algunos mitos o deformaciones, que son convenientes de precisar. Algunas aseveraciones o deformaciones que se hacen al respecto son:

- Las escuelas deben fomentar la competición, porque en el mundo en que vivimos “el pez grande se come al chico”.
- Los estudiantes aventajados resultan perjudicados al trabajar en los grupos heterogéneos de aprendizaje cooperativo.
- Cada miembro de un grupo de aprendizaje cooperativo debe trabajar lo mismo y alcanzar el mismo nivel de rendimiento.
- En el rendimiento cooperativo es conveniente dar una sola calificación grupal, sin considerar los resultados individuales.

- El aprendizaje cooperativo debería convertirse en la única estructura de aprendizaje a emplear, puesto que ha demostrado su efectividad independiente del tipo de materia y actividad escolar.
- El éxito en el empleo de las técnicas de aprendizaje cooperativo estriba en la administración de incentivos o recompensas.
- El aprendizaje cooperativo es simple y de fácil implementación.

El aprendizaje cooperativo como estrategia metodológica de la enseñanza, permite a los educadores darse cuenta de la importancia de la interacción que se establece entre el alumno y los contenidos o materiales de aprendizaje y también plantear diversas estrategias cognitivas para orientar dicha interacción eficazmente. No obstante, de igual o mayor importancia son las interacciones que establece el alumno con las personas que lo rodean, por lo cual, no puede dejarse de lado el análisis de la influencia educativa que ejerce el docente y los compañeros de clases.

Cuando se participa en grupos de trabajo y/o de estudio, de carácter social o de cualquier otra naturaleza, se observa que hay personas que se distinguen por las ideas que aportan y por las acciones que realizan en beneficio de la labor que debe desarrollar el grupo. También se observa que hay personas que hacen lo posible por obstaculizar el trabajo encontrándole a todo dificultades y defectos. En la actividad cooperativa son muy importantes las actitudes y las cualidades favorables del carácter y de la personalidad, pues el buen éxito de la acción cooperativa se apoya en las manifestaciones positivas que permiten alcanzar en la mejor forma posible los objetivos propuestos.

### **Teorías sobre aprendizaje cooperativo**

Las teorías sobre el aprendizaje colaborativo estarán fundamentalmente referidas a las teorías de **David Johnson y Roger Johnson** (1990). Para ellos, la cooperación es trabajar juntos para alcanzar metas comunes, donde los individuos procuran obtener resultados beneficiosos para ellos mismo y para todos los miembros del grupo. Definen el aprendizaje cooperativo como el empleo didáctico de grupos reducidos en los que los alumnos trabajan juntos para maximizar su propio aprendizaje y el de los demás. De esta forma el cooperar es trabajar juntos para el logro de metas compartidas, llamada *interdependencia positiva* entre los miembros del grupo. En dicha situación, el equipo o grupo trabaja en conjunto hasta que

todos sus miembros hayan entendido o completado la actividad con éxito, de manera tal, que la responsabilidad y compromisos con la tarea propuesta sean compartidas.

En una estructura de aprendizaje no sólo deben considerarse las actividades a realizar, sino también la estructura de la autoridad (grado de autonomía que tiene el alumno para decidir y organizar las actividades) y la del reconocimiento o recompensa.

A continuación, en la Tabla 3.2, se muestra un cuadro comparativo de tres estructuras de aprendizaje: individualista, competitivo y cooperativo.

Algunos tipos de grupos que se pueden formar para el trabajo cooperativo escolar:

1. *Grupos formales* de aprendizaje cooperativo, que funcionan por un período permanente que puede ser una unidad temática o un curso de una malla curricular.
2. *Grupos informales* de aprendizaje cooperativo, que tiene como límite una clase, son ocasionales.
3. *Grupos de base* cooperativos a *largo plazo*, son grupos heterogéneos, estables y duraderos, son de tiempo más prolongado.

**Tabla 3.2:**

Cuadro comparativo entre aprendizaje individualista, competitivo y cooperativo.

<b>Estructura de Aprendizaje</b>		
<b>Individualista</b>	<b>Competitiva</b>	<b>Cooperativa</b>
Las metas de los alumnos son independientes entre sí. Los estudiantes piensan sólo en sus metas y no en la de los demás.	Los estudiantes son exitosos si logran sus metas siempre que los otros no lo logren completamente.	Las metas de los alumnos son compartidas. Todos lo logran.
El logro de objetivo de aprendizaje depende de trabajo, capacidad y esfuerzo personal.	Los demás estudiantes son percibidos como rivales o competidores.	Los alumnos trabajan para maximizar el aprendizaje, tanto el propio como el de sus compañeros.
No hay actividades conjuntas.	Los estudiantes son comparados y ordenados entre sí.	El equipo trabaja en conjunto hasta que todos sus miembros han entendido y completado la actividad con éxito.
Es importante el logro y el desarrollo personal.	El alumno siente una mejor calificación cuando sus compañeros han rendido poco.	Es importante la adquisición de valores y habilidades sociales, así como el intercambio de puntos de vista.
	Es importante el prestigio y privilegios alcanzados.	

Componentes básicos para un aprendizaje cooperativo:

- 1) *Interdependencia positiva*. Los estudiantes perciben un vínculo con sus compañeros de grupo, de manera tal que no pueden lograr el éxito sin ellos y viceversa. Todos sus miembros son importantes.
- 2) *Interacción cara a cara*. Los efectos de la interacción social y el intercambio verbal entre los compañeros no pueden ser logrados mediante sustitutos no verbales, por ejemplo, instrucciones o materiales, estos deben convocar a la interacción mutua. Más que estrellas, se necesita gente talentosa que no puede hacerlo por si sola.
- 3) *Responsabilidad y valoración personal*. El propósito de los grupos de aprendizajes es fortalecer académica y efectivamente a sus integrantes. Debe evaluarse el avance personal y grupal, para apoyar mejor aquellas actividades a completar. Debe evitarse el descansar con el trabajo de los demás.
- 4) *Habilidades Interpersonales*. Se debe fomentar las habilidades sociales requeridas para lograr una colaboración de alto nivel y para estar motivados a usarlas. Debe enseñarse a los alumnos a conocerse y confiar en los otros, a comunicarse de manera clara y precisa, aceptarse y apoyarse entre ellos, a resolver conflictos constructivamente.
- 5) *Procesamiento en grupo*. La participación en equipos de trabajo colaborativos requiere ser consistente, reflexivo y crítico respecto al procesos grupal en sí mismo. La reflexión grupal es muy adecuada.

A manera de síntesis sobre el aprendizaje cooperativo, se muestra en la tabla 3.3, los rasgos esenciales comparativos del trabajo en grupo cuando es cooperativo y cuando es tradicional.

**Tabla 3.3:**

Cuadro comparativo entre aprendizaje cooperativo y tradicional.

Grupos de aprendizaje cooperativo	Grupos tradicionales
Interdependencia positiva.	No hay interdependencia.
Valoración individual.	No hay valoración individual.
Miembros heterogéneos.	Miembros homogéneos.
Liderazgo compartido.	Sólo hay un líder.
Responsabilidad por los demás.	Responsabilidad por sí solo.
Enfatiza la tarea y su mantenimiento.	Sólo enfatiza la tarea.
Se enseña habilidades sociales.	Se presuponen las habilidades sociales.
El profesor observa e interviene.	El maestro ignora a los grupos.
Ocurre el procesamiento en grupo.	No hay procesamiento en grupo.

Los elementos teóricos del Aprendizaje Cooperativo anteriormente presentado y sus tablas, corresponden a un enfoque o visión personal del texto: El Aprendizaje Cooperativo en el Aula, de los autores: Johnson, Johnson y Holubec, (1999).

### 3.4. e Learning - Blended Learning

La educación a distancia fue creciendo a lo largo del siglo XX como una vía alternativa de formación, dirigida a aquellas personas que dada su posición geográfica (alumnos en zonas rurales), sus condiciones de trabajo (poco tiempo para atender una enseñanza reglamentada), sus condiciones físicas (personas con movilidad reducida), o por opción personal, elegían una formación más acorde con sus posibilidades. Pero la educación a distancia ha venido adoptando diferentes formatos en función de los avances tecnológicos, así como por la capacidad de los usuarios de aprovechar estos avances. Por lo cual, se puede definir una educación a distancia clásica y otra definición moderna con el advenimiento de la nueva tecnología de la información y comunicación (TIC).

**La educación a distancia** (versión clásica) es aquella en que un alumno y un profesor separados por el tiempo y la distancia, utilizan ciertos medios para comunicarse, tales como: textos escritos (programados), la radio, la televisión, vídeos, cintas de cassette y el uso del teléfono. **La educación a distancia** (versión moderna), llamada elearning se define como el desarrollo de contenidos a través de cualquier medio electrónico, incluyendo Internet, intranet, extranets, satélites, cintas de audio/vídeos, televisión interactiva, y CD. Existen varias denominaciones para este tipo de educación a distancia además de elearning, tales como: teleeducación, teleformación (usado especialmente en España), formación a través de Internet.

La formación a través de Internet es mucho más que acceder a un conjunto de páginas más o menos elaboradas. La formación, dirigida a la enseñanza, debe planificarse, organizarse y apoyarse en los medios necesarios para facilitar la comprensión de los alumnos.

Pero la formación a través de Internet se nos presenta con varios niveles de complejidad y riqueza que es preciso diferenciar. Así lo hace Barron (1998), que establece estos tres niveles:

1. Cursos por correspondencia que utilizan correo electrónico. El alumno recibe los libros y se comunica con el tutor vía correo electrónico.
2. Formación mejorada con la Web. En ella, el formador crea páginas Web con enlaces relevantes para la clase, normalmente como complemento a las clases presenciales. Ésta

es una modalidad abierta y accesible que utiliza los recursos disponibles en Internet: foros de discusión, chats, alojamientos de páginas, formularios, etc. Pero la característica es que no se encuentran integrados.

3. Plataformas de teleformación. Son ambientes de aprendizaje virtuales en los que los alumnos encuentran todo aquello que necesitan para aprender. Plataformas como Blackboard 5, webCT, Learning Space, Moodle o muchas otras que actualmente existen en el mercado están permitiendo un acceso a la teleformación cada vez más amplio y económico.

A continuación se muestran las características más importantes de la formación a través de Internet según el modelo de Khan, 1997.

- a) *Interactiva*: Los alumnos pueden comunicarse unos con otros, con el formador y con los recursos on-line disponibles en Internet. Los formadores actúan como facilitadores que proporcionan apoyo, retroacción y orientación vía comunicación sincrónica (chat) y asincrónica (correo electrónico, listas de discusión...)
- b) *Multimedial*: La formación a través de Internet puede incorporar una variedad de elementos multimedia como textos, gráficos, audio, vídeo, animaciones, etc.
- c) *Sistema abierto*: La formación a través de Internet es un sistema abierto en el que los alumnos tienen libertad para moverse dentro del dispositivo de formación, avanzar a su ritmo y elegir sus propias opiniones.
- d) *Búsqueda on-line*: Los alumnos en formación pueden utilizar como medio de completar su formación los motores de búsqueda disponibles en Internet.
- e) *Independencia de espacio, tiempo y dispositivo*: Los alumnos pueden participar en un curso de formación a través de Internet en cualquier lugar del mundo utilizando cualquier computador en cualquier momento.
- f) *Publicación electrónica*: Internet permite un mecanismo fácil para la publicación, de manera que tanto alumnos como formadores pueden publicar sus trabajos y tenerlos disponibles para una audiencia mundial.
- g) *Recursos on-line*: Internet proporciona acceso instantáneo e ilimitado a una gran cantidad de recursos de formación, que pueden ser almacenados en el computador del usuario.
- h) *Distribución*: Los documentos multimedia disponibles en Internet se distribuyen en cientos de redes y servidores de todo el mundo, ya que no existe control y cualquiera puede publicar.

- i) *Comunicación intercultural*: La formación a través de Internet permite que alumnos y formadores de diferentes zonas del mundo se comuniquen, lo que permite compartir diferentes puntos de vista y orientaciones.
- j) *Multiplicidad de expertos*: La formación a través de Internet permite incorporar a la formación expertos de diferentes zonas geográficas y áreas de trabajo.
- k) *El alumno controla el aprendizaje*: La formación a través de Internet permite crear un ambiente de aprendizaje democrático en el que el alumno puede influir en lo que se aprende y en el orden en que se aprende. Los alumnos pueden controlar y elegir el contenido, el tiempo, la retroalimentación, etc.
- l) *No discriminación*: La formación a través de Internet facilita un acceso democrático al conocimiento independientemente del lugar donde se vive, de las limitaciones de movimiento, de lengua, edad, etnia, etc. Igualmente facilita una comunicación más abierta y sin inhibiciones.
- m) *Costo razonable*: La formación a través de Internet tiene un costo razonable para los alumnos, los formadores e instituciones. Los gastos de transporte y texto para los alumnos son mínimos. Se reducen los costos de aulas, instalaciones, equipos, etc.
- n) *Facilidad de desarrollo y mantenimiento de cursos*: Las páginas de los cursos pueden ser actualizadas de forma permanente y en cualquier lugar donde se encuentre el formador.
- o) *Autonomía*: Un curso de formación a través de Internet es autónomo, es decir, se puede desarrollar completamente on-line: contenidos, actividades, evaluación, comunicación.
- p) *Seguridad*: En un curso de formación a través de Internet sólo los formadores pueden modificar o alterar la información que se presenta. Además, los alumnos disponen de una contraseña para entrar en el curso.
- q) *Aprendizaje colaborativo*: La formación a través de Internet favorece la colaboración, discusión e intercambio de ideas para la realización de actividades del curso.
- r) *Evaluación on-line*: La formación a través de Internet incorpora la posibilidad de evaluación on-line de los alumnos y del formador a través de tests incorporados en el programa.

La teleformación permite realizar entre diferentes situaciones de enseñanza. A continuación, se presenta, en la tabla 3.4, un cuadro comparativo entre una clase tradicional o una clase utilizando los recursos de Internet.



## Modelo de Khan

La Teleformación como fenómeno puede tener diferentes miradas. De acuerdo a lo revisado hasta ahora, la Teleformación se nos presenta como una innovación que nos permite conseguir una formación más flexible, distribuida y abierta. Un autor pionero en el campo de la Teleformación, Badrul H. Khan, editor de dos monográficos sobre el tema (1997, 2001) ha propuesto un modelo que se considera de interés para identificar diferentes niveles de discurso en relación con la formación a través de Internet. Este modelo incluye ocho dimensiones, como vemos en la figura 3.3.

**Tabla 3.4:**

Cuadro comparativo formación tradicional y teleformación.

Situación de aprendizaje	Formación tradicional	Teleformación
Completamente Sincrónica	Sesión de clase típica en la que interviene un formador y varios o muchos estudiantes.	La clase en su totalidad se reúne vía Internet en un chat. Los participantes presentan ideas a la clase usando texto, audio o vídeo en tiempo real.
Parcialmente sincrónica	Grupos de estudiantes se reúnen fuera del horario de clase para realizar algunas tareas.  El formador se reúne con alumnos, individualmente o en grupo, durante las horas de tutorías.	Grupos de estudiantes se reúnen mediante chat para realizar una tarea puesta en Internet.  El formador utiliza las horas de tutorías para asesorar mediante chat a alumnos individuales o grupos de alumnos.
Asincrónica	Los alumnos completan tareas asignadas individualmente, realizando principalmente lectura y escritos que entregan al formador.  Se utiliza la biblioteca como recurso de información.	Los alumnos descargan tareas y recursos de información desde la Web de su clase. El formador proporciona a los alumnos tutoría vía correo electrónico.  Los alumnos tienen acceso a la información relevante de Internet a través de enlaces propuestos por el formador u otro alumno.



Figura 3.3:  
Modelo de Khan

La dimensión **Pedagógica** hace referencia a aquellos aspectos que tienen que ver con enseñar o aprender mediante Teleformación. Se refiere a los objetivos de la formación, sus contenidos, organización, metodología y estrategias didácticas. Son los componentes fundamentales en toda acción de formación y que, en Teleformación, deben ser tenidos en cuenta de manera particular y diferenciada respecto de la formación presencial.

La dimensión **Tecnológica**, inevitablemente presente, hace referencia a las plataformas utilizadas para introducir la teleformación, así como al *hardware* y *software* que son necesarios para su seguimiento.

Una tercera dimensión para analizar la Teleformación corresponde con el **Diseño de la Interface** de interacción entre el alumno y la acción de formación. En esta dimensión es necesario analizar los componentes de diseño, de usabilidad, navegación y diseño de contenidos de las páginas que los alumnos deben leer.

La **Evaluación** configura un espacio necesario en toda acción de formación. Plantearemos que la evaluación en Teleformación no debe ser sólo del nivel de satisfacción de los alumnos sino que nos permite obtener más información acerca del desarrollo del curso, así como de los aprendizajes de los mismos.

Otro elemento a tener en consideración es la **Gestión**, que desde el punto de vista de Khan, corresponde a los aspectos relacionados con el mantenimiento de la plataforma tecnológica (presupuesto, sistemas de seguridad, actualización de contenidos, derechos de

autor de contenidos, clave de acceso para los alumnos, seguimiento de los alumnos, etc.) y con la distribución de la información (materiales on y off-line, programa del curso, anuncios, exámenes de los alumnos, guías para los alumnos, tutorías, etc.).

Un sexto elemento a considerar se refiere a los **Apoyos** y asesoramientos que los alumnos deben recibir a lo largo del curso. Las tutorías generalmente se refieren a aspectos técnicos (al principio los alumnos necesitan información para resolver los problemas que se van encontrando) y, posteriormente, empiezan a estar relacionadas con los contenidos a aprender.

Una dimensión interesante que presenta Khan es la relacionada con los aspectos **Éticos** derivados de la Teleformación. Si la Teleformación pretende ser accesible a cualquier persona en cualquier parte, debe ser sensible a la diversidad social, cultural, de género, de alumnado, geográfica y de acceso a la información. Estos aspectos incluyen también los temas relacionados con la privacidad de las comunicaciones entre los alumnos, la prevención de plagios o la divulgación de los trabajos de los alumnos.

Finalmente, Khan señala que las **Instituciones** que se arriesgan a desarrollar Teleformación no pueden actuar como francotiradoras o impulsadas por modas. Hacen falta decisiones estratégicas que conduzcan a un compromiso de la institución y de los docentes que en ella trabajan para que crean en el proyecto. Pero también se requieren modificaciones de los servicios que los estudiantes disfrutan para que la Teleformación les sea accesible: ayudas financieras, librerías electrónicas, orientaciones, etc.

### **Enseñar y aprender mediante la teleformación**

La irrupción de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación han dejado desplazado a muchos especialistas en enseñanza y aprendizaje. Por una parte, los incrédulos insisten en desarmar los argumentos a favor del verdadero cambio que se está produciendo, argumentando que ya otras tecnologías han venido a ofrecer horizontes de modernidad que después se han visto frustrados por innumerables resistencias y dificultades de aplicación y uso. Otros, convencidos de las potencialidades que Internet está teniendo para la formación, echan mano de modelos clásicos, tradicionalistas, para dar respuestas a los problemas pedagógicos que continuamente se nos presentan.

La teleformación incorpora un cambio de paradigma pedagógico, centrado en el aprendizaje más que en la enseñanza. Por ello es muy importante cuidar la organización y disposición de los contenidos de aprendizaje, así como de la orientación del aprendizaje de los

alumnos mediante tareas individuales y en grupo, con un seguimiento permanente por parte del tutor. Se trata, por lo tanto, de un modelo de formación centrado en problemas, donde los alumnos no son meros receptores pasivos de datos estáticos, sino que deben resolver problemas, utilizando para ello los contenidos adquiridos.

Sin embargo, la simple selección de medios y recursos interactivos y su incorporación en un diseño global de entorno de Teleformación no garantizan por sí mismos la efectividad de los resultados de aprendizaje. Tales decisiones deben estar sustentadas sobre la base de una teoría del aprendizaje que las justifique y delimite. La tecnología ofrece múltiples posibilidades, pero no deja de ser un medio para instrumentalizar las acciones formativas.

### **Situaciones de aprendizaje**

En los estudios sobre la formación, se han venido distinguiendo diferentes modelos. Los modelos de formación se pueden entender como formas de organizar el aprendizaje de las personas. Así, se pueden identificar tres modalidades de formación, cada una de las cuales representan categorías de aprendizaje diferentes (Chang -Simpson, 1997).

#### **1. Aprendizaje formal**

La formación presencial constituye, sin duda, la modalidad formativa más extendida. Típicamente, los cursos implican la presencia de un formador que es considerado experto en un ámbito del conocimiento disciplinario, el cual determina el contenido, así como el plan de actividades. Las sesiones suelen desarrollarse con gran claridad de objetivos o resultados de aprendizaje, relacionados con la adquisición de conocimientos y destrezas. Aunque la formación se orienta de forma homogénea al grupo en conjunto, el aprendizaje se entiende como un proceso individual. En Teleformación, esta modalidad va a estar muy presente, ya que le corresponde a los formadores elegir y ordenar los contenidos para aprender. Tiene cabida en actividades de aprendizaje con un mayor grado de estructuración: videoconferencias dirigidas por algún experto en la materia, materiales y contenidos de aprendizaje mínimos que deben cubrirse con vistas a la certificación, etc.

#### **2. Aprendizaje no formal (en grupo y autónomo)**

En muchas ocasiones aprendemos con otros realizando tareas grupales. El aprendizaje cooperativo comprende aquellos procesos formativos que se orientan al grupo. Esto implica no sólo que las actividades de aprendizaje se realizan con otros compañeros, presentes físicamente o no, en un contexto de interacción y colaboración, sino que las metas y

resultados de ese aprendizaje son también de carácter esencialmente grupal. Por lo tanto, lo que identifica a esta modalidad formativa es el carácter compartido de las metas de aprendizaje. La redacción conjunta de un informe, el diseño compartido de un proyecto de investigación y la negociación de alternativas de solución a un problema planteado constituyen algunos ejemplos de aprendizaje cooperativo. En la formación a través de Internet, el aprendizaje colaborativo puede facilitarse mediante herramientas sincrónicas o asincrónicas (tales como el chat, el correo electrónico o las listas de distribución y foros). Pero, además de estos instrumentos de comunicación ya convencionales, existen distintos tipos de software destinado específicamente al trabajo cooperativo, que permiten trabajar serial y/o simultáneamente en un mismo fichero, contemplar la interfaz de una unidad remota, etc.

Por otra parte, la *autoformación* parte del supuesto de que cualquier profesional es un individuo capaz de iniciar y dirigir por sí mismo procesos de aprendizaje y formación, lo cual es coherente con los principios del aprendizaje adulto. Se trata de un tipo de formación básicamente abierta y no planificada, donde la experiencia sirve como argumento para el aprendizaje y la reflexión juega un importante papel. Teniendo en cuenta que el desarrollo profesional no es un proceso equilibrado, sino que pasa por distintos momentos, los ciclos autoformativos ofrecen la oportunidad de considerar la propia experiencia sobre la que se sitúa el foco de la reflexión y el aprendizaje. En Teleformación, el *carácter opcional e interactivo de los contenidos*, así como la posibilidad de presentar la información en distintos formatos, permiten diseñar propuestas autoformativas en un entorno altamente personalizable. De entre la variedad de recursos y fuentes de información disponibles, el individuo selecciona su propio itinerario formativo en función de sus propios intereses y necesidades de aprendizaje, y va avanzando a través de dicho itinerario a su propio ritmo. No se espera que cubra la totalidad de los contenidos propuestos, sino aquellos que presentan una mayor relevancia para el alumno. Un proceso de este tipo, no obstante, presupone un grado de madurez considerable en el alumno, y exige a su vez que el formador-tutor desempeñe un rol de orientación y apoyo.

### **3. Aprendizaje informal**

En muchas ocasiones aprendemos cosas sin que nos lo hayamos propuesto. Observamos a alguien haciendo algo, leemos un artículo que por casualidad hemos encontrado, accedemos a una página de internet que nos proporciona información que no

buscábamos pero que resulta de nuestro interés, etc. El aprendizaje informal es, por su propia naturaleza, una modalidad formativa abierta y no planificada, y como tal, diferenciada del aprendizaje formal. En Teleformación, las listas de discusión y las *news* (servicio de noticias para grupo de usuarios) constituyen herramientas que facilitan el intercambio de informaciones, materiales, opiniones, etc., con vistas a responder a alguna demanda planteada más que a alcanzar algún producto final consensuado. Este tipo de situaciones no tienen por qué ser necesariamente informales; es posible estructurar el proceso con la intervención de un formador que actúe como mediador y/o facilitador de las interacciones.

### **Aprendizaje y Teleformación**

Independientemente de las decisiones que se deban tomar en relación con los contenidos, las actividades, las comunicaciones o las evaluaciones, una primera decisión que debe adoptarse cuando desarrollamos Teleformación se refiere a qué características tendrá el ambiente de aprendizaje en el que los alumnos se van a situar a lo largo de su acción formativa. Si en enseñanza presencial los alumnos asisten a clases en universidades que disponen de bibliotecas, salas de informática (o computación), laboratorios, bar, despachos, etcétera, en Teleformación debemos reproducir o mejorar, si es posible, el entorno de aprendizaje de los estudiantes. Para ello, las instituciones que desarrollan este sistema vienen utilizando plataformas tecnológicas que facilitan la creación de dicho entorno. Plataformas tecnológicas que más adelante trataremos con más detalle. Para construir un adecuado ambiente de aprendizaje necesitamos basarnos en algunas teorías que vengan a responder a la pregunta ¿cómo aprendemos? En este sentido, las teorías que intentan explicar cómo se produce el aprendizaje son múltiples. Un cierto análisis de algunas de ellas, sin embargo, parece necesario para que el diseño de cualquier entorno de Teleformación esté fundamentado en una serie de pilares que optimicen el logro del aprendizaje. Lo que se presenta a continuación no es una síntesis exhaustiva, sino más bien una selección de aquellas propuestas teóricas que pueden tener una mayor aplicación para el aprendizaje adulto y a distancia en estructuras hipertextuales (Abbey, 2000).

### **Teorías constructivistas**

¿Cómo encajan los nuevos conocimientos que adquirimos con los que ya poseíamos?  
¿Somos un vaso vacío que vamos llenando con nuevos conocimientos? Las teorías

constructivistas ponen su énfasis en considerar que aprender no es una tarea pasiva, sino que aprendemos haciendo e incorporando lo nuevo que conocemos en los esquemas que ya poseíamos. Podemos apuntar dos premisas básicas de esta teoría:

- a) El aprendizaje es significativo (es decir, tiene significado para un individuo) cuando consigue conectar las ideas y esquemas de conocimiento que ya posee con los nuevos contenidos que se presentan.
- b) El formador tiene un papel crítico en modelar (andamiaje) la comprensión de los nuevos contenidos que se presentan, detectando a través del diálogo sus lagunas y presentando la información en un formato adecuado a su nivel actual de conocimientos.

La teoría se orienta a la forma de presentar y organizar aquellos contenidos de aprendizaje que propician una instrucción más directa o guiada, y enfatiza la necesidad de proporcionar un marco de ideas al cual poder incorporar los contenidos a aprender. La estructuración de los contenidos de forma relacionada y con complejidad creciente puede facilitar el aprendizaje significativo. Otra estrategia consiste en acompañar la presentación de los contenidos de ayudas visuales, tales como mapas conceptuales, mapas de competencias, diagramas, etc. (Leflore, 2000).

En el campo de la investigación sobre el hipertexto se ha puesto de manifiesto la relevancia de este tipo de estrategias para la presentación de la información en estructuras hipertextuales:

1. Se puede aprovechar el carácter hipertextual de la web para presentar los contenidos con niveles crecientes de profundidad (organización espiral en lugar de lineal).
2. El uso de mapas conceptuales facilita la navegación, ayuda a integrar los conocimientos previos con los nuevos y ofrece una síntesis visual de los contenidos de aprendizaje próxima a la estructura de conocimiento del experto.

### **El aprendizaje situado**

¿Por qué ocurre en muchas ocasiones que lo que aprendemos en un curso, después no nos sirve para nuestro trabajo? ¿Por qué tenemos tantas dificultades para transferir lo que hemos aprendido a nuestra propia realidad? La Teoría del Aprendizaje Situado señala que no debería existir mucha distancia entre el nuevo conocimiento que aprendemos y los problemas

que ese nuevo conocimiento ayuda a resolver. La Teoría del Aprendizaje Situado propone la formación que resuelve problemas reales y utiliza un lenguaje práctico. Entre sus ideas principales destaca que el conocimiento no puede adquirirse al margen del contexto en el que se produce. Ese contexto debería ser lo más parecido posible a aquel en el que posteriormente se va a aplicar lo aprendido (Marx et al., 1998). Internet, y más específicamente la naturaleza hipermedia de la web, se presenta como un vehículo idóneo para la creación de entornos constructivistas. Desde el enfoque socio-cultural se nos ofrecen orientaciones para explotar las múltiples herramientas de comunicación que nos proporciona la red. Las principales son:

- Ofrecer posibilidades de aplicar el conocimiento en *contextos auténticos*, proponiendo actividades de solución de problemas como parte misma de la presentación de los contenidos.
- Proporcionar un *amplio número de recursos* que permitan un análisis de los problemas desde diversas perspectivas: fuentes de información diversas, formas diferentes de representación de los contenidos (documentos, gráficos, vídeos, animaciones, etc.).
- Fomentar las interacciones *formador-alumno* y *alumno-alumno* como instrumento para modelar la comprensión y puesta en práctica de las destrezas implicadas. Los alumnos y el formador, por tanto, se entienden también como recursos para el aprendizaje.
- Proporcionar una *evaluación del aprendizaje integrada* dentro de las mismas tareas.

### **Flexibilidad cognitiva**

¿De cuántas maneras podemos ver una misma realidad? Seguramente pensamos que depende de a cuántas personas se lo preguntemos. Muchas veces agradecemos que otras personas nos den su punto de vista porque nos ayuda a ver las cosas desde una perspectiva diferente. La vida, a veces, es como un caleidoscopio que cambia dependiendo de la orientación que demos al prisma que lo contiene. Y este elemento es el que destaca la teoría de la flexibilidad cognitiva; la idea de flexibilidad, entonces, se relaciona con la necesidad de formar personas para que puedan dar respuesta a situaciones que habitualmente no exigen una única salida. Esta flexibilidad tiene implicaciones importantes para la organización de los contenidos y las tareas de aprendizaje en dominios complejos y poco estructurados. Puesto que se parte de que un determinado ámbito de conocimiento es complejo, y de que el alumno debe aprender a hacer uso de él de forma flexible, se hace hincapié en mostrar las relaciones



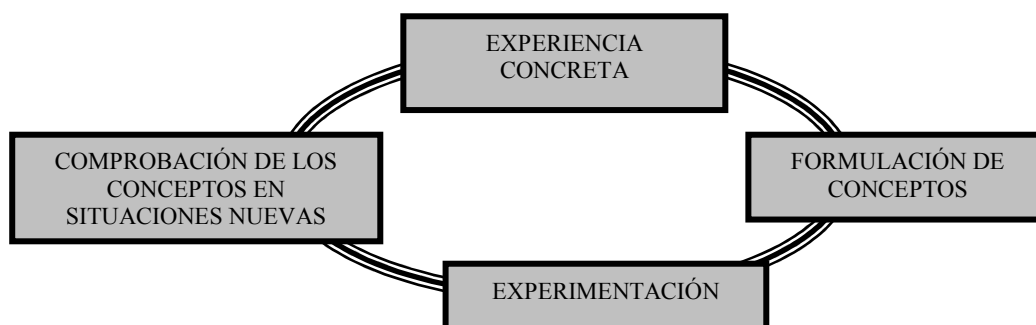
entre las distintas ideas y contenidos, en lugar de presentarlos de forma fragmentada. Para que sea posible transferir el conocimiento y las destrezas a situaciones reales distintas de la situación inicial de aprendizaje, es necesario que la información se presente desde perspectivas múltiples, y que se ofrezcan varios casos de estudio que ilustren el contenido en cuestión. La Teoría de la Flexibilidad Cognitiva es especialmente útil para el diseño de ambientes de aprendizaje en los que, partiendo de las posibilidades del hipertexto, se ofrece a los usuarios la oportunidad de optar en función de sus propios intereses y necesidades formativas. Señalamos a continuación algunas implicaciones importantes que se derivan para la Teleformación:

- Los contenidos deben presentarse desde *múltiples perspectivas*, evitando la simplificación y fomentando el uso de diversas fuentes de información disponibles (incluyendo, por ejemplo, vínculos con webs relacionadas en Internet)
- La instrucción debe basarse en el uso de *casos prácticos* que proporcionen experiencias de aprendizaje ricas, diversas y contextualizadas.

### El aprendizaje experiencial

Más que una teoría, el aprendizaje experiencial constituye un modelo de aprendizaje adulto. Como tal, tiene sus bases en buena parte de los principios que definen tal aprendizaje. La idea fundamental de Kolb (1984) señala que los adultos organizan su aprendizaje a partir de tareas de solución de problemas, y que ese aprendizaje será más motivador y provechoso cuando presente una relevancia inmediata para su trabajo o su vida personal. Por lo tanto, los contenidos deben estar encajados en la realidad a la que se han de aplicar, y deben servir para resolver problemas prácticos.

Desde esta teoría y, como aparece en la figura 3.4, el aprendizaje se concibe como un ciclo de cuatro etapas:



**Figura 3.4:** Etapas del aprendizaje experiencial.

Así, se propone que las personas, y fundamentalmente las personas adultas, aprendan de manera cíclica. Se parte de la experiencia, pero a ésta le sigue la reflexión, el planteamiento de dudas y cuestiones, lo que sabemos y lo que desconocemos; la experiencia, incluyendo los errores y lagunas, constituyen la base para las actividades de aprendizaje. Sólo a partir de ahí es posible empezar a encajar el desarrollo de los contenidos. La teoría también posee relevancia porque, además de sugerir una rueda cíclica de aprendizaje, postula la existencia de distintos estilos de aprendizaje en función de la preferencia por alguno de los momentos del ciclo. Así no es posible homogeneizar las rutas de aprendizaje; cada sujeto suele mostrar cierta preferencia por determinada forma de aprender: algunos, por ejemplo, aprenden mejor manejando conceptos abstractos, mientras que otros prefieren las experiencias concretas y la experimentación activa. Una de las claves para poder atender a la diversidad de preferencias dentro del aprendizaje adulto reside en considerar constructos como el de estilo de aprendizaje el que se entiende como el conjunto de rasgos (cognitivos, afectivos, etcétera) que determinan en un sujeto una preferencia especial por aprender de una forma determinada y con una serie de recursos en lugar de otros. Atender a los estilos de aprendizaje al planificar la teleformación tiene sentido ya que, a diferencia de lo que ocurre con tareas memorísticas y mecánicas, cuando lo que está implicado es un aprendizaje profundo, los estudiantes suelen diferir significativamente en su modo de afrontar las tareas. Así, por ejemplo, algunos adultos necesitan más dirección y estructura a la hora de conducir su propio aprendizaje. Además, la consideración de los estilos de aprendizaje constituye una constante en el estudio de las variables personales que determinan la persistencia en la educación a distancia. Tener en cuenta los distintos estilos de aprendizaje de los adultos permite disponer de pistas para la selección de materiales de enseñanza, la presentación de la información, creación de grupos de trabajo, el establecimiento de procedimientos de *feedback* y evaluación, etc.

La teoría de Kolb nos llama la atención sobre el hecho de que el aprendizaje de las personas adultas presenta una serie de rasgos o principios específicos que deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar acciones formativas. Entre otras, se puede señalar las siguientes implicaciones:

- Se debe tender a organizar la formación en torno a casos prácticos y experiencias relevantes y seleccionar contenidos de aprendizaje que tengan utilidad para resolver los problemas reales con los que se encontrará el sujeto.
- Los recursos de aprendizaje deben ser lo suficientemente variados como para dar

cabida al amplio bagaje de experiencias y conocimientos de los sujetos, así como sus tipos o estilos de aprendizaje preferidos. Es conveniente aprovechar la organización hipertextual de las webs para permitir que cada sujeto organice y dirija sus propias rutas de aprendizaje en función de sus intereses, necesidades y estilos preferidos.

### **Principios a tener en cuenta para un aprendizaje a través de Internet**

La tarea como formadores es diseñar ambientes de aprendizaje que ayuden a los alumnos a aprender. El énfasis está más centrado en el aprendizaje que en la enseñanza. Para guiar este proceso se requieren algunos principios de procedimiento. Son los que se describen a continuación, entendiendo que el aprendizaje a través de Internet debería ser:

- a) *Activo*: los alumnos no pueden permanecer pasivos a la espera de que el conocimiento les venga dado, sino que deben ser partícipes en la construcción del conocimiento y deben desarrollar habilidades como la capacidad de búsqueda, análisis y síntesis de la información.
- b) *Abierto*: se debería propiciar la capacidad de aprender de forma autónoma. Ello significa que no todo hay que entregarlo, sino que deben existir áreas de conocimiento que los propios alumnos indaguen.
- c) *Colaborativo*: el alumno, además de adquirir conocimientos, debe desarrollar habilidades para relacionarse con los demás, saber escuchar, respetar a los demás, saber comunicar las ideas, etcétera.
- d) *Contextualizado*: la enseñanza debe presentar a los alumnos situaciones reales, auténticas, a través de casos que permitan situar el nuevo conocimiento en un contexto real.
- e) *Constructivo*: la nueva información se elabora y construye sobre la anterior, contribuyendo a que el alumno alcance un verdadero aprendizaje.
- f) *Orientado a metas*: los objetivos de aprendizaje se hacen explícitos y el alumno tiene facilidad para elegir el camino que quiere seguir para alcanzar estas metas.
- g) *Diagnóstico*: se parte de un diagnóstico para conocer el punto de partida de los alumnos de forma que se pueden ir haciendo evaluaciones y comprobando el progreso en su aprendizaje.
- h) *Reflexivo*: se propicia la reflexión, así los alumnos tienen la oportunidad de ir tomando conciencia sobre cómo aprenden con el fin de introducir mejoras en dichos procesos.
- i) *Multimedia*: se debe proporcionar a los alumnos información procedente de diferentes

fuentes: sonido, imagen fija, en movimiento, demostraciones, texto, etc.

- j) *Flexible*: se debe dar opción a los alumnos de aprender en el momento que estimen oportuno. Además, la flexibilidad promueve una visión de los contenidos a aprender más abierta y diversa.

Estos principios, cuando se llevan a la práctica, representan una manera diferente de entender la enseñanza. Enseñar a través de Internet requiere asumir una diferente posición respecto a lo que entendemos por enseñanza y el papel del formador (Collis, 1998). Destacamos algunos de estos cambios:

- De una formación general dirigida a un conjunto de alumnos se pasa a una formación individualizada que atiende a las necesidades y características de cada estudiante.
- De la clase magistral y la exposición oral, hacia un enfoque constructivista, centrado en el aprendizaje del alumno quien participa de lleno en su propio desarrollo personal.
- De trabajar con los mejores alumnos a trabajar con todos, se respeta el ritmo individual de aprendizaje de cada alumno, todos alcanzan los objetivos, pero según sus propios intereses, para ello se establecen diferentes vías de acceso a los contenidos, distintos tipos de actividades, etc.
- Los estudiantes se vuelven más *comprometidos con las tareas* y con su propio aprendizaje de manera que se involucran de lleno en el proceso de enseñanza.
- De una evaluación basada en exámenes a una *evaluación basada en productos*, en el progreso y en el esfuerzo de los alumnos.
- De una estructura competitiva a una *estructura cooperativa*, se fomenta el trabajo en grupo con los demás alumnos, con el fin de promover valores y actitudes que capaciten a los estudiantes a vivir en comunidad.
- De programas educativos homogéneos hemos pasado a la *selección personal de contenidos*, que podemos adaptar a los intereses y necesidades de los alumnos, proporcionándoles diferentes opciones a la hora de presentarles los contenidos y actividades.
- De la primacía del pensamiento verbal, caminamos hacia la *integración del pensamiento visual y verbal*, la presentación de la información se hace a través de diferentes formas que ayudan a los alumnos a la comprensión y recuerdo de los contenidos presentados.

## Perfiles y competencias de los telealumnos y teleformadores

La utilización de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje implica una serie de cambios en los roles que han venido asumiendo alumnos y formadores en los procesos formativos tradicionales. Cabe plantearse, entonces: ¿qué características debe reunir un sujeto determinado para llegar a ser un buen telealumno?, ¿puede cualquier formador tutorizar un curso de teleformación?, ¿qué nuevos perfiles formativos demanda la teleformación?

### *El teleformador*

El modelo de aprendizaje centrado en el alumno que adopta la Teleformación (Marcelo et al. 2000) comporta importantes connotaciones en cuanto al rol del formador. Este debe ajustarse a un perfil correspondiente al resultado de sus características pedagógicas, su capacidad como animador y facilitador del aprendizaje, además de sus destrezas técnicas. En fin, el formador se presenta como un profesional con distintas áreas específicas:

- Diseñador de ambientes de aprendizaje.
- Diseñador de contenidos formativos.
- Diseñador de actividades de aprendizaje.
- Diseñador gráfico.
- Tutor de alumnos de forma individual y grupal.
- Gestor de programas de formación.

Todos estos roles no tienen por qué ser desempeñados en su totalidad por la misma persona; de hecho, es raro que así ocurra, no obstante, al menos tres áreas de competencia son indispensables en cualquier formador que haga uso de la formación a través de Internet :

### *Competencia tecnológica*

Las competencias tecnológicas son imprescindibles para cualquiera de las fases por las que atraviesa un curso de Teleformación (planificación, diseño, implantación, desarrollo, etc.). Por lo general, se debe disponer de la asistencia de un especialista técnico. Deseable es que el formador alcance un nivel óptimo de autonomía en el manejo de aquellas herramientas que le permitirán canalizar la formación a través de Internet. En este sentido, un formador debe poseer:

- Dominio de las destrezas técnicas fundamentales para poder manejar aplicaciones para la formación (cuestiones de *hardware*, gestión de ficheros, navegación, etc.).

- Dominio de destrezas técnicas básicas, tales como el manejo de herramientas de creación (procesador de texto, base de datos, hoja de cálculo, diseñador gráfico, diseñador de aplicaciones multimedia, diseñador de paginas web, software de autor..), aplicaciones de Internet (correo electrónico, listas de discusión, chat, ftp..).
- Interés por renovar y actualizar sus conocimientos y destrezas tecnológicas de forma permanente.
- Capacidad para simplificar los aspectos procedimentales y tecnológicos, de manera que los alumnos se sientan cómodos dentro del entorno de Teleformación y puedan centrarse en cuestiones exclusivamente formativas.

### *Competencias didácticas*

La creación de un curso de formación a través de Internet no consiste en trasladar linealmente los materiales tradicionales a formato html. Se necesitan una serie de competencias didácticas que el formador debe aplicar, especialmente, durante la fase de diseño:

- Conocimiento de las teorías del aprendizaje y de los principios del aprendizaje adulto que se encuentran en la base de las acciones formativas que se pretenden llevar a cabo.
- Dominio del entramado científico y conceptual que define el ámbito de conocimiento sobre el que versan los contenidos de aprendizaje del curso; el formador debe ser un experto en los contenidos de la formación que imparte.
- Capacidad de adaptación a nuevos formatos de instrucción diferentes a los tradicionales.
- Actitud creativa e innovadora ante las múltiples posibilidades que ofrece la red, de manera que se optimice el ajuste entre los recursos e instrumentos empleados y las metas de aprendizaje que se persiguen.
- Dote de comunicación y transmisión que le permitan seleccionar contenidos verdaderamente relevantes y organizarlos de manera significativa.
- Capacidad para diseñar ambientes de aprendizaje pensados para la autodirección y la autorregulación por parte de los alumnos, con múltiples recursos y múltiples posibilidades de exploración y optatividad.
- Capacidad para crear materiales que sean relevantes y que se ajusten a las necesidades formativas de los alumnos, que estén relacionadas con sus experiencias y que sean aplicables a sus situaciones específicas.

### ***Competencia tutorial***

Una vez puesto en marcha el curso de formación, las interacciones formador-alumno determinarán en buena parte la calidad de las experiencias de aprendizaje que se ofrecen. La labor de tutorización y seguimiento que debe desempeñar el formador exige de él una serie de competencias clave:

- Habilidades de comunicación. De tal forma que consiga crear un entorno social agradable, en el que se promuevan unas relaciones óptimas entre los participantes, se desarrollen en ellos el sentido de grupo y se les ayude a trabajar hacia un objetivo común.
- Capacidad de adaptación a las condiciones y características de los distintos usuarios. No se puede pretender que todos los alumnos alcancen el mismo nivel de participación. Algunos aprenden leyendo a otros.
- Orientación realista de la planificación: los niveles de autodirección que se espera que asuman los alumnos requiere un esfuerzo y dedicación generalmente mayores que en las situaciones de aprendizaje convencionales.
- Mentalidad abierta para aceptar propuestas, sugerencias, e introducir reajustes en la planificación inicial del curso.
- Capacidad de trabajo y constancia en las tareas de seguimiento del progreso de cada alumno. Facilitación de *feedback* inmediato, etc.
- Predisposición a asumir un rol polivalente, cuya orientación dependerá de las distintas situaciones: pasar a un segundo plano para promover el aprendizaje entre iguales (también en cuestiones técnicas): saber en qué casos es necesario intervenir y asumir un rol más directivo.

### ***El telealumno***

Hemos hablado de los teleformadores, pero ¿qué decir de los telealumnos? En Teleformación, es éste uno de los factores que más afectan a los profesores que inician su labor. Si en la formación tradicional el grupo curso es relativamente homogéneo en cuanto a su ámbito geográfico, social, físico o étnico supone un añadido a la concepción normal del alumno en clase.

La diversidad de los alumnos no debe entenderse como una limitación en Teleformación, al contrario, puede ser un enriquecimiento evidente de puntos de vista y experiencias que hacen que los alumnos puedan verse implicados y permitan el aporte de su propia especificidad. La diversidad de alumnos debe atenderse y gestionarse adecuadamente para que los profesores no se vean desbordados. Por ello, los cursos a través de Teleformación requieren de los estudiantes que realizan una presentación personal, que puede incluir la realización de una página propia.

En Teleformación, como vemos, no podemos continuar hablando del alumno-tipo. Debido a las posibilidades que nos ofrece la formación a distancia, el alumno es cada vez más diverso: profesionales en ejercicio, desempleados, amas de casa, jubilados, etc. Todos se consideran alumnos con motivación para aprender, pero con diferentes motivos para formarse. Algunos elementos comunes son:

- Muchos estudiantes de educación a distancia son adultos, tienen trabajo y familia. Por lo tanto, deben coordinar diferentes áreas de sus vidas puesto que unas se influyen a otras: familias, trabajo, esparcimiento y estudio.
- Los estudiantes de educación a distancia tienen muchos y diferentes motivos para realizar un curso de este tipo. Algunos lo hacen para obtener un título, otros por progresar en el trabajo, otros por mero interés personal.
- En la educación a distancia el alumno generalmente está aislado. Los elementos de motivación que surgen normalmente del contacto con otros alumnos, aquí no se dan. También está ausente la presencia física del profesor como elemento de motivación.
- Los estudiantes a distancia y sus formadores normalmente tienen poco en común en términos de antecedentes y experiencia diarias y, por lo tanto, lleva más tiempo construir una relación de confianza entre el formador y el alumno.
- En situaciones de educación a distancia, la tecnología normalmente es el medio a través del cual fluye la información y la comunicación. Por ello resulta importante el dominio técnico de los medios.

Entre el conjunto de rangos de personalidad que determinan una disposición favorable para aprender en teleformación, los siguientes constituyen los más relevantes, tal como fueron identificados en el estudio desarrollado por FUNDESCO (1998):

- Concienciación de la necesidad de aprender continuamente y aplicar esos conocimientos.



- Responsabilidad y madurez para ser constantes en el autoaprendizaje y administrar el propio tiempo sin necesidad de la presencia física y el reconocimiento permanente de otra persona: capacidad de autoestudio.
- Disciplina y constancia en el uso de los recursos ofrecidos: capacidad para diseñar y controlar un esquema de horarios.
- Automotivación para el desarrollo propio y el deseo de aprender más sin depender excesivamente de condiciones extrínsecas.
- Creatividad y capacidad de adaptación a nuevas formas de trabajo y aprender.
- Autoestima y confianza en las propias capacidades de afrontar con éxito experiencias de aprendizaje autodirigidas.
- Equilibrio en la distribución de los tiempos de trabajo, aprendizaje y ocio.
- Actitud positiva frente a lo nuevo y capacidad de esfuerzo y autosuperación
- Habilidad de comunicación e interacción con el resto de alumnos y el tutor, aun cuando ésta tenga lugar por medios tecnológicos y sin la presencia física de las personas; capacidad de colaboración y trabajo en grupo.

En el ámbito de la vida profesional también hay una serie de indicadores que favorecen un rendimiento positivo por parte del telealumno:

- Claridad de objetivos en cuanto a los resultados de aprendizaje que se desean obtener, dado que la Teleformación permite que el usuario construya su propia experiencia de aprendizaje en función de sus intereses y necesidades formativas específicas.
- Experiencia laboral en el campo al que va dirigida la Teleformación, de manera que el sujeto conozca qué destreza y conocimientos le van a resultar útiles en el contexto del trabajo específico.
- Capacidad de planificación de tareas realista y detallada.
- Flexibilidad para adaptarse a nuevas formas de aprendizaje poco afines a los esquemas formativos tradicionales.
- Capacidad de aprender a emprender, que se está convirtiendo en un atributo necesario para los nuevos trabajadores, y también para aquellos que se embarcan en experiencias de Teleformación.
- Capacidad de participación/interacción en el grupo virtual que constituirán sus compañeros de estudio.

- Competencia técnica en el manejo y uso de las nuevas tecnologías, así como una actitud favorable hacia las mismas.
- Disponibilidad de tiempo para la formación, dentro o fuera del horario laboral, según los criterios propios de la empresa.
- Adaptación a las políticas formativas de la propia empresa, a su cultura.

### **Medios de comunicación en Teleformación**

A continuación se presentan tres recursos o medios de comunicación para realizar Teleformación o elearning: las páginas Web, las aulas virtuales y las plataformas tecnológicas.

La Web (Barron 1998) es un lugar interactivo en el que se tiene acceso a toda serie de contenidos y una herramienta de trabajo clave para nuestro futuro. Trabajar, estudiar y diseñar desde un principio la complejidad de esa interacción hará posible clarificar toda una serie de criterios que conviertan la navegación por la Web en algo claro, sencillo y fácil. Por lo tanto, lo que pretendemos es plantear una reflexión sobre la especificidad del diseño gráfico de la Web, así como una reflexión y análisis de la navegación por los sitios web que lleven a crear y diseñar páginas sencillas y que los contenidos estén realmente adaptados a esta nueva forma de comunicar.

#### **a) La página Web**

La experiencia como usuarios es darnos cuenta de lo importante que es encontrarse con páginas estructuradas con un esquema de navegación que nos permita, de forma clara, encontrar lo que estamos buscando. Cada vez es más importante que los usuarios puedan aproximarse a unas páginas estructuradas en función de las necesidades de los mismos, y con un esquema de navegación que le permita encontrar de forma intuitiva lo que está buscando. A continuación, se exponen algunas ideas de cómo estructurar el espacio de la pantalla, el tiempo de respuesta que debería tener la página, los criterios que deberíamos seguir para tratar los enlaces y la posibilidad de ofrecer la impresión de los contenidos ofrecidos en la página a los usuarios.

##### **a.1) Espacio de la pantalla**

Una de las primeras ideas que deben presidir la creación de una página es la de que el contenido despierte la atención del usuario. Parece obvio, pero nos encontramos con páginas

en las que el espacio útil de la información está ocupado para otros menesteres. Por eso, es importante que se tenga claro cómo va a ser la estructuración de la información en la pantalla, líneas, espacios en blanco, agrupaciones, tablas, composición, botones de navegación. Disponer de un espacio con unas posibilidades que debemos aprovechar al máximo, teniendo en cuenta que es inevitable perder cierta parte de ese espacio debido al propio diseño del navegador y las características de la propia interface del sistema operativo.

El contenido es lo más importante en cuanto al diseño de la información. Por lo tanto, el espacio utilizable de pantalla debe ser ocupado en un porcentaje alto. Es preferible, como norma, que los contenidos lleguen a ocupar hasta un 80% dejando el restante 20% para las opciones de navegación y diseño. Se puede establecer un principio general en el diseño de interfaces eliminando todos los elementos de diseño uno a uno. Si el diseño funciona y no altera los contenidos podríamos prescindir de él. La sencillez es el criterio que debe prevalecer en el diseño de páginas web.

### **a.2) Tiempo de respuesta**

Las páginas web deben ser diseñadas pensando en la rapidez. Se sabe que la rapidez de respuesta en la Web no depende directamente del diseño de una página. Pero también se sabe que muchas de las páginas que descargamos no están diseñadas para que contribuyan a mejorar el tiempo de respuesta. Por lo tanto, podemos observar que el diseño puede contribuir a que ese tiempo de respuesta sea lo más breve posible. Todo lo que se pueda hacer para estabilizar y reducir los tiempos de respuesta redundará en la mejora de usabilidad del sitio web. El tiempo razonable de respuesta de descarga de una página debe girar alrededor de los diez segundos, ya que es un tiempo límite para mantener centrada la atención del usuario. Tiempos mayores hacen que el usuario se ocupe en otras tareas esperando que el ordenador termine. La velocidad debe ser el criterio principal para el diseño de las páginas.

### **a.3) Enlaces**

Cuando hablamos de hipertexto irremediablemente tenemos que referimos a enlaces o vínculos: conectan ideas, páginas y sitios web. Es la parte más importante de la fragmentación de hipertexto. Podemos definir dos tipos de vínculos o enlaces:

- Vínculos de navegación. Estructuran el espacio de información de un sitio web y permiten que los usuarios se muevan por las diferentes partes de ese espacio. Un ejemplo son las indicaciones a la página de inicio o los vínculos con las otras páginas del web tanto del mismo nivel como de otras páginas subordinadas.

- Vínculos de contenido de la página. Estos vínculos los vemos en palabras subrayadas dentro de un contenido concreto. Suelen hacer referencia a otros contenidos de la misma página o información relacionada en la Web.

Podríamos decir que los enlaces tienen una función parecida a las llamadas de atención en los textos escritos: es una referencia en la que el lector o usuario puede centrar la vista mientras tiene una visión general del texto. Por lo tanto, si ese vínculo tiene muchas palabras no concentrará el significado con lo que está enlazando y tampoco el usuario tendrá la oportunidad de asimilar el significado de lo que busca.

#### **a.4) Impresión de la página**

A pesar de la cantidad de información que podemos leer en las pantallas de ordenador procedentes de la Web, gran cantidad de usuarios imprimen mucha de esa información. En principio, la Web tendría que haber acabado con la necesidad de tener la información impresa en papel para leer, pero la realidad es que por diferentes motivos (lectura más fácil que en el monitor, tener la información a mano, imposibilidad de volver a conectar...) se prefiere tener la información en soporte papel. Por lo tanto, el diseño de una página no debe permanecer al margen de estas necesidades de los usuarios y debe implicarse en proporcionar versiones para la impresión de sus documentos. En la actualidad, los navegadores tienen opciones muy definidas para la impresión de las páginas, pero aún así no deja de ser un proceso engorroso pasar a papel la información de una página web (tamaño de letra, colores, columnas, grafismo, imágenes...). Por eso, es recomendable generar, a la hora del diseño de una web, dos versiones de los documentos de información. La primera, una versión fragmentada hipertextual orientada a la pantalla, y otra, un diseño lineal optimizado para la impresión.

No debemos perder de vista que la Web, aunque ha alcanzado un alto nivel de complejidad, fue diseñada como un entorno de trabajo para el intercambio de información y documentos. Pero desde su creación, su usabilidad no ha evolucionado de forma clara. Como hemos visto y seguiremos repitiendo, el diseño de un sitio web debe orientarse hacia la sencillez. La arquitectura de información y las herramientas de navegación deben en todo momento ayudar a encontrar la información buscada. A simple vista hacerse una idea de un sitio web no es una tarea complicada, pero llegar a una información concreta no es una labor fácil. A modo de conclusión, los sitios web deben procurar que las acciones y las opciones sean sencillas. La base de trabajo para el diseño web es hacer que los usuarios consigan sus

objetivos de manera rápida. Las posibilidades de la Web son enormes y a los usuarios no nos gusta perdernos en detalles que entorpecen las búsquedas de información.

Cuatro ideas constituyen la base de un buen diseño web ( Abbey 2000). Estas son:

- Contenidos de gran calidad.
- Actualización frecuente.
- Rapidez en el tiempo de descarga.
- Facilidad de uso.

## **b) Aula virtual**

Un aula virtual es un sitio de encuentro privado en Internet en el que los profesores pueden intercambiar información con sus alumnos, llevar a cabo discusiones en línea, crear ejercicios de práctica, hacer grupos de trabajo, etc.

Cada profesor puede crear un aula virtual para cada curso que dicta y en ella puede contar inmediatamente con las herramientas necesarias para comunicarse con sus alumnos: agenda, anuncios, charlas y foros de discusión. Puede además incluir en el aula todos los documentos del curso, recomendar enlaces a sitios de la Web y crear ejercicios de práctica para los alumnos.

Los alumnos a su vez pueden reunirse en grupos de trabajo, presentar tareas y tener foros de discusión privados o participar en las discusiones de la clase.

Cada aula es privada y solamente pueden tener acceso a ella el profesor y los alumnos pertenecientes al curso.

Para la comunicación con los padres, en el caso de los colegios, se pueden crear aulas independientes para cada grado, administradas por el director del curso. Así, por ejemplo, al aula de padres de décimo grado tendrán acceso los alumnos, los padres y los profesores que dictan clase en ese curso.

El director del curso podrá enviar anuncios a los alumnos y padres, llevar una agenda de eventos del curso y cargar documentos de interés general. Los padres podrán participar en foros de discusión y aportar también enlaces y documentos para todo el grupo.

Se trata de herramientas tan fáciles de manejar que aseguran la integración de la tecnología en el aula de clase de una forma eficiente y sencilla.

**c) Plataformas tecnológicas para la Teleformación**

Como hemos descrito anteriormente, muchas han sido las instituciones, públicas o privadas, que se han decidido a elaborar ofertas formativas en ambientes virtuales (Neira 2000). Estamos en un momento en el que la formación es vista como un valor. No se concibe el aprendizaje como un período, sino como un ciclo en el que la persona está permanentemente implicada, debido, por un lado, a lo efímero del conocimiento humano y, por otro, a la rapidez con que cambia el mundo en el que nos movemos. Del mismo modo, las ofertas formativas han evolucionado de la mano de las nuevas tecnologías de la comunicación y la información. Ha sido necesario desarrollar propuestas formativas que, siendo eficaces, permitan flexibilizar los tiempos de aprendizaje de los alumnos, al tiempo que respondan a las necesidades concretas de los mismos, orientadas en muchas ocasiones al mundo laboral.

La respuesta dada a estas exigencias la encontramos en las *Plataformas tecnológicas*, que pueden definirse como una respuesta tecnológica que facilita el desarrollo del aprendizaje distribuido a partir de información de muy diversa índole (contenidos elaborados por el profesor o por los alumnos, direcciones URL, etc.), utilizando los recursos de comunicación propios de Internet (correo, foro, chat, videoconferencia), al tiempo que soportan el aprendizaje cooperativo, en cualquier lugar y en cualquier momento.

Normalmente, las plataformas tecnológicas ofertan varios niveles de utilización: administrador, autor, tutor y alumno. El primero de ellos gestiona los diferentes cursos que se realicen dentro de su espacio web, dando acceso a los tutores y permitiendo que estos autoricen a otros (alumnos) el acceso a un determinado curso. Sólo el administrador tiene la posibilidad de acceder a todos los cursos ofertados dentro de su espacio. El tutor, por su parte, es el encargado de construir el curso, buscar materiales, crear actividades, dar acceso a los alumnos matriculados, gestionar los contenidos, dar el mejor uso a los recursos que oferta la plataforma. En definitiva, es el tutor, como en la clase tradicional, el responsable de su propio curso. El alumno aprovecha la oferta de aprendizaje dada, utilizando los diferentes recursos para construir su propio aprendizaje, además de colaborar con los compañeros en la construcción de un aprendizaje común.

En la actualidad han proliferado las aplicaciones informáticas destinadas a la formación a distancia. Las diferencias entre ellas estriban, fundamentalmente, en el precio de

las licencias de uso, los recursos ofrecidos a los diseñadores y usuarios del curso o en los requerimientos del sistema para su instalación. A continuación, pasaremos a describir diferentes productos en los que se ha concretado este concepto de *Plataforma tecnológica*. Para ello nos hemos basado en versiones demo de cada herramienta así como en la información obtenida a partir de las páginas de Internet que las publicitan. Se hará una comparación de los aspectos técnicos, características, diseño del curso, evaluación de tres de las plataformas más usadas y por las cuales hay que pagar un alto costo (Blackboard 5, Learning Space, WebCT) y una cuarta que puede instalarse en forma gratuita Moodle (ver tabla 3.5).

**Tabla 3.5:**  
Características de las plataformas virtuales más usadas por la comunidad de usuarios

<b>Requisitos técnicos del sistema para su utilización</b>	Blackboard 5	Learning Space	Web CT	Moodle
El servidor trabaja en Window NT y/o Unix.	*	*	*	*
Puede trabajar en sistema operativo Microsoft Windows y/ o Unix.	*	*	*	*
Navegador soporta aplicaciones Java.	*	*	*	*
Soportado por Internet Explorer 4.x o superior.	*	*	*	*
<b>°Conocimientos técnicos para su uso</b>				
Los contenidos pueden crearse en ordenadores cuyo sistema operativo es Windows.	*	*	*	*
Los contenidos pueden trabajarse en ordenadores cuyo sistema operativo es Windows.	*	*	*	*
El lenguaje HTML es usado para la creación de los contenidos.	*	*	*	*
No precisa de conocimientos de programación con HTML para el diseño del curso.	*	*	*	*
<b>Característica de la plataforma Gestión de los cursos</b>	Blackboard 5	Learning Space	Web CT	Moodle
Acceso de usuario previa clave del administrador del curso.	*	*	*	*
Nivel de acceso dentro del sistema depende del perfil que se asuma (administrador, instructor, alumno).	*	*	*	*
Alumnos pueden ver el listado de curso en que están matriculados.	*	*	*	*
El administrador puede usar archivos externos al sistema para dar de alta a alumnos del curso.	*	*	*	*

<b>Ambiente de aprendizaje</b>				
Los elementos (objetivos, contenidos,..etc) tienen un espacio bien definido.	*	*	*	*
Es fácil insertar cambios en los contenidos del curso.	*	*	*	*
El profesor puede regular el aprendizaje de los alumnos	*	*	*	*
La plataforma tiene el recurso de que el profesor pueda enviar mensajes o avisos a los alumnos.	*	*	*	*
La aplicación tiene algún sistema de ayuda para los usuarios del sistema, especialmente on-line.	*	*	*	*
La plataforma incluye herramientas de búsqueda	*	*	*	
<b>Herramientas de comunicación</b>				
El alumno puede tener una página personal con sus datos y fotografía.	*	*	*	*
Tiene funciones de agenda o calendario para eventos o citas de interés.	*	*	*	*
Permite la comunicación asincrónica entre los alumnos a través de correo electrónico y/o foro.	*	*	*	*
Permite la comunicación sincrónica entre alumnos a través del chat.	*		*	*
Permite la comunicación sincrónica entre institución y los alumnos mediante el chat.	*		*	*
Las sesiones de chat pueden ser grabadas por la propia plataforma.	*		*	*
Puede usarse herramientas sincrónicas de audio y video como medio de comunicación.	*		*	

<b>Diseño del curso</b>				
Tiene plantilla para la creación del contenido dentro de la plataforma.		*	*	
El sistema incluye herramientas para la elaboración automática de un índice de contenidos y / o glosario.		*	*	*
La plataforma permite vínculos con páginas externas a la aplicación.	*	*	*	*
Pueden usarse elementos multimedia en la confección de los cursos.	*	*	*	*
Se pueden utilizar elementos de Shockwave de macromedia en la confección de los cursos	*	*	*	*

<b>Evaluación de los alumnos</b>				
Es posible realizar pruebas y test on-line.	*	*	*	*
Es posible realizar pruebas y test on-line cronometradas.	*	*	*	*
Las pruebas cronometradas pueden ser puntuadas on-line.	*	*	*	*
Pueden incorporarse pruebas confeccionada previamente.	*	*	*	*
Pueden ser creadas y puntuadas on-line pruebas de respuesta abierta.	*	*	*	*
Pueden ser creadas y puntuadas on-line pruebas en las que hay que rellenar espacios en blanco.	*	*	*	*
Pueden ser creadas y puntuadas on-line tests de opción múltiple.	*	*	*	*
Pueden ser creadas y puntuadas on-line test de respuesta verdadero y falso.	*	*	*	*



El profesor tiene el recurso para realizar el seguimiento de sus alumnos a lo largo del curso.	*	*	*	*
El alumno puede conocer sus progresos y calificaciones.	*	*	*	*
La plataforma genera automáticamente informes sobre el progreso de los alumnos.	*	*	*	*
Tras la elaboración de los tests el sistema genera automáticamente informes de evaluación de la prueba.	*	*	*	*

Los elementos tratados en este capítulo son los que fundamentan el modelo de enseñanza EFBAS. A continuación, en la figura 3.5, se muestra un esquema conceptual en el cual se detallan los principios fundamentales del Marco Teórico.

La propuesta metodológica de enseñanza de la propuesta EFBAS, se sustenta teóricamente en el aprendizaje significativo de Ausubel, con el fin de poder afectar positivamente en el rendimiento académico y en los aprendizaje en el tema de las Ondas Mecánicas, en cursos de pregrado de carreras universitaria. Se complementa con otras teorías cognitivas. Una de ellas es la Piaget, con el aporte de conceptos importantes como: adaptación, asimilación, acomodación y equilibración. La otra de esas teorías, es la de Vygostky, donde se utiliza la idea de zona de desarrollo próximo. La metodología de enseñanza es activa y, por ello, se apoya en el aprendizaje cooperativo de Johnson y Johnson, considerando aspectos como: trabajo en grupo, aprender a aprender, resolución de problemas, liderazgo. El proceso de enseñanza se ambienta en Blended Learning a través de aulas virtuales.

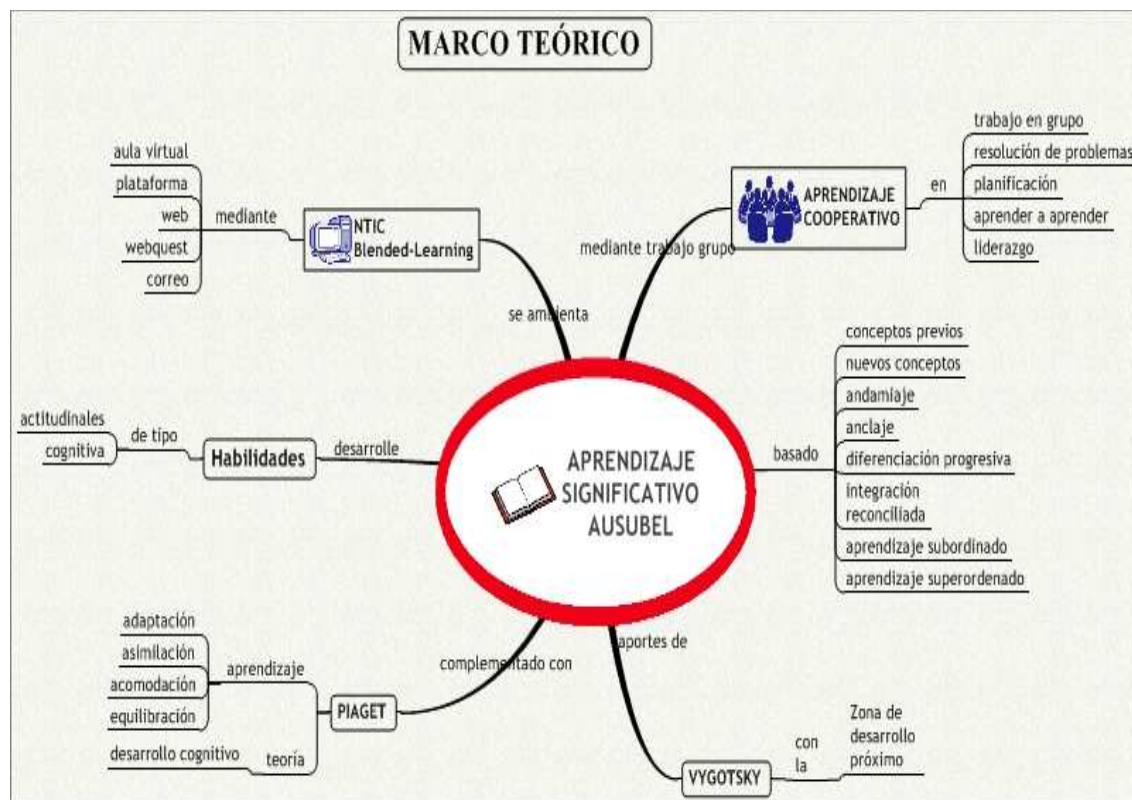


Figura 3.5: Esquema conceptual sobre el marco teórico que fundamenta la investigación. (Silva, 2009)

A continuación, se describe y presenta la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS.

## **CAPÍTULO 4**

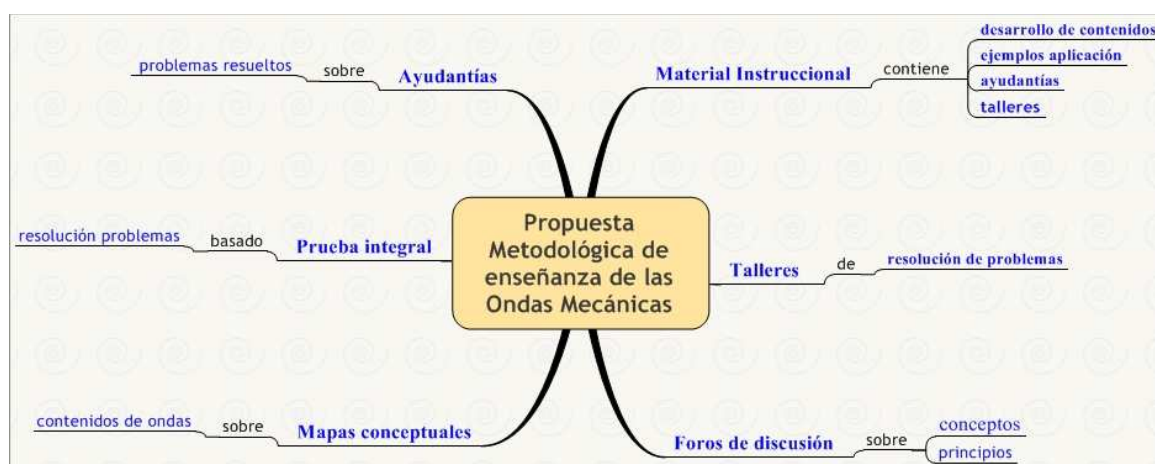
### **PROPUESTA METODOLÓGICA DE ENSEÑANZA**



## CAPÍTULO 4: PROPUESTA METODOLÓGICA DE ENSEÑANZA

### 4.1. Componentes de la propuesta metodológica de enseñanza

La propuesta metodológica de enseñanza basada en el aprendizaje significativo y cooperativo para ser usada en ambiente de Blended Learning, se elabora en base a una serie de actividades organizadas, coherentemente estructuradas, que permitan a los alumnos la promoción de aprendizaje significativo. La estructura de la propuesta metodológica de enseñanza, de acuerdo a la conformación de actividades, se muestra en el siguiente esquema conceptual (figura 4.1):



**Figura 4.1:** Esquema conceptual de las actividades que componen la metodología de enseñanza. Silva (2009)

A continuación, se hace una descripción de cada una de las actividades que componen la propuesta metodológica de enseñanza.

a) El Material Instruccional corresponde a lo que Ausubel llama material potencialmente significativo. En él, se presenta el desarrollo de los contenidos de la unidad temática: Ondas Mecánicas. La presentación de los contenidos consiste, en primer lugar, en analizar y definir el campo conceptual básico de las ondas, para luego, aplicar los principios físicos y/o matemáticos, que permiten construir las teorías que describen y rigen la teoría de las ondas mecánicas. Según el análisis del diagnóstico de los conceptos previos y las capacidades cognitivas de los alumnos, se construye la retroalimentación de aquellos principios físicos y/o matemáticos que muestran debilidades. Una vez planteado el cuerpo teórico que identifica a

las ondas mecánicas, se presentan ejemplos de aplicación sobre resolución de problemas. En ellos, se identifican con claridad los conceptos y principios que se utilizan en la solución de estos problemas. También aparecen en el material instruccional las ayudantías, talleres de resolución de problema y prueba integral.

b) Las Ayudantías son actividades que se fundamentan sobre cuatro problemas resueltos, donde se aprecian nítidamente los conceptos y los principios físicos que se utilizan en la resolución, destinada a la metacognición de los conceptos físicos de las ondas mecánicas y su aplicación a problemas.

c) El Foro de Discusión es una actividad donde se discute a través de Chat sobre la forma como se resolvieron los problemas en las ayudantías. Posteriormente, cada alumno, en forma personal, debe entregar los conceptos y principios de cada uno de los problemas resuelto de las ayudantías.

d) El Taller es una actividad presencial, de una hora semanal, donde se trabaja en grupo, y se deben resolver dos problemas propuestos. Esta actividad es posterior al foro de discusión de la ayudantía que corresponde a un contenido específico.

e) El Mapa Conceptual es otra actividad de la propuesta metodológica de enseñanza. Se realiza en forma grupal y consiste en elaborar un mapa conceptual sobre el contenido específico del material instruccional, pero finalmente, cada estudiante decide personalmente su entrega. Tiene como objetivo verificar la construcción del aprendizaje significativo.

f) La Prueba Integral es la evaluación final que se realiza al término de la unidad, es presencial e individual, y consta de la resolución de cuatro problemas. La forma de evaluación es mediante una pauta donde se especifican los procedimientos usados en la resolución. Además, es la prueba que permite comparar los rendimientos académicos del grupo control y el experimental.

### **Contexto del curso**

Las Ondas Mecánicas corresponden a la segunda unidad del programa de estudio de la asignatura (curso) Oscilaciones, Ondas y Electromagnetismo, en la carrera de Pedagogía en

Química y Ciencias, de la Universidad de Playa. Se trata de un curso teórico destinado a entregar conceptos, fundamentos y aplicaciones sobre las ondas mecánicas. Se trata de una asignatura de la formación básica para un pedagogo en Química y Ciencias. En ella, se analizan los temas de las ondas en cuerdas, sonoras en aire y en barra, efecto Doppler. Para finalizar, se hace una extensión del concepto de onda a medios dispersivos y ondas en dos y tres dimensiones (Ver Anexo 1).

Metodológicamente, la unidad se estructura considerando las concepciones previas que tienen los alumnos sobre la unidad y las capacidades y condiciones cognitivas de los aprendices. Se implementa una estrategia que permita la asimilación conceptual, de manera que se produzca la diferenciación progresiva e integración reconciliada de los temas tratados, es decir, promocionar aprendizaje significativo. La propuesta de enseñanza se enmarca en el trabajo cooperativo, ayudado y estimulado por el docente para lograr este tipo de competencia. Se utilizan recursos de aprendizaje como los mapas conceptuales y los foros de discusión. Se entrega un material instruccional para lograr la conceptualización de los temas propuestos y aplicaciones de esos conceptos. Se complementa con ayudantías sobre problemas resueltos, foros de discusión, mapas conceptuales y talleres de resolución de problemas. Todas estas actividades son necesarias realizarlas previamente para rendir la prueba integral con la cual finaliza cada unidad.

Los requisitos del curso son haber aprobado los cursos previos de Física General I: Mecánica y Cálculo diferencial e integral.

### **Objetivos de la unidad temática: Ondas Mecánicas**

1. Comprender los fundamentos e ideas básicas sobre las ondas mecánicas.
  - 1.1. Analizar y discutir las propiedades físicas de las ondas en cuerdas.
  - 1.2. Analizar y discutir las propiedades físicas de las ondas sonoras.
  - 1.3. Aplicar los conceptos de las ondas mecánicas a situaciones de la vida diaria y a la resolución de problemas.
2. Capacitar en la resolución de problema en ondas.
  - 2.1. Crear y diseñar estrategias para la resolución de problemas en ondas mecánicas.
  - 2.2. Capacitar la transferencia de la resolución de problemas a situaciones nuevas.
3. Fomentar el uso del trabajo cooperativo.
  - 3.1. Crear y entregar las herramientas necesarias para el trabajo en grupo.

3.2. Fomentar el uso del foro de discusión como elemento integrador social y de aprendizaje.

### **Evaluación**

Las formas para evaluar esta unidad temática, se sustentan en el reglamento de evaluación para las carreras de pregrado de la Universidad de Playa Ancha. Este reglamento, en relación a la evaluación de un curso, señala que por cada unidad temática debe realizarse una prueba integral de la unidad, coeficiente 2, obligatoria y se pueden realizar hasta dos evaluaciones parciales, coeficiente 1, cada una. Estas evaluaciones parciales pueden ser trabajos experimentales, talleres, disertaciones, etc., propuestos por el docente al comenzar el curso en su contrato didáctico.

Las formas de evaluación de la unidad, sugeridas por la propuesta metodológica, están determinadas de la siguiente manera:

- Una prueba integral al final de la unidad, coeficiente 2, sobre la resolución de 4 problemas, en forma presencial.
- Talleres de resolución de problemas (sumativos) y en forma presencial, coeficiente 1.
- Foros de discusión y elaboración de mapas conceptuales (sumativos), virtual coeficiente 1.

### **Normas de trabajo**

a) Distribución de clases:

El curso de la muestra, tiene tres períodos de 1,5 hora semanal. Dos períodos corresponden a cátedra y el tercer período a ayudantía de resolución de problemas.

En los períodos, asociados a la cátedra, se entregan los contenidos, a manera de organizadores previos, por parte del profesor. Favoreciendo la discusión de los conceptos básicos y los problemas de aplicación tratados en el material instruccional. Todo ello, en forma presencial.



En el tercer período, designado para la ayudantía, se realizan los talleres, en forma presencial, mediante un trabajo cooperativo. Son de carácter obligatorio, porque debe evaluarse, al término de él.

Cada alumno debe realizar todas las actividades propuestas para la unidad temática: foros de discusión, talleres de resolución de problemas y mapas conceptuales.

b) La asistencia:

La asistencia a los talleres es obligatoria ya que los trabajos que deben realizarse en cada sesión no pueden ser justificados, por lo tanto, cualquier ausencia significará una evaluación con nota 1. Las pruebas integrales son obligatorias, cualquier ausencia debe ser justificada, y se rige por el reglamento académico de la carrera.

El trabajo en los talleres y la elaboración de mapas conceptuales es en grupo, cualquier otra actividad es individual.

### Planificación de actividades segunda unidad temática: Ondas Mecánicas

#### Pedagogía en Química y Ciencias. Primer semestre 2008

##### Semana 21 al 27 de abril

Contenidos a estudiar	<b>Introducción</b> Perturbación, medio, tipos de ondas, características.	Resnick cap. 19 Serway cap 16
Tarea entrega 30/04/08	Hacer un Mapa conceptual sobre la introducción a Ondas.	

##### Semana 28 de Abril al 4 de Mayo

Contenidos a Estudiar	Ondas en cuerdas. Ecuación dinámica, solución de la ecuación, características de las ondas, potencia e intensidad.	Resnick cap. 19 Serway cap 16
Foro	A partir del 28/4/08	

##### Semana 5 al 11 de Mayo

Taller 1 8/5/08	Presencial: sobre ondas en cuerdas.	
Contenidos a estudiar	Ondas en cuerdas. Interferencia, Ondas estacionarias, Resonancia, Reflexión y Transmisión.	Resnick cap. 19 Serway cap 16, 18
Foro	A partir del 8/5/08	
Tarea Entrega 18/5/08	Hacer un Mapa conceptual sobre Ondas en Cuerdas	

##### Semana 12 al 18 de Mayo

Taller 2 15/5/08	Presencial: sobre ondas estacionarias y reflexión y transmisión de ondas en cuerdas.	
------------------	--	--

Contenidos a estudiar	Ondas Sonoras en aire y en barra. Dinámica de ondas sonoras, solución de ondas sonoras, potencia e intensidad de ondas sonoras. Ondas estacionarias en tubos abiertos y cerrados, efecto Doppler.	Resnick cap. 20 Serway cap 17, 18
Foro	A partir del 9/5/08	

**Semana 19 al 25 de Mayo**

Taller 3 22/5/08	Presencial: sobre ondas sonoras, efecto Doppler.	
Contenidos a estudiar	Ondas en Barra, efecto Doppler Ampliación del concepto de ondas.	Resnick cap. 20 Serway cap 17, 18
Tarea Entrega 26/5/08	Hacer un mapa conceptual sobre las Ondas Mecánicas	

<b>26/5/08</b>	<b>PRUEBA INTEGRAL</b>
----------------	------------------------

**PROBLEMAS SUGERIDOS PARA SU ESTUDIO**

Textos de consultas	Capítulo	Número
Resnick – Halliday - Krane	19	8,15,18,25,40,42,54,55
Cuarta Edición tomo 1	20	11,13,14,15,26,43,55,56
Serway	16	5,8,16,20,32,38,39,44
Cuarta Edición tomo 1	17	10,11,14,19,23,28,37,39
	18	12,13,18,21,26,27,31,32,61,63,67

Los problemas seleccionados son para orientar el trabajo indirecto por parte del alumno, ellos se encuentran en los anexos, y son subidos a la plataforma Moodle, de acuerdo a su programación.

En la planificación se incluyen los contenidos a enseñar. Este material instruccional es subido a la plataforma y debe ser leído y comentado antes de llegar a su discusión en el aula.

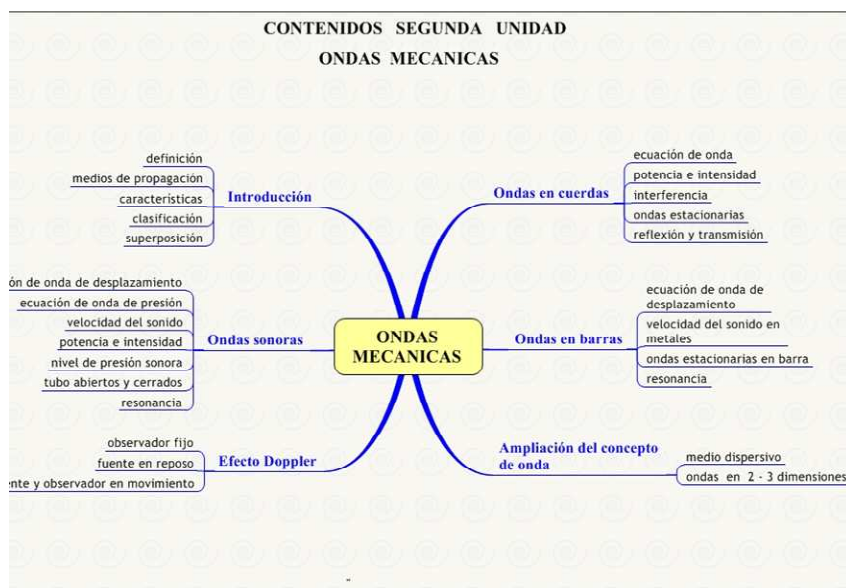
**Contenidos de la segunda unidad temática: Ondas Mecánicas**

Los contenidos de la unidad de las Ondas Mecánicas se muestran en el siguiente esquema conceptual de la figura 4.2.

Cada uno de estos contenidos se presentan de manera clara y precisa, los cuales deben ser estudiados y discutidos por los alumnos a través de las clases de cátedra y de la plataforma virtual. Se les sugiere utilizar todas las vías de comunicación para consultar sus dudas.

El desarrollo de los contenidos es elaborado mediante una visión personal con un significado lógico. Se estructura en primer término discutiendo los conceptos previos y definiendo los nuevos, para luego aplicar principios físicos y matemáticos, supuestamente conocidos por los estudiantes y así formular las teorías científicas que dan explicación a las

Ondas Mecánicas. Estas teoría serán posteriormente nuevos conceptos que deben formar parte de la estructura cognitiva de los aprendices. Las actividades se planifican de manera tal, que sean en los momentos adecuados para ser realizados. Se trata de construir el andamiaje que conlleve a los alumnos hacia el aprendizaje significativo de las Ondas Mecánica. Sin perjuicio de este material instruccional, se le sugiere y orienta al estudiante a complementarse con los textos de la bibliografía de referencia.



**Figura 4.2:**  
Esquema conceptual  
de los contenidos sobre  
Ondas Mecánicas  
Silva (2009)

## 4.2 Ondas Mecánica

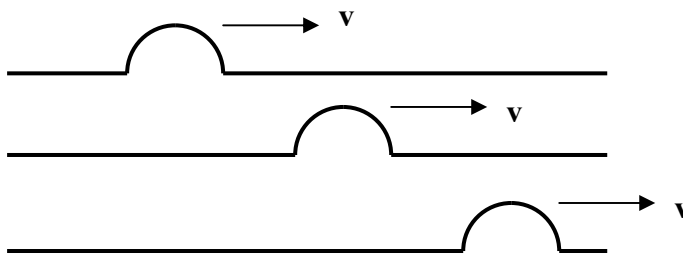
### 4.2.1 Introducción

El movimiento ondulatorio, que aparece en casi todos los campos de la Física, está asociado al concepto de onda. Una onda es una perturbación que se propaga por un medio. El medio puede ser material o un campo electromagnético. Cuando la perturbación viaja o se propaga por un medio material se llaman Ondas Mecánicas, a estos casos corresponden las ondas en cuerdas, gases, líquidos, barras. Las ondas que se propagan en el aire, o en una barra golpeada, se denominan ondas sonoras. Cuando el medio donde se propaga la perturbación es un campo electromagnético se llama ondas electromagnéticas, estas son las ondas de radio, televisión, luminosas, etc.

A la formulación de la mecánica de los átomos y de las partículas subatómicas se llama Mecánica Ondulatoria. El comportamiento y propiedades de las ondas es un tema relevante para la Física.

Para que la perturbación pueda viajar por el medio material es fundamental que el medio sea deformable y tenga elasticidad, es decir, una vez que la perturbación pase el medio vuelve a su posición original. Estas ondas se originan al desplazarse alguna porción de un medio elástico de su posición normal, poniéndolo a oscilar entorno a su posición de equilibrio. Debido a las propiedades elásticas del medio, la perturbación se transmite de una capa a la siguiente, por ello la perturbación avanza a través del medio.

El medio mismo no se mueve en conjunto al ir avanzando la onda, es decir, las diversas partes del medio oscilan solamente en trayectorias limitadas, como indica la figura 4.3.



**Figura 4.3:** Movimiento de un pulso en un medio

La velocidad con que avanza la perturbación se llama **velocidad de propagación**  $v$ .

El **período**  $T$  de una onda corresponde al tiempo en que cada partícula del medio se demora en completar una oscilación.

La **frecuencia**  $f$  de una onda será el número de oscilaciones que da cada partícula del medio por segundo. Es decir, la frecuencia es el inverso del período. Se mide en (Hz).

$$f = (1/T) \quad (4.1)$$

La **frecuencia angular**  $\omega$ , corresponde a cuanto está contenida la frecuencia en  $2\pi$ . Se mide en (rad/seg).  $\omega = 2\pi f$  (4.2)

La importancia de estudiar los fenómenos ondulatorios es que transportan energía y momentum a grandes distancias mediante movimientos ondulatorios. La energía en las ondas corresponde a la energía cinética y potencial del material, donde la transmisión de energía se

efectúa pasando de una porción de materia a la siguiente, sin grandes distancias de desplazamiento de la materia misma. La energía es consecuencia de la inercia y elasticidad que debe tener el medio, es decir, las fuerzas restauradoras que permiten la oscilación del medio.

Se define **tren de onda** a una perturbación o pulso que se propaga por un medio, como lo indica la figura 4.4.

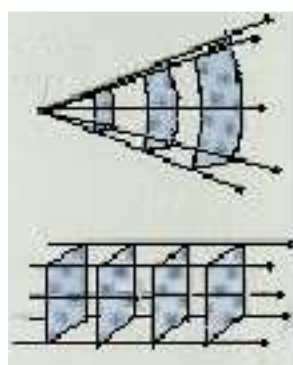


**Figura 4.4:** Tren de onda

Un **tren de onda periódico** es aquel donde el medio se perturba en forma permanente, con período. Mostrado a continuación en la figura 4.5.



**Figura 4.5:** Tren de onda periódico.



*Figura 4.6:  
Frentes de ondas periódico  
(imagen recogida de la red)*

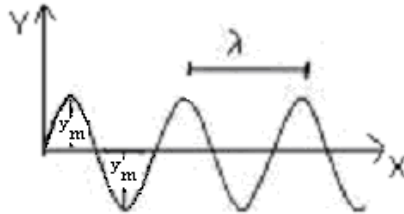
**Frente de onda periódico** es una superficie imaginaria que se forma con las partículas que se encuentran en la misma fase de movimiento.

Un **rayo** es una línea imaginaria que se construye en forma perpendicular a los frentes de ondas. En la figura 4.6 se observan que los frentes de onda pueden ser esféricos, planos o de cualquier otra forma. Los rayos son representados mediante flechas.

La **amplitud**  $y_m$ , de la onda es la máxima elongación con que las partículas del medio oscilan.

La **longitud de onda**  $\lambda$ , de una onda, corresponde a la distancia que existe entre dos puntos de la onda que tienen la misma fase de movimiento.

El **número de onda**  $k$ , se define como la longitud de onda contenida en  $2\pi$ . Se mide en (rad/m).  $k = 2\pi/\lambda$ . (4.3)



**Figura 4.7:**  
Longitud de onda y  
número de onda

Por lo tanto, una onda mecánica se puede caracterizar por la velocidad de propagación, período, frecuencia, longitud de onda y su amplitud.

### Clasificación del tipo de ondas mecánicas

La clasificación principal de las ondas mecánicas se realiza de acuerdo a los siguientes aspectos: a) la forma de vibrar de las partículas con respecto a la dirección de propagación. b) las dimensiones que tiene la velocidad de propagación, y c) propiedades físicas del medio.

### Según las formas de vibrar del medio

**1. Ondas transversales** son aquellas en que las partículas del medio que transportan la onda tienen un movimiento perpendicular a la dirección de propagación, una perturbación en una cuerda.

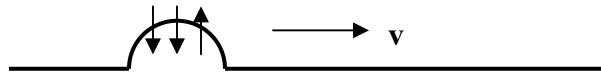


Figura 4.8: Ondas transversales.

2. **Ondas longitudinales** son aquellas donde las partículas del medio que transportan la onda tienen un movimiento en la misma dirección que la velocidad de propagación.

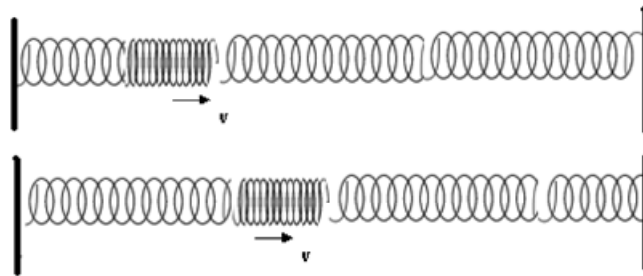


Figura 4.9: Ondas longitudinales.

Por ejemplo, en la figura 4.9, se provoca una rarefacción en un resorte longitudinal tenso.

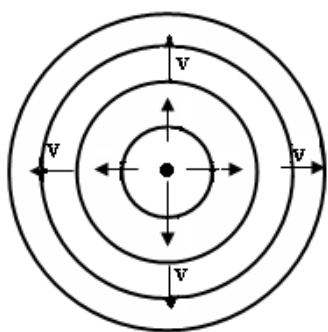
### Según las dimensiones de la velocidad de propagación

1. **Ondas unidimensionales** son aquellas donde la velocidad de propagación tiene una sola dimensión, es decir, es rectilínea. Por ejemplo, ondas en cuerdas.



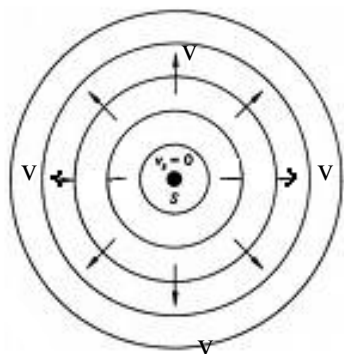
Figura 4.10: Ondas unidimensionales.

2. **Ondas Bidimensionales** son aquellas donde la velocidad de propagación es en dos dimensiones, es decir, en un plano. Un ejemplo, son las ondas superficiales que se producen en la superficie de un lago al perturbarla con una piedra pequeña lanzada sobre su superficie, o bien, en cubetas de ondas en agua. La onda se propaga sobre la superficie en direcciones como lo indica la figura 4.11.



**Figura 4.11:**  
Ondas bidimensionales.

3. **Ondas tridimensionales** son aquellas donde la velocidad de propagación es en tres dimensiones, es decir, en el espacio. Un ejemplo, son las ondas sonoras, donde el sonido se propaga en todos los sentidos.  $V_s$  es la velocidad de la fuente sonora,  $V$  es la velocidad de propagación.



**Figura 4.12:**  
Ondas tridimensionales.

**Según el tipo de medio, considerando el comportamiento de la velocidad de propagación**

1. **Ondas no dispersivas** son aquellas ondas de propagación donde la velocidad de propagación es constante, a medida que se propagan por ese medio. Ésta es una situación ideal o válida para cierta parte de su movimiento.

2. **Ondas dispersivas** son aquellas ondas donde la velocidad de propagación cambia a medida que ésta avanza por el medio.

**Actividad a realizar: Mapa conceptual 1**

Elaborar un mapa conceptual con la introducción



### 4.2.2 Ondas en Cuerdas

Comenzamos el estudio de las ondas mecánicas con las ondas en cuerdas. Para ello, el análisis que se hace más adelante se basa en ciertos supuestos. Se considera que el medio (la cuerda) es no dispersivo y que la perturbación que viaja por la cuerda es en una dimensión, y que cada partícula de la cuerda vibra en forma perpendicular a la dirección de propagación. A este tipo de onda se llama onda de propagación o viajera.

Si se envía un pulso de onda con las características anteriores, viajando hacia la derecha con una velocidad de propagación  $v$ , el pulso a medida que avanza en el tiempo no cambia su forma. La elongación o desplazamiento de cualquier punto del pulso se puede representar por la figura 4.13.

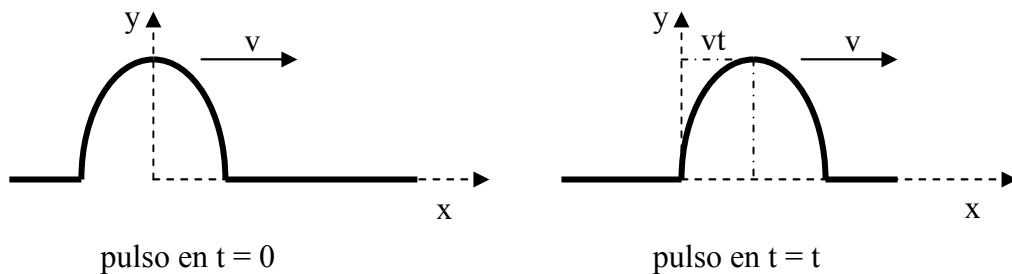


Figura 4.13: Propagación de un pulso.

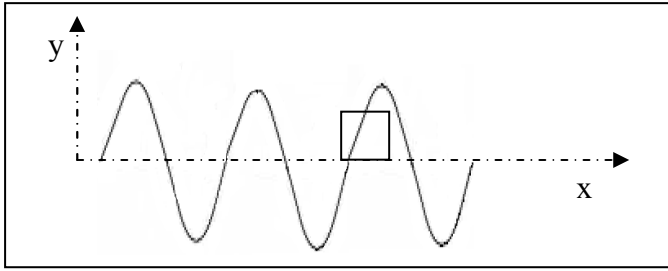
$$y = f(x) \text{ en } t = 0, y = f(x-vt) \text{ en un instante posterior } t.$$

Al observar ambas figuras, se puede describir en forma matemática que el desplazamiento de un punto de la cuerda debe ser solución de una función de  $(x-vt)$ .  $y = f(x-vt)$ .

En el caso de que el pulso viaje hacia la izquierda, el desplazamiento de la cuerda debe ser expresado como una función  $y = f(x+vt)$ .

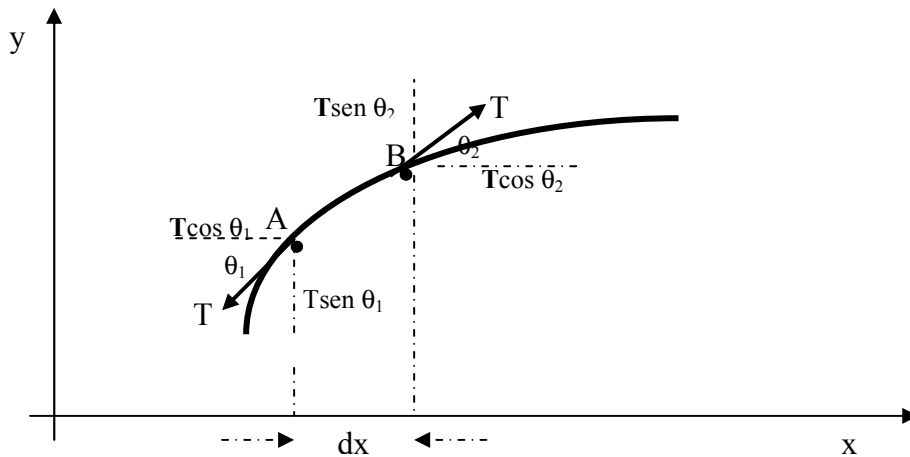
### Onda periódica transversal en una cuerda tensa

Consideremos una onda periódica transversal en una cuerda sometida a una tensión  $T$ . Se supone que la cuerda en cualquier instante tiene una forma como lo muestra la figura 4.14, si las perturbaciones son armónicas.



**Figura 4.14:** Onda periódica transversal en una cuerda.

Si se elige para el análisis dinámico de la onda, una porción cualquiera de la cuerda de longitud AB, indicada por la figura 4.15.



**Figura 4.15:** Ondas tridimensionales.

En cada extremo de la porción AB de la cuerda actúa una fuerza tangencial  $T$  como se señala en la figura. Si la cuerda es ideal, como se señala anteriormente en los supuestos, el peso de la cuerda es despreciable ante los efectos de la tensión de la cuerda, y la tensión se transmite con el mismo valor por todos los puntos de la cuerda.

Hagamos el análisis dinámico del elemento de cuerda o porción AB.

#### La fuerza resultante del elemento:

$$\text{Eje } x:: F_x = T \cos\theta_2 - T \cos\theta_1 = T (\cos\theta_2 - \cos\theta_1) = T(1-1) = 0 \quad (4.4)$$

$$\text{Eje } y:: F_y = T \text{ sen}\theta_2 - T \text{ sen}\theta_1 = T (\text{sen}\theta_2 - \text{sen}\theta_1) = T(\text{tg}\theta_2 - \text{tg}\theta_1) = T \partial (\text{tg } \theta) \quad (4.5)$$

En las relaciones (4.4) y (4.5) se han considerado la aproximación de ángulos pequeños para  $\theta_1$  y  $\theta_2$ .

Aproximación de ángulos pequeños:  $\text{sen}\theta \cong \text{tg } \theta \cong \theta$ ,  $\text{cos}\theta \cong 1$

$$F = F_y = T \partial (\text{tg } \theta) = T \partial (\partial y / \partial x) = T \frac{\partial}{\partial x} ((\partial y / \partial x)) dx = T \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} dx \quad (4.6)$$

**La aceleración del elemento:**

$$a = a_y = \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (4.7)$$

**La masa del elemento:**

La masa del elemento es  $dm$ . Pero si la cuerda es homogénea, se puede definir densidad lineal de masa  $\mu$ , como la masa del elemento por la longitud del elemento.

$\mu = (dm/dl)$ , pero como los ángulos son pequeños  $dl \cong dx$ . Entonces, el elemento de masa se expresa por:

$$dm = \mu dx \quad (4.8)$$

En consecuencia, aplicando la segunda ley de Newton ( $\mathbf{F} = m \mathbf{a}$ ) al elemento, nos queda:

$$T \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} dx = \mu dx \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad (4.9)$$

Simplificando  $dx$  en la ecuación anterior, se puede escribir:

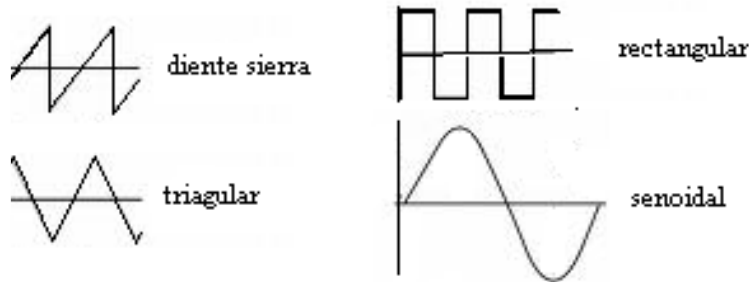
$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{T}{\mu} \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}$$

si  $v^2 = \frac{T}{\mu}$ , es justamente la velocidad con que se propagará la onda en la cuerda

$$\boxed{\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2}} \quad (4.10)$$

(4.10) se llama **ecuación de onda**

La solución de la ecuación diferencial en derivadas parciales (4.10) se resuelve mediante Fourier, y su solución depende de la forma de la perturbación. Pero, por lo visto anteriormente, la solución de la ecuación onda (1), debe ser función  $y = f(x-vt)$  si viaja hacia la derecha. A continuación, en la figura 4.16 se muestran diferentes tipos de perturbaciones.



**Figura 4.16:** Tipos de perturbaciones.

Si la perturbación es armónica, como lo es mayoritariamente en los fenómenos naturales, y son los de nuestro interés, la solución para el desplazamiento de cada punto de la cuerda, en consecuencia, debe ser una función armónica, senoidal, de la forma:

$$y(x,t) = y_m \text{sen}(k(x-vt) - \phi) \quad (4.11)$$

Donde:  $y_m$  debe ser la amplitud de la onda y el factor  $k$  que aparece en la solución, es para corregir la unidad dentro del argumento de la función seno, es decir, su dimensión debe ser en (rad/m). Para buscar el significado físico de  $k$  calculemos qué ocurre cuando  $x$  se aumenta en  $(2\pi/k)$ .

$$y(x + 2\pi/k, t) = y_m \text{sen}(kx + kvt + 2\pi - \phi) = y_m \text{sen}(k(x-vt) - \phi) = y(x,t)$$

Por lo tanto, la cantidad aumentada  $(2\pi/k)$  debe corresponder a la longitud de onda  $\lambda$ , y  $k$  se denomina número de onda.

$$\lambda = 2\pi/k \quad (4.12)$$

Ahora, si se aumenta el tiempo en  $(2\pi/kv)$  para cualquier punto  $x$  de la cuerda, se tiene.

$$y(x, t + 2\pi/kv) = y_m \text{sen}(kx + kvt + 2\pi - \phi) = y_m \text{sen}(k(x-vt) - \phi) = y(x,t)$$

Entonces, ese aumento de tiempo  $(2\pi/kv)$  debe ser el período de la onda, por lo que se puede expresar en el siguiente principio.

$$\begin{aligned} T &= (2\pi/kv) \\ kv &= (2\pi/T) = w \\ kv &= w \end{aligned} \quad (4.13)$$

sustituyendo  $k = (2\pi/\lambda)$  y  $w = (2\pi f)$ , se logra la relación con que más se identifican las ondas mecánicas:

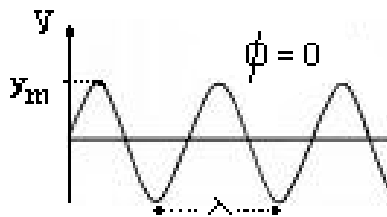
$$v = \lambda f \quad (4.14)$$

Al construir la ecuación de onda, la velocidad de propagación de la onda en cuerda depende de la tensión de la cuerda y de la densidad lineal de esta.

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad (4.15)$$

En consecuencia, la solución de la ecuación de onda para el desplazamiento (4.11) se puede describir de la siguiente manera.

$$y(x,t) = y_m \text{ sen } (kx - wt - \phi) \quad (4.16)$$



**Figura 4.17:** Representación gráfica para la elongación de una onda en cuerda.

La velocidad de cada partícula de la cuerda que oscila transversalmente a la propagación será la derivada de ecuación (4.16).

$$u(x,t) = \partial y / \partial t = -w y_m \cos (kx - wt - \phi) \quad (4.17)$$

Para la aceleración de cada partícula de la cuerda, se deriva la relación anterior

$$a(x,t) = \partial u / \partial t = -w^2 y_m \text{ sen } (kx - wt - \phi) \quad (4.18)$$

**Ejemplo de aplicación:**

Una onda en cuerda está sometida a una tensión de 8,9 (N) y tiene una densidad lineal de 0,24 (Kg/m). El movimiento es continuo de amplitud 0,15 (m) y se repite regularmente dos veces por segundo. Determinar la longitud de onda y la velocidad máxima con que oscilan las partículas de la cuerda.

$$T = 8,9 \text{ (N)}$$

$$\mu = 0,24 \text{ (Kg/m)}$$

$$y_m = 0,15 \text{ (m)}$$

$$f = 2 \text{ (Hz)}$$

$$\lambda = ?$$

$$u_{\text{máx}} = ?$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{8,9}{0,24}} = 6,1 \text{ (m)}$$

$$v = \lambda f$$

$$6,1 = \lambda \cdot 2 \quad \lambda = 3,05 \text{ (m)}$$

$$\lambda = 3,05 \text{ (m)}$$

$$u(x,t)_{\text{máx}} = \pm w y_m = \pm 2\pi f y_m$$

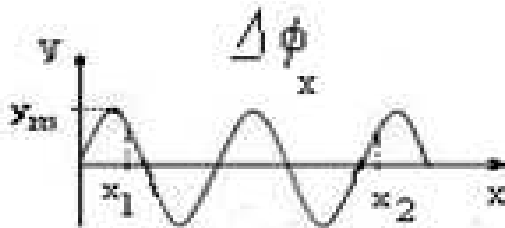
$$u(x,t)_{\text{máx}} = \pm 2 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 0,15 = \pm 1,88 \text{ (m/s)}$$

La cantidad  $(kx - wt - \phi)$  de la ecuación (4.16) se llama fase del movimiento y  $\phi$  corresponde a la fase inicial que se determina con las condiciones iniciales  $y(x,0)$  y  $u(x,0)$ .

La diferencia de fase de movimiento entre dos puntos  $x_1, x_2$  de una onda para un tiempo determinado  $t$ , se puede determinar de la siguiente manera:

$$\Delta\phi_x = (kx_2 - wt - \phi) - (kx_1 - wt - \phi) = k(x_2 - kx_1) = k \Delta x$$

$$\Delta\phi_x = k \Delta x \tag{4.19}$$

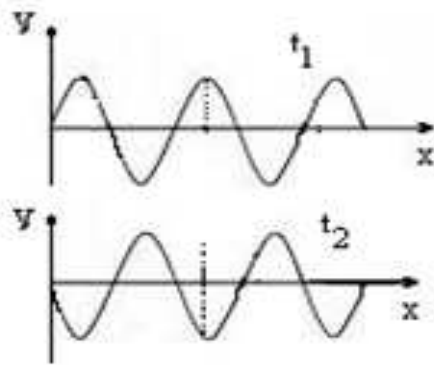


**Figura 4.18:** Diferencia de fase espacial.

La diferencia de fase de movimiento entre dos instantes  $t_1, t_2$  de una onda para un punto fijo de la cuerda, se puede determinar de la siguiente manera.

$$\Delta\phi_t = (kx - wt_1 - \phi) - (kx - wt_2 - \phi) = w(t_2 - t_1) = w \Delta t$$

$$\Delta\phi_t = w \Delta t \tag{4.20}$$



**Figura 4.19:** Diferencia de fase temporal.

### Ejemplo de aplicación:

La diferencia de fase de movimiento entre dos instantes, separados en 0,25 (s), en un punto de una onda en cuerda es  $5\pi$  (rad). Determinar la densidad lineal de masa de la cuerda si la onda tiene una longitud de onda de 0,5 (m) y está sometida a una tensión de 2 (N).

$$\Delta t = 0,25 \text{ (s)}$$

$$\Delta\phi_x = 5\pi \text{ (rad)}$$

$$T = 2 \text{ (N)}$$

$$\lambda = 0,5 \text{ (m)}$$

$$\mu = ?$$

$$\Delta\phi_t = \omega \Delta t$$

$$5\pi = \omega \cdot 0,25$$

$$f = (\omega / 2\pi) = 20\pi / 2\pi$$

$$f = 10 \text{ (Hz)}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \lambda f$$

$$\sqrt{\frac{2}{\mu}} = 0,5 \cdot 10$$

$$\mu = 0,080 \text{ (Kg/m)}$$

### Potencia de una onda en cuerda

La potencia de la onda en cuerda es la energía por unidad de tiempo, desarrollada por la fuerza que provoca el movimiento del medio, es decir, la componente de la tensión.

$$P = dW/dt = \mathbf{F} \mathbf{u} = F_y u \quad (4.21)$$

Anteriormente se había determinado la fuerza que actúa sobre la cuerda y que provoca el movimiento oscilatorio del medio:

$$F = F_y = -T \left( \frac{\partial y}{\partial x} \right) = -T (k y_m \cos(kx - \omega t - \phi)) = -T k y_m \cos(kx - \omega t - \phi)$$

La velocidad de las partículas del medio se rige por la relación (4.17)

$$u(x,t) = \partial y / \partial t = -w y_m \cos(kx - wt - \phi)$$

En consecuencia, la potencia para la onda en la cuerda esta determinada por:

$$P = T k w y_m^2 \cos^2(kx - wt - \phi) \quad (4.22)$$

Esta potencia es instantánea depende de la tensión de la cuerda, longitud de onda, frecuencia, amplitud, es función de la posición y del tiempo.

Como esta potencia no es constante y se repite cada período, entonces se aplica el teorema del valor medio de una función:

$$f(x)_m = \langle f(x) \rangle = \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx$$

Por lo tanto,

$$P_m = \langle P \rangle = \frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} T k w y_m^2 \cos^2(kx - wt - \phi) dx$$

Haciendo la matemática correspondiente se logra para la potencia media de la onda en cuerda:

$$P_m = \langle P \rangle = \frac{1}{2} T k w y_m^2 \quad (4.23)$$

### Ejemplo de aplicación:

Una cuerda tensada tiene una masa de 0,2 (Kg) y una longitud de 4,0 (m). Las ondas senoidales tienen una potencia máxima de 2130 (w), con una amplitud de 0,08 (m) y una velocidad de propagación de 30 (m/s). Determine la longitud de onda.

$$m = 0,2 \text{ (Kg)}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad T = v^2 \mu$$

$$L = 4,0 \text{ (m)}$$

$$\mu = m/L = (0,20 / 4,0) = 0,05 \text{ (Kg/m)}$$

$$y_m = 0,08 \text{ (m)}$$

$$T = 30^2 \cdot 0,05 = 45 \text{ (N)}$$

$$\lambda = ?$$

$$P = T k w y_m^2 \cos^2(kx - wt - \phi)$$

$$v = 30 \text{ (m/s)}$$

$$P_{\text{máx}} = T k w y_m^2, \quad \text{si el } \cos^2(kx - wt - \phi) = 1$$

$$P_{\text{máx}} = 2130 \text{ (w)}$$

$$w = k v, \quad k = 2\pi / \lambda$$

$$P_{\text{máx}} = T k^2 v y_m^2 = T (4\pi^2 / \lambda^2) v y_m^2$$



$$2130 = 45 (4 \cdot 3,14^2 / \lambda^2) \cdot 30 \cdot (0,08)^2$$

$$\lambda = 0,4 \text{ (m)}$$

### Ayudantía 1

1. Una onda senoidal en una cuerda se describe por medio de la ecuación:

$y = 0,50 \text{ sen}(\pi x - 3\pi t)$ , donde  $x$  e  $y$  están en (cm) y  $t$  en (seg). ¿Qué distancia se mueve un punto de la cresta en 2,8 seg?

$$y_m = 0,5 \text{ (cm)}$$

$$k = \pi \text{ (1/cm)}$$

$$w = 3 \pi \text{ (rad/s)}$$

$$y = y_m \text{ sen}(kx - wt)$$

$$\text{En la cresta } y = y_m = 0,5 \text{ (cm)} = y_0$$

$$0,5 = 0,5 \text{ sen}(\pi x) \Rightarrow \text{sen}(\pi x) = 1$$

$$(\pi x) = \pi/2, 5\pi/2, \dots \Rightarrow x = 1/2, 5/2, \dots \text{ (cm)}$$

$$\text{para } t = 2,8 \text{ (s)} \quad x = 1/2$$

$$y_1 = 0,5 \text{ sen}(\pi \cdot 1/2 - 3\pi \cdot 2,8) = 0,155 \text{ (cm)}$$

$$d = y_0 - y_1 = 0,5 - 0,155 = 0,345 \text{ (cm)}$$

2. La diferencia de fase en una onda de propagación transversal, en una cuerda, entre dos puntos separados 2 (m) es de  $5\pi$  (rad). Si la cuerda tiene una densidad lineal de masa de  $3 \cdot 10^{-4}$  (Kg/m) y esta sometida a una tensión de 1,96 (N). Determine la velocidad de propagación y la frecuencia de la onda.

$$\begin{aligned} \Delta x &= 2 \text{ (m)} & \Delta\phi_{\Delta x} &= k \Delta x \\ \Delta\phi_{\Delta x} &= 5 \pi \text{ (rad/s)} & k &= 5\pi/2 = 2,5 \pi \text{ (m}^{-1}\text{)} \quad \lambda = (2\pi/k) = 0,8 \text{ (m)} \\ \mu &= 3 \cdot 10^{-4} \text{ (Kg/m)} & v &= \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{1,96}{0,0003}} = 80 \text{ (m/s)} \\ T &= 1,96 \text{ (N)} & v &= ? \\ v &= ? & f &= \lambda f \quad f = v/\lambda = 80/0,8 = 100 \text{ (Hz)} \\ f &= ? & & \end{aligned}$$

3. La aceleración de cada punto de una cuerda, de una onda transversal, está dada por la siguiente ecuación:  $a(x,t) = -400 \cos(0,3x - 40t)$  en  $(\text{m/seg}^2)$ ,  $x$  en  $(\text{m})$ ,  $t$  en  $\text{seg}$ . Encontrar la longitud de la onda y la elongación de un punto de la cuerda ubicado a  $2 \text{ (m)}$  en  $t = 4 \text{ seg}$ .

$$\begin{aligned} y_m w^2 &= 400 & y_m &= 400/40^2 = 0,25 \text{ (m)} \\ w &= 40 \text{ (rad/s)} & y &= y_m \sin(0,3 \cdot 2 - 40 \cdot 4) = -0,18 \text{ (m)} \\ k &= 0,3 \text{ (m}^{-1}\text{)} & & \\ y &= ? \text{ cuando } x=2 \text{ (m), } t=4 \text{ (s)} & & \\ \lambda &= 2\pi/k = 20,9 \text{ (m)} & & \end{aligned}$$

4. Una cuerda tensa tiene una masa de  $0,18 \text{ Kg}$  y una longitud de  $3,6 \text{ (m)}$ . ¿Qué potencia debe suministrarse para generar ondas senoidales con amplitud de  $0,10 \text{ (m)}$  y una longitud de onda de  $0,5 \text{ (m)}$ , y cuya velocidad sea de  $30 \text{ (m/seg)}$ .

$$\begin{aligned} m &= 0,18 \text{ (Kg)} & k &= 2\pi/\lambda = 4\pi \text{ (m}^{-1}\text{)} \\ L &= 3,6 \text{ (m)} & kv = w &\Rightarrow w = 4\pi \cdot 30 = 120 \pi \text{ (rad/s)} \\ P &= ? & \mu &= m/L = 0,18/3,6 = 0,05 \text{ (Kg/m)} \\ y_m &= 0,1 \text{ (m)} & v &= \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow T = v^2 \mu = 30^2 \cdot 0,05 = 45 \text{ (N)} \\ \lambda &= 0,5 \text{ (m)} & P &= \frac{1}{2} y_m^2 k w T = 1064,8 \text{ (w)} \\ v &= 30 \text{ (m/s)} & & \end{aligned}$$

**Actividad a realizar : Foro de discusión 1**

Con la ayudantía 1, se debe realizar el foro de discusión 1, para luego enviar, los conceptos y principios involucrados en la resolución de cada uno de los problemas

**Taller N° 1**

1.-La diferencia de fase en una onda de propagación transversal entre dos puntos separados 1(m) es de  $\pi$  (rad), y la diferencia de fase para esa onda en cualquier punto de la onda cuando el intervalo de tiempo es 3(seg) es  $6\pi$  (rad). Determine la velocidad de propagación de esa onda, si la tensión en la cuerda es de 20 (N).

2.-La velocidad de cada punto de una cuerda, de una onda transversal, está dada por la siguiente ecuación:  $u(x,t) = -10 \cos(0,3x - 40t)$  en (m/seg), x en (m), t en seg. Encontrar la longitud de la onda y la elongación de un punto de la cuerda ubicado a 2 (m) en  $t = 4$  seg.

**Este taller 1 se realiza en forma presencial y grupal de manera cooperativa.**

**Interferencia de Ondas**

La interferencia es un fenómeno físico donde se superponen o combinan dos o más ondas. Para ello, consideramos aquellas superposiciones que presentan algún grado de interés, se manifiestan en forma natural.

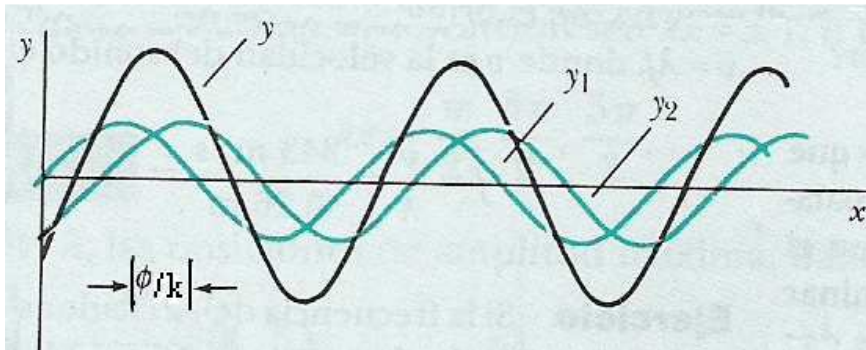
**Caso 1.** Consideremos dos ondas de igual frecuencia y amplitud que avanzan con la misma dirección y velocidad de propagación, pero con diferencia de fase  $\phi$  entre ellas.

$$y_1 = y_m \text{ sen } ( kx - \omega t - \phi ) \quad (4.24)$$

$$y_2 = y_m \text{ sen } ( kx - \omega t ) \quad (4.25)$$

reorganizando la ecuación (4.24).

$y_1 = y_m \text{ sen } ( k(x - \phi/k) - \omega t )$ . Se puede comparar con la onda (4.25). Es evidente que existe un desfase en x. una cantidad  $(\phi/k)$ , como lo muestra la siguiente figura 4.20 (escaneada de Serway (1997), IV edición, tomo I) de sus movimientos.



**Figura 4.20:** Superposición de dos ondas de igual dirección, frecuencia y amplitud.

Al realizar matemáticamente la superposición de (4.24) y (4.25), se tiene:

$$y = y_1 + y_2 = y_m \sin ( kx - \omega t - \phi ) + y_m \sin ( kx - \omega t )$$

usando la relación trigonométrica:

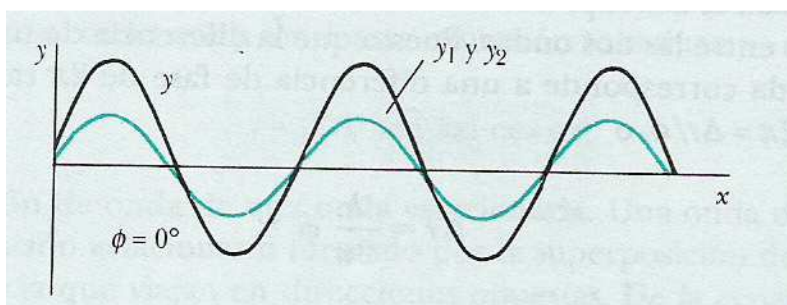
$$\sin A + \sin B = 2 \sin \frac{1}{2} ( A + B ) \cos \frac{1}{2} ( B - A )$$

a la relación anterior se obtiene:

$$y = 2 y_m \cos ( \phi / 2 ) \sin ( kx - \omega t - \phi / 2 ) \quad (4.26)$$

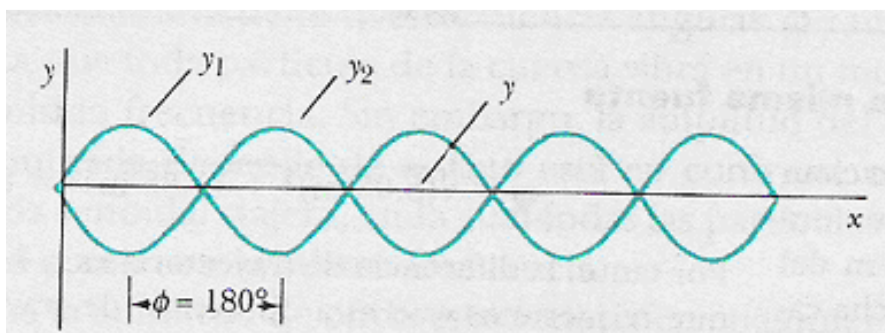
De la relación se pueden obtener algunas observaciones importantes como:

- (1) Si  $\phi = 0$ , la superposición muestra que la onda resultante se potencia con un aumento en su amplitud. Este tipo de superposición se denomina interferencia constructiva. A continuación se muestra la forma gráfica de la figura 4.21, de esta superposición.



**Figura 4.21:** Superposición de dos ondas de igual dirección, frecuencia, amplitud y fase.

(2) Sin embargo, cuando la diferencia de fase entre las ondas, se acerca a  $\phi = 180^\circ$ , la superposición hace que la amplitud de la onda resultante decrezca hasta anularse. Este fenómeno se denomina interferencia destructiva. Se indica en la siguiente figura 4.22.

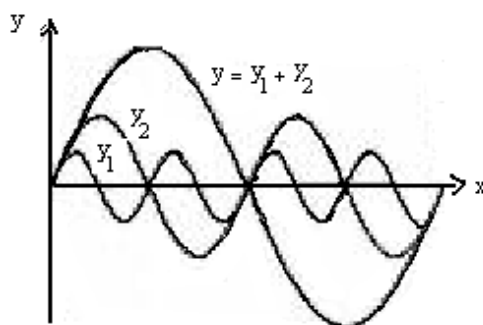


**Figura 4.22:** Superposición de dos ondas de igual dirección, frecuencia, amplitud y fase opuestas.

*Nota:* Las figuras: 4.21 y 4.22 son escaneadas del Serway (1997), IV edición, Tomo I.

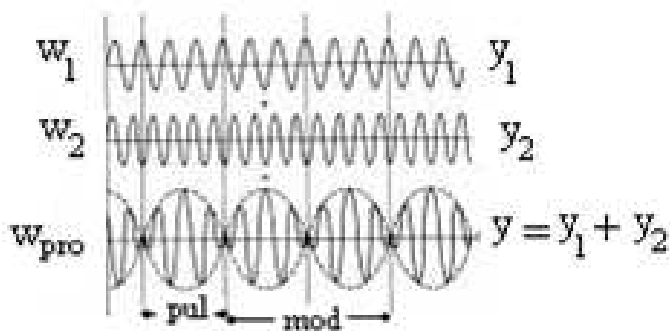
**Caso 2.** Si las ondas tienen diferentes frecuencias y diferente amplitud, la superposición de las dos ondas es una interferencia mucho más compleja.

(1) Si  $\omega_1 = 2 \omega_2$ , la superposición o interferencia se muestra a continuación



**Figura 4.23:** Superposición de dos ondas de igual dirección, diferente frecuencia.

(2) Si las frecuencias de las ondas que se van a superponer tienen una frecuencia muy parecida  $\omega_1 \approx \omega_2$ , la interferencia que resulta es un fenómeno llamado pulsación. La pulsación que resulta de la superposición se muestra en la siguiente figura 4.24.



**Figura 4.24:** Superposición de dos ondas de igual dirección, y frecuencia parecidas.

La onda resultante, vibra con una frecuencia  $w_{pro} = (w_1 + w_2) / 2$

La frecuencia de pulsación es  $w_{pul} = |w_2 - w_1|$

La frecuencia de modulación es  $w_{mod} = (|w_2 - w_1|) / 2$

### Ondas estacionarias

Un cuerpo de una dimensión de tamaño finito, por ejemplo, una cuerda estirada sostenida por dos soportes fijos, separados una distancia  $L$ . Las ondas que avanzan por la cuerda se reflejan en los extremos del cuerpo. Cada una de estas reflexiones da lugar a una onda que avanza por la cuerda en sentido opuesto.

Las ondas reflejadas se suman a las ondas incidentes de acuerdo al principio de superposición. Consideremos dos ondas de la misma frecuencia, velocidad y amplitud (incidentes y reflejadas) que avanzan en sentidos opuestos:

Para ondas armónicas:

$$y_{inc} = y_m \text{sen}(kx - wt), \text{ viaja hacia la derecha, onda incidente}$$

$$y_{ref} = y_m \text{sen}(kx + wt), \text{ viaja hacia la izquierda, onda reflejada}$$

La resultante de la superposición de ambas ondas:  $y = y(x,t) = y_{inc} + y_{ref} = y_m \text{sen}(kx - wt) + y_m \text{sen}(kx + wt)$

$$y = y(x,t) = y_{inc} + y_{ref} = y_m [\text{sen}(kx - wt) + \text{sen}(kx + wt)]$$

Aplicando la relación trigonométrica:

$$\sin A + \sin B = 2 \sin \frac{1}{2} (A + B) \cos \frac{1}{2} (B - A)$$

Se obtiene la relación llamada ecuación para el desplazamiento de una onda estacionaria:

$$y = y(x,t) = 2 y_m \sin(kx) \cos(\omega t) \quad (4.27)$$

La velocidad de los puntos de la cuerda para la onda estacionaria será derivando (4.27)

$$\text{respecto al tiempo: } u = u(x,t) = \partial y / \partial t = -2 \omega y_m \sin(kx) \sin(\omega t) \quad (4.28)$$

La ecuación (4.27) nos dice que una partícula en un punto cualquiera  $x$  ejecuta un movimiento armónico simple en el transcurso del tiempo y todas las partículas vibran con la misma frecuencia. Otra característica de las ondas estacionarias es el hecho que la amplitud no es la misma para diferentes partículas, sino que varía con la posición  $x$  de la partícula.

Al examinar la amplitud de la onda estacionaria se puede obtener nuevos conceptos para la onda estacionaria:

1. Si la amplitud  $2y_{\text{máx}} \sin(kx)$  tiene un valor máximo de  $2y_{\text{máx}}$  cuando  $\sin(kx) = 1$ . Es decir,

$$\begin{aligned} kx &= (1/2)\pi, (3/2)\pi, (5/2)\pi, (7/2)\pi, \dots \\ (2\pi/\lambda) x &= (1/2)\pi, (3/2)\pi, (5/2)\pi, (7/2)\pi, \dots \\ x &= (\lambda/4), (3\lambda/4), (5\lambda/4), (7\lambda/4), \dots \end{aligned} \quad (4.29)$$

Estos puntos  $x$ , se llaman **antinodos**, y están separados media longitud de onda entre ellos.

2. Cuando la amplitud  $2y_{\text{máx}} \sin(kx)$  tiene un valor mínimo de cero, cuando  $\sin(kx) = 0$ . Debe cumplirse que:

$$\begin{aligned} kx &= \pi, 2\pi, 3\pi, 4\pi, \dots \\ (2\pi/\lambda) x &= \pi, 2\pi, 3\pi, 4\pi, \dots \\ x &= (\lambda/2), (\lambda), (3\lambda/2), (2\lambda), \dots \end{aligned} \quad (4.30)$$

Estos puntos se llaman **nodos** y están espaciados media a media longitud de onda.

Por lo tanto, la distancia entre un **nodo** y el adyacente **antinodo** es de  $1/4$  longitud de onda

A continuación se muestra la gráfica para la onda estacionaria, en la cual se puede observar los nodos y antinodos.

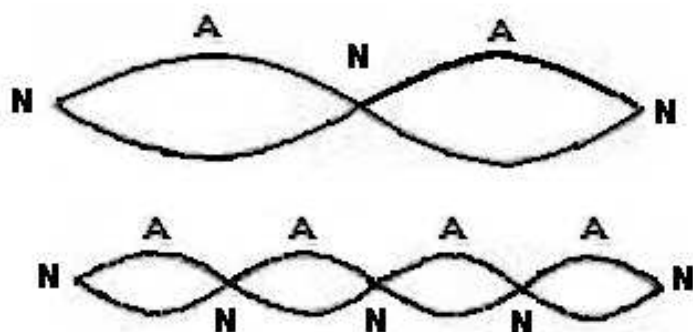


Figura 4.25: Ondas estacionarias.

Si la cuerda tiene un largo  $L$ , y si la distancia entre nodo y nodo es una semilongitud de onda, entonces implica que el largo de la cuerda será un número entero de semilongitudes de onda. Escrito en forma de relación o principio físico para la onda estacionaria, se escribe como:

$$n (\lambda/2) = L \quad (4.31)$$

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

$n$  suele denominarlo también como número de huso (Resnick, Halliday y Krane (1996)) y sirve para determinar el número de armónico de una onda estacionaria.

Si  $n = 1$ , se llama estado fundamental

Si  $n = 2$ , se llama segundo armónico

Si  $n = 3$ , se llama tercer armónico, etc.

La representación gráfica de los tres primeros armónicos, se muestran a continuación, en la figura 4.26:

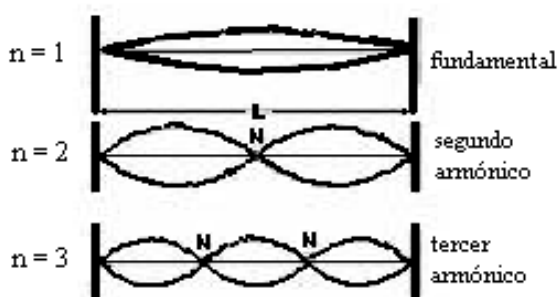


Figura 4.26: Armónico para ondas estacionarias.

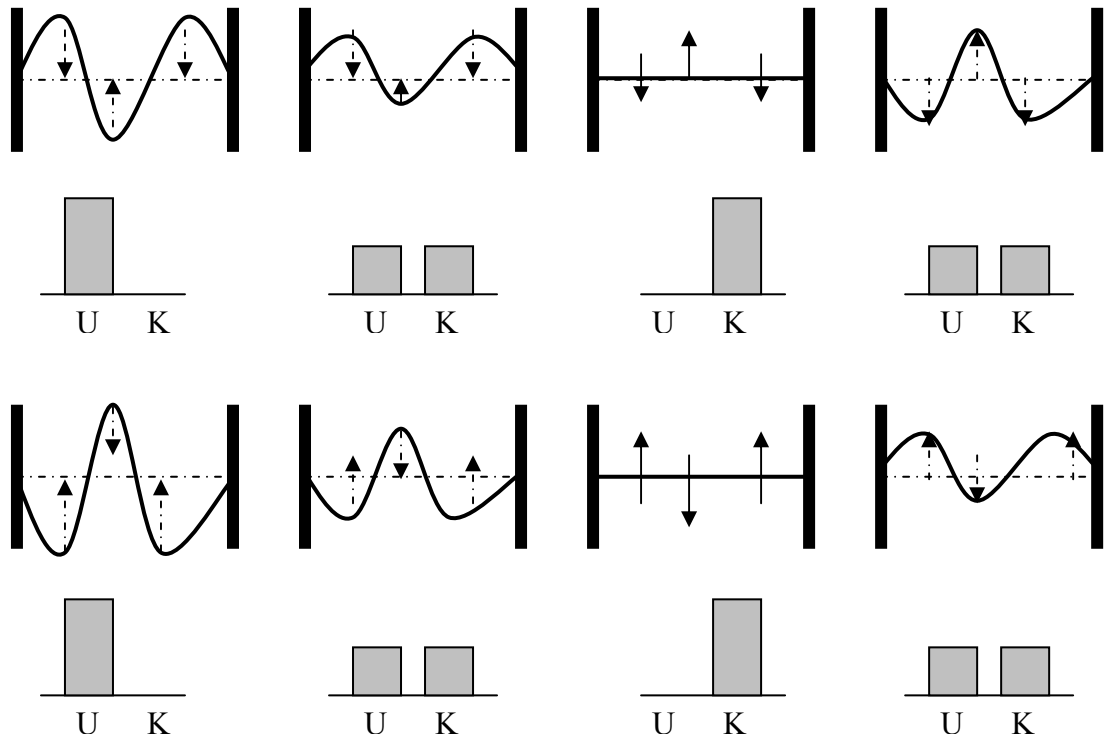
La frecuencia de cada armónico, se puede representar en término del número de huso y del largo de la cuerda, combinando la relación (4.31) y  $v = \lambda f$ .

$$f = v/\lambda = n (v/2L)$$



$$f_n = n(v/2L) \quad \text{con} \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (4.32)$$

La energía de la cuerda en una onda estacionaria debe ser constante y va cambiando de cinética  $K$  a potencial  $U$ , y viceversa. A continuación se muestra, el comportamiento de la energía cinética y potencial en la cuerda durante un ciclo. Realizado cada un octavo del período.



**Figura 4.27:** Comportamiento de la energía potencial y cinética en las ondas estacionarias en cuerdas.

### Observaciones:

Respecto a lo desarrollado para las ondas estacionarias en cuerda:

- (a) Si el extremo de una cuerda tensa es fijo en los extremos, la onda o un pulso que llega al extremo, ejerce una fuerza hacia arriba sobre el apoyo, pero como es rígido y no se mueve por la tercera ley de Newton, el apoyo ejerce una fuerza igual sobre la cuerda pero en sentido contrario. Esta fuerza de reacción genera un impulso contrario en el apoyo y hace que regrese por la cuerda en sentido contrario al del incidente. Esto hace que el extremo fijo sea un nodo, como se presentan a continuación.

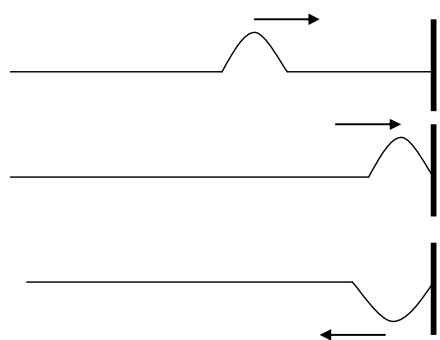


Figura 4.28: Reflexión de una onda en extremo fijo.

(b) Si el extremo no está fijo a la cuerda, no pivoteado, como por ejemplo, una pequeña argolla que tenga la libertad para que la cuerda se mueva en el extremo, se alcanza un máximo desplazamiento o amplitud, para luego por la reacción de extremo baje y se devuelva en la misma dirección pero en sentido contrario al pulso incidente. En consecuencia, la onda estacionaria en ese punto provoca un antinodo, como se ilustra a continuación.

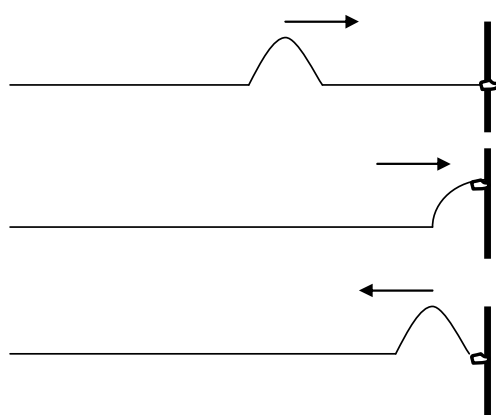


Figura 4.29: Reflexión de una onda en extremo libre..

## Resonancia

Cuando un sistema es capaz de oscilar recibe la acción de una serie periódica de impulsos de frecuencia igual o muy parecida a una de las frecuencias naturales de oscilación del sistema (cuerda). Este fenómeno se llama resonancia y se dice que el sistema resuena con los impulsos aplicados.

Un tipo claro donde se aprecia este fenómeno de resonancia, es una cuerda tensa que por un extremo cuelga un peso y por el otro extremo unido a un vibrador o diapason eléctrico. Por lo tanto, la cuerda oscila con la frecuencia del diapason eléctrico.

A continuación, se muestra un esquema gráfico que describe lo anterior.

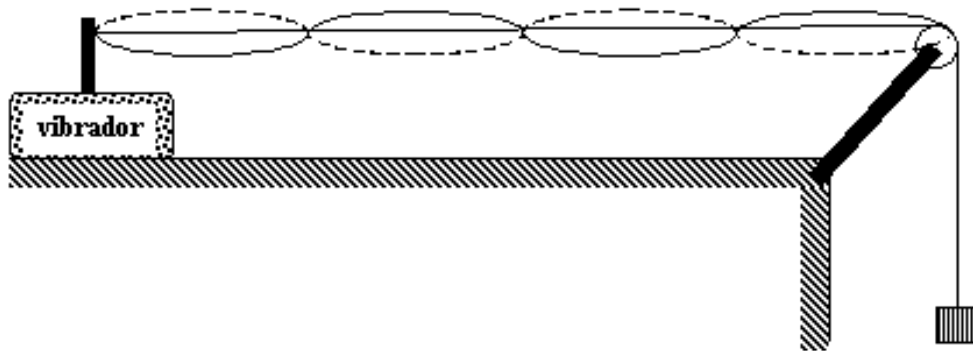
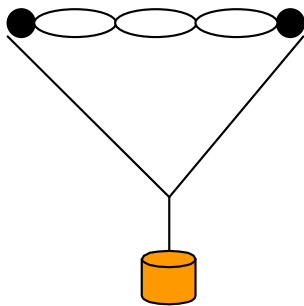


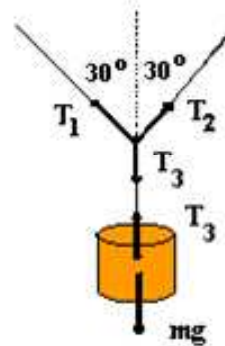
Figura 4.30: Ondas estacionarias producidas por diapasón eléctrico.

### Ejemplo de aplicación:

Determine el peso que debe colgarse en el nudo de la cuerda para que se produzca en la parte superior ondas estacionarias de frecuencia 100 (Hz) con tres antinodos. La cuerda se reparte en partes iguales y tiene una longitud total de 2,4 (m), y una densidad lineal de masa 0,02 (Kg/m). La cuerda y poleas son ideales.



Análisis de Fuerzas



$$f = 100 \text{ (Hz)}$$

$$n = 3$$

$$L_t = 2,7 \text{ (m)}$$

$$\mu = 0,02 \text{ (Kg/m)}$$

Ecuación de equilibrio en el nudo y en  $m$

$$\text{Eje x: } T_1 \cos 30^\circ - T_2 \cos 30^\circ = 0$$

$$T_1 = T_2 = T$$

$$\text{Eje y: } T_1 \cos 30^\circ + T_2 \cos 30^\circ - T_3 = 0$$

$$T_3 = 2 T \cos 30^\circ$$

$$\text{Eje y: } T_3 = mg = 2T \cos 30^\circ$$

$$n (\lambda/2) = L = L_t / 3$$

$$3 (\lambda/2) = (2,4)/3 = 0,9$$

$$\lambda = 0,6 \text{ (m)}$$

$$v = \lambda f = 0,6 \cdot 100 = 60 \text{ (m/s)}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad T = \mu v^2$$

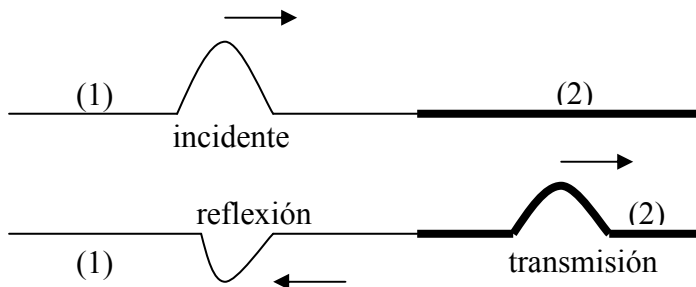
$$T = 0,02 \cdot 60^2 = 72 \text{ (N)}$$

$$mg = 2T \cos 30^\circ = 2 \cdot 72 \cdot 0,87 = 124,7 \text{ (N)}$$

### Reflexión y transmisión de ondas en cuerdas

Estudiamos la reflexión y transmisión de ondas transversales en dos cuerdas de materiales diferentes. Las cuerdas se someten a una tensión  $T$ , común en ambas cuerdas, lo mismo ocurre con la frecuencia con que se propaga la onda.

Cuando una onda viaja por una cuerda (1) al llegar a la cuerda (2), se producen los fenómenos de reflexión, con parte de la onda que se devuelve, y la otra parte se transmite a la segunda cuerda.



**Figura 4.31:** Fenómeno de reflexión y transmisión de ondas.

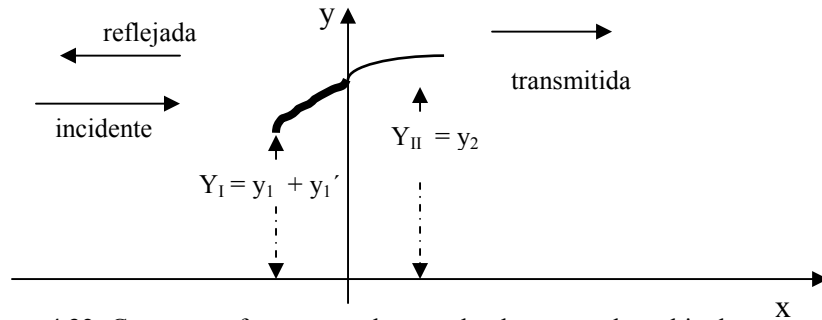
La ecuación de la onda incidente:  $y_1 = y_{01} \sin(\omega t - k_1 x)$ , donde  $y_{01}$  es la amplitud de la onda incidente.

La ecuación para la onda reflejada  $y_1' = y_{01}' \sin(\omega t + k_1 x)$ , donde  $y_{01}'$  es la amplitud de la onda reflejada.

La ecuación para la onda transmitida  $y_2 = y_{02} \sin(\omega t - k_2 x)$ , donde  $y_{02}$  es la amplitud de la onda transmitida.

La onda incidente debe superponerse con la reflejada en el medio (1). Las condiciones de contorno en el punto de unión es que ambas cuerdas deben tener el mismo desplazamiento

y la velocidad. Consideremos que  $Y_I = y_1 + y_1'$ ,  $Y_{II} = y_2$ , y el sistema de referencia en el punto de unión, como lo muestra el siguiente esquema:



**Figura 4.32:** Contorno o frontera en el punto donde ocurre el cambio de cuerdas.

Condiciones de contorno:

$$(1) \quad Y_I = Y_{II} \quad \text{en } x = 0,$$

$$(2) \quad F_{Y_I} = F_{Y_{II}} \quad \text{en } x = 0$$

Aplicando la primera condición de contorno.

$$(1) \quad Y_I = Y_{II} \quad \text{en } x = 0,$$

$$y_{01} \sin(wt - k_1x) + y_{01}' \sin(wt + k_1x) = y_{02} \sin(wt - k_2x)$$

valorizando para  $x = 0$ , y simplificando  $\sin(wt)$ , se logra

$$y_{01} + y_{01}' = y_{02} \tag{4.33}$$

llamada relación de amplitudes.

Aplicando la segunda condición de contorno.

$$(2) \quad F_{Y_I} = F_{Y_{II}} \text{ en } x = 0$$

$$\text{Pero, } F_{Y_I} = -T \frac{\partial Y_I}{\partial x} = -T \frac{\partial(y_1 + y_1')}{\partial x} = -T k_1 [-y_{01} \cos(wt - k_1x) + y_{01}' \cos(wt + k_1x)]$$

$$F_{Y_{II}} = -T \frac{\partial Y_{II}}{\partial x} = -T \frac{\partial y_2}{\partial x} = -T k_2 [-y_{02} \cos(wt - k_2x)]$$

Usando la condición (2), y simplificando  $T \cos(wt)$  de la ecuación, se obtiene:

$$k_1 (-y_{01} + y_{01}') = -k_2 y_{02}$$

$$k_1 (y_{01} - y_{01}') = k_2 y_{02} \tag{4.34}$$

despejando de (4.33)  $y_{02} = y_{01} + y_{01}'$  y se sustituyendo en (4.34), se tiene:

$$y_{01}' = \left( \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2} \right) y_{01}$$

pero  $k_1 = \frac{w}{v_1}$ ,  $k_2 = \frac{w}{v_2}$ , sustituyendo en la relación anterior, se puede escribir ahora:

$$R = \frac{y_{01'}}{y_{01}} = \left( \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2} \right) = \left( \frac{v_2 - v_1}{v_1 + v_2} \right) \quad (4.35)$$

R se llama **coeficiente de Reflexión**

Si se despeja de (4.33)  $y_{01}' = y_{02} - y_{01}$ , y se reemplaza en (4.34), se logra:

$$y_{02} = \left( \frac{2k_1}{k_1 + k_2} \right) y_{01}$$

usando, las relaciones  $k_1 = \frac{w}{v_1}$ ,  $k_2 = \frac{w}{v_2}$ , en la ecuación anterior, la relación

toma la forma

$$T = \frac{y_{02}}{y_{01}} = \left( \frac{2k_1}{k_1 + k_2} \right) = \left( \frac{2v_2}{v_1 + v_2} \right) \quad (4.36)$$

T se denomina **coeficiente de transmisión**

Como se trata de ondas en cuerdas los coeficientes de reflexión y transmisión se pueden expresar en términos de las densidades lineales de masa de cada una de las cuerdas.

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}, \text{ entonces para } v_1 = \sqrt{\frac{T}{\mu_1}}, v_2 = \sqrt{\frac{T}{\mu_2}} \text{ sustituyendo en la definición de}$$

los coeficiente de reflexión R y de transmisión T, se pueden escribir:

$$R = \left( \frac{\sqrt{\mu_1} - \sqrt{\mu_2}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}} \right) \quad (4.37)$$

$$T = \left( \frac{2\sqrt{\mu_1}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}} \right) \quad (4.38)$$

Como se puede observar el valor de R puede ser positivo si  $\mu_1 > \mu_2$ , en este caso, la reflexión se vuelve por arriba. Si R es negativo entonces se cumple que  $\mu_1 < \mu_2$ , ahora la reflexión del pulso es invertida.

En concreto:  $0 \leq R \leq 1$ , si  $\mu_1 > \mu_2$

-  $1 \leq R \leq 0$ , si  $\mu_1 < \mu_2$

En cuanto al valor de  $T$ , siempre será positivo. Si  $\mu_1 > \mu_2$ ,  $T$  será mayor que 1. Sin embargo, si  $\mu_1 < \mu_2$  será menor que 1.

$$\begin{aligned} \text{En síntesis: } T &\geq 1 & \text{ si } & \mu_1 > \mu_2 \\ 0 \leq T &\leq 1 & \text{ si } & \mu_1 < \mu_2 \end{aligned}$$

Se deja al alumno la posibilidad de expresar los coeficientes de reflexión  $R$  o transmisión  $T$  en términos de densidades o secciones del material. Para ello se puede hacer uso de la definición de densidad de un material y relacionarlo con la densidad lineal de masa de la cuerda y la sección de este material.

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{V} = \frac{m}{AL} = \frac{\mu}{A} \\ \mu &= \rho A \end{aligned} \tag{4.39}$$

### Energía en la reflexión y transmisión

La energía de la onda incidente debe repartirse en la energía para la onda reflejada y la energía con que sigue la onda transmitida. La energía de una onda la asociamos con la potencia de esa onda, cuyo principio se muestra a continuación:

$$\begin{aligned} P &= T k \omega y_m^2 \cos^2(kx - \omega t - \phi) \\ \langle P \rangle &= \frac{1}{2} T_{\text{ensión}} k \omega y_m^2 \end{aligned}$$

para cada una de las ondas:

$$\langle P_{\text{incidente}} \rangle = \frac{1}{2} T_{\text{ensión}} k_1 \omega y_{01}^2$$

$$\langle P_{\text{reflejada}} \rangle = \frac{1}{2} T_{\text{ensión}} k_1 \omega y_{01}^2$$

$$\langle P_{\text{transmitida}} \rangle = \frac{1}{2} T_{\text{ensión}} k_2 \omega y_{02}^2$$

si se expresan las amplitudes en términos de los coeficientes de reflexión y transmisión:

$$y_{01'} = R y_{01}, \quad y_{02} = T y_{01}$$

La conservación de la energía expresada a través de la potencia indica

$$\langle P_{\text{incidente}} \rangle = \langle P_{\text{reflejada}} \rangle + \langle P_{\text{transmitida}} \rangle$$

$$\frac{1}{2} T_{\text{ensión}} k_1 w y_{01}^2 = \frac{1}{2} T_{\text{ensión}} k_1 w R^2 y_{01}^2 + \frac{1}{2} T_{\text{ensión}} k_2 w T^2 y_{01}^2$$

$$k_1 = k_1 R^2 + k_2 T^2$$

reorganizando los términos:

$$1 = R^2 + (k_2 / k_1) T^2 \tag{4.40}$$

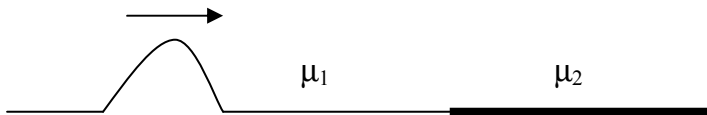
Otra relación entre los coeficientes de reflexión y transmisión que se puede utilizar para la resolución de problemas, y fácil de demostrar, usando sus definiciones es:

$$T - R = 1 \tag{4.41}$$

donde, el signo de R puede ser tanto positivo como negativo.

**Ejemplo de aplicación:**

Se tienen dos cuerdas del mismo largo, unidas como lo muestra la figura. Si un pulso incidente de amplitud A, se demora 3 (s) en recorrer la cuerda (1), y 4 (s) en la cuerda (2). Determine la amplitud del pulso reflejado y transmitido, y la razón entre las densidades lineales de las cuerdas ( $\mu_1 / \mu_2$ )



$$y_{01} = A \qquad v_1 = (L / t_1) \qquad v_2 = (L / t_2)$$

$$L_1 = L_2 = L \qquad R = \left( \frac{v_2 - v_1}{v_1 + v_2} \right) = \frac{\frac{L}{t_2} - \frac{L}{t_1}}{\frac{L}{t_1} + \frac{L}{t_2}} = \frac{t_1 - t_2}{t_1 + t_2} = \frac{3 - 4}{3 + 4} = - (1/7)$$

$$t_1 = 3 \text{ (s)} \qquad T = \left( \frac{2v_2}{v_1 + v_2} \right) = \frac{\frac{2L}{t_2}}{\frac{L}{t_1} + \frac{L}{t_2}} = \frac{2t_1}{t_1 + t_2} = \frac{2 \cdot 3}{3 + 4} = + (6/7)$$

$$t_2 = 4 \text{ (s)} \qquad y_{01'} = R y_{01} = - (1/7) A = (-A/7)$$

$$y_{01'} = ? \qquad y_{02} = T y_{01} = (6/7) A = (6 A / 7)$$

$$y_{02} = ? \qquad T = \left( \frac{2\sqrt{\mu_1}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}} \right) = \frac{6}{7}$$



$$(\mu_1 / \mu_2) = ? \quad 14 \sqrt{\mu_1} = 6 \sqrt{\mu_1} + 6 \sqrt{\mu_1}$$

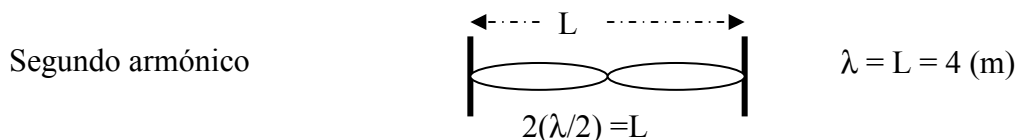
$$(\mu_1 / \mu_2) = 9/16$$

### **Actividad a realizar : Mapa conceptual 2**

Elaborar un mapa conceptual con los conceptos vistos en la subunidad de ondas en cuerdas

### **Ayudantía 2**

1. Determinar la tensión que debe aplicarse a una cuerda de largo 4 (m) para que se produzca una onda estacionaria en el segundo armónico. La cuerda está vibrando con frecuencia de 100 (Hz), tiene una densidad lineal de masa  $\mu = 0,0010$  (Kg/m)



$$L = 4 \text{ (m)}; \quad f = 100 \text{ (Hz)}; \quad \mu = 0,001 \text{ (Kg/m)}.$$

$$v = \lambda f = 4 \cdot 100 = 400 \text{ (m/s)}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}, \quad T = v^2 \mu = (400)^2 \cdot 10^{-3}$$

$$T = 160 \text{ (N)}$$

2. La velocidad de cualquier punto de una onda estacionaria está dado por la ecuación:  $u(x,t) = -70 \text{ sen}(0,25 x) \text{ sen}(140 t)$ , en (cm/seg), donde  $x$  en cm  $t$  en seg. Determine la longitud que debe tener la cuerda para que ésta tenga cuatro vientres, y la velocidad de propagación de la onda.

$$u(x,t) = -70 \text{ sen}(0,25 x) \text{ sen}(140 t)$$

$$y = y(x,t) = y_m \text{ sen } kx \text{ cos } \omega t$$

$$n = 4$$

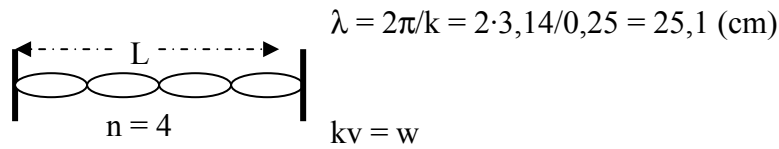
$$u = u(x,t) = -\omega y_m \text{ sen } kx \text{ sen } \omega t$$

$$L = ?$$

$$k = 0,25 \text{ (1/cm)}, \quad \omega = 140 \text{ (rad/s)}$$

$$v = ?$$

$$2 y_m = \pm 70 \text{ (cm/s)}$$



$$\lambda = 2\pi/k = 2 \cdot 3,14 / 0,25 = 25,1 \text{ (cm)}$$

$$0,25 v = 140$$

$$v = 560 \text{ (cm/s)}$$

$$n (\lambda/2) = L$$

$$L = 4 (25,1/2) = 50,2 \text{ (cm)}$$

3. Desde una cuerda (1) incide un pulso de amplitud A, y se genera un pulso reflejado en la cuerda (1) y uno transmitido en la cuerda (2). El coeficiente de transmisión es 1,5. Determinar la amplitud de la onda reflejada y la transmitida.

$$y_{01} = A$$

$$T = (y_{02} / y_{01})$$

$$y_{01}' = ?$$

$$y_{02} = T y_{01} = 1,5 A$$

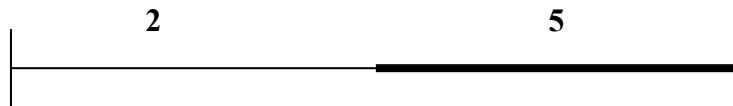
$$y_{02} = ?$$

$$y_{01} + y_{01}' = y_{02}$$

$$T = 1,5$$

$$y_{01}' = y_{02} - y_{01} = 1,5A - A = 0,5 A$$

4. Determinar el coeficiente de reflexión y transmisión para una onda estacionaria que se produce en dos cuerda unidas, del mismo largo, de manera tal, que en la primera cuerda existen 2 semilongitudes de onda y en la otra 5 semilongitudes de onda. El nudo coincide con un nodo. La frecuencia para esta onda 100 (Hz).



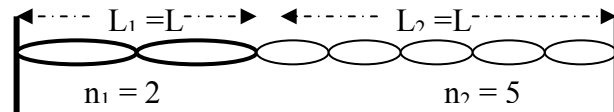
$$f_1 = f_2 = f$$

$$n_1 = 2$$

$$n_2 = 5$$

$$f = 100 \text{ (Hz)}$$

$$L_1 = L_2 = L$$



$$n_1 (\lambda_1/2) = L, \quad 2((\lambda_1/2) = L, \lambda_1 = L$$

$$n_2 (\lambda_2/2) = L, \quad 5((\lambda_2/2) = L, \lambda_2 = (2/5) L$$

$$v_1 = \lambda_1 f_1$$

$$v_2 = \lambda_2 f_2$$

$$R = (v_2 - v_1) / (v_2 + v_1) = (\lambda_2 - \lambda_1) / (\lambda_2 + \lambda_1)$$

$$R = - (3/7)$$

$$T = (2v_2) / (v_2 + v_1) = (2\lambda_2) / (\lambda_2 + \lambda_1)$$

$$T = (4/7)$$

**Actividad a realizar : Foro de discusión 2**

Con la ayudantía 2 se debe realizar el foro de discusión 2, para luego enviar, los conceptos y principios involucrados en la resolución de cada uno de los problemas.

**Taller N° 2**

1. Determinar la tensión que debe aplicarse a una cuerda de largo 4 (m) para que se produzca una onda estacionaria en el estado fundamental. La cuerda está vibrando con frecuencia de 100 (Hz), tiene una densidad lineal de masa  $\mu = 0,0020$  (Kg/m).
2. Desde una cuerda (1) incide un pulso de amplitud A, se genera un pulso reflejado cuerda (1) y uno transmitido, cuerda (2). Si ambas cuerdas son del mismo material, pero la sección de la cuerda (1) es un cuarto de la sección de la cuerda (2). Determine:
  - (a) La amplitud de la onda reflejada y la transmitida.
  - (b) Si la onda incidente se demora 1,2 seg en llegar a la unión. ¿Cuánto tiempo empleará la onda para recorrer la misma distancia en la cuerda (2)?

**Este taller 2 se debe realiza en forma presencial y grupal de manera cooperativa.**

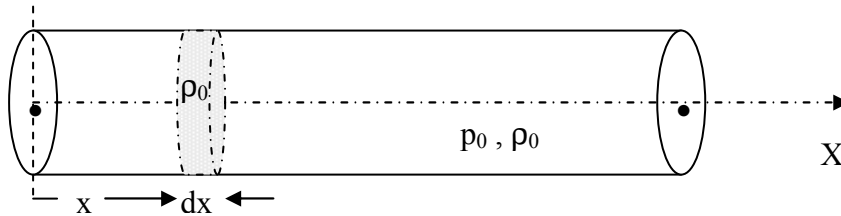
**4.2.3 Ondas de presión o sonoras**

Ondas de presión son producidas por perturbación qque se propaga por un gas o por un metal. Son ondas longitudinales conocida como sonido.

Supongamos que las ondas se propagan en un gas encerrado en un tubo de sección cilíndrica, y que las perturbaciones se deben a variaciones en la presión del gas. Debe recordarse que los gases son comprensibles a estos cambios de presión.

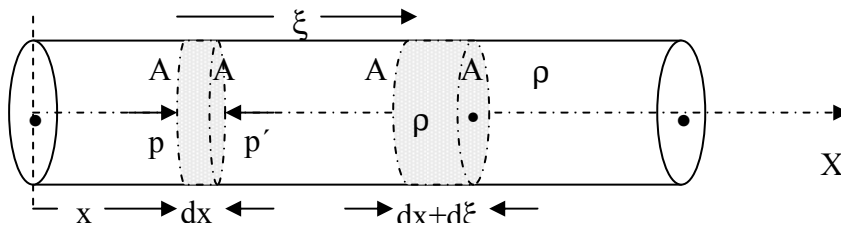
Sea  $p_0$ ,  $\rho_0$  la presión y densidad del gas en condiciones de equilibrio. Éstas conservan el mismo valor en todo el volumen del gas y son independientes de x, cuando el sistema no es

perturbado, es decir, permanece en equilibrio. Antes de realizar un análisis físico de gas perturbado, es necesario considerar un elemento infinitesimal del gas en el equilibrio como lo indica la siguiente figura 4.33.



**Figura 4.33:** Gas en un tubo de aire en condiciones normales.

Si la presión en el gas se modifica, el volumen elemental sufre un cambio de presión entre sus caras, por ende, se crean fuerzas diferentes entre sus caras, lo que implica poner en movimiento al elemento, con fuerza neta no nula, desplazándose una cantidad  $\xi$ . Las cantidades físicas se muestran en la siguiente figura 4.34.



**Figura 4.34:** Gas en un tubo de aire perturbado.

Para aplicar la ecuación dinámica de Newton ( $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ ), se necesita conocer la fuerza resultante que actúa sobre el elemento, la masa y la aceleración de ese elemento.

La masa del elemento infinitesimal  $dm$ , se debe expresar en término de la densidad y del volumen del elemento del gas. Además, se debe hacer notar que el gas es compresible, por lo que, en su estado perturbado tendrá otra densidad  $\rho$  y, por tanto, otro volumen ( $A(dx + d\xi)$ ), es decir, el elemento sufre deformación.

En consecuencia, la masa del elemento, en estado de equilibrio y perturbado, se expresa en término de:

Estado de equilibrio:

$$dm = \rho_0 A dx \quad (4.42)$$

En el estado perturbado:

$$dm = \rho A (dx + d\xi) \quad (4.43)$$

La aceleración del elemento infinitesimal debe ser la segunda derivada del desplazamiento  $\xi$  respecto del tiempo  $t$ .

$$a = \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} \quad (4.44)$$

La fuerza neta del elemento infinitesimal  $dF$ , se debe a las fuerzas que se ejercen sobre cada elemento. Para la cara anterior debe ser  $(p A)$  y para la cara posterior  $p'A$ . Como resultante en dirección  $x$  debe ser  $dF = p A - p'A = -A dp$ , donde  $dp = p' - p$ . Entonces:

$$dF = -A dp \quad (4.45)$$

En consecuencia, aplicando la ecuación dinámica  $dF = a dm$ , nos queda:

$$-A dp = \rho_0 A dx \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

aplicando la derivada parcial respecto a  $x$ , simplificando la ecuación por  $A$ . Se expresa:

$$\frac{\partial p}{\partial x} = -\rho_0 \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} \quad (4.46)$$

Esta ecuación diferencial es poco amigable de trabajar, por lo tanto, se deben explorar las condiciones termodinámicas del gas.

En primer lugar abordemos la densidad del gas debido a la perturbación. Para ello, el uso de la conservación de la masa del elemento indica que debe igualarse la relación (4.42) y (4.43) y conocer una relación para la densidad.

$$\rho_0 A dx = \rho A (dx + d\xi)$$

derivando parcialmente la aceleración respecto a "x", y haciendo las simplificaciones adecuada, la relación anterior se puede escribir como:

$$\begin{aligned} \rho_0 &= \rho \left( 1 + \frac{\partial \xi}{\partial x} \right) \\ \rho &= \rho_0 \left( 1 + \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)^{-1} \end{aligned} \quad (4.47)$$

Usando el teorema de binomio  $(1+x)^{-1} = 1 - x + x^2 - x^3 + \dots$ , a la relación (4.47), y considerando los términos superiores a segundo grado despreciables, se tiene:

$$\rho = \rho_0 \left( 1 - \frac{\partial \xi}{\partial x} \right)$$

agrupando de otra forma lo anterior:

$$\rho - \rho_0 = - \rho_0 \frac{\partial \xi}{\partial x} \quad (4.48)$$

Aplicando las condiciones termodinámicas del gas, donde la presión se expresa a través de la densidad, se considera la ecuación de estado para el gas ideal, como lo es el aire.

$$pV = nRT$$

donde  $p$  es la presión de gas,  $V$  volumen,  $n$  números de moles,  $R$  la constante universal de los gases y  $T$  la temperatura del gas. Pero  $V = m / \rho$ , de la ecuación anterior

$p = \rho (n/m) RT$ , pero la  $T$  del gas se mantiene constante cuando la perturbación viaja por el medio. Es decir, la presión es función de la densidad:

$$p = p(\rho)$$

A esta función se le puede aplicar el desarrollo de Taylor (Teorema). Para una función cualquiera el desarrollo de Taylor se expresa:

$$f(x) = f(x_0) + (x - x_0) \left( \frac{df}{dx} \right)_0 + \frac{1}{2!} (x - x_0)^2 \left( \frac{d^2 f}{dx^2} \right)_0 + \dots$$

adecuando este teorema a la presión

$$p = p(\rho) = p(\rho_0) + (\rho - \rho_0) \left( \frac{dp}{d\rho} \right)_0 + \frac{1}{2} (\rho - \rho_0)^2 \left( \frac{d^2 p}{d\rho^2} \right)_0 + \dots$$

cortando la serie a partir de los términos de segundo orden, sabiendo que  $p(\rho_0) = p_0$

$$p = p_0 + (\rho - \rho_0) \left( \frac{dp}{d\rho} \right)_0 \quad (4.49)$$

Se define como coeficiente de elasticidad de un volumen de un gas  $\kappa$ , de la siguiente forma:

$$\kappa = \rho_0 \left( \frac{dp}{d\rho} \right)_0 \quad (4.50)$$

El sistema no intercambia calor con su ambiente, por lo tanto, se trata de un proceso termodinámico adiabático y cuya ecuación de estado esta representado por la siguiente relación:

$$pV^\gamma = \text{cte.}$$

en donde  $\gamma$  es la razón entre la capacidad calórica a presión constante dividida por la capacidad calórica a volumen constante. En el caso del aire, que es gas diatómico, su valor es

1,4. El volumen del gas se ha expresado en término de la densidad  $V = m / \rho$ . Entonces la ecuación de estado adiabático queda:

$$p = (\text{cte} / m^\gamma) \rho^\gamma = \text{cte} \rho^\gamma = C \rho^\gamma, \quad C \text{ es la constante.}$$

derivando respecto de  $\rho$ ,

$$\frac{dp}{d\rho} = \gamma C \rho^{\gamma-1}$$

valorando para el instante inicial:

$$\left(\frac{dp}{d\rho}\right)_0 = \gamma C \rho_0^{\gamma-1} = (\gamma C \rho_0^\gamma) / \rho_0 = (\gamma p_0) / \rho_0, \text{ lo que indica que la definición de } \kappa$$

queda de la forma

$$\kappa = \gamma p_0 \tag{4.51}$$

reconsiderando la ecuación (4.49) y sustituyendo (4.50):

$$p = p_0 + (\rho - \rho_0) \left(\frac{dp}{d\rho}\right)_0 = p = p_0 + (\rho - \rho_0) / \rho_0, \text{ usando (4.48), se obtiene:}$$

$$p = p_0 - \kappa \frac{\partial \xi}{\partial x} = p_0 - \gamma p_0 \frac{\partial \xi}{\partial x} \tag{4.52}$$

derivando (4.52) respecto a "x":

$$\frac{\partial p}{\partial x} = - \kappa \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2}, \text{ ahora se reemplaza en (4.46), logrando la ecuación de onda de}$$

desplazamiento para la onda sonora

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{\kappa}{\rho_0} \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} \tag{4.53}$$

$$\text{donde: } v = \sqrt{\frac{\kappa}{\rho_0}} = \sqrt{\frac{\gamma p_0}{\rho_0}} \tag{4.54}$$

$v$  es la velocidad de propagación de la onda, llamada velocidad del sonido.

Para el aire en condiciones normales  $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ (nt/m}^2\text{)}, \rho_0 = 1,29 \text{ (Kg/m}^3\text{)}, \gamma = 1,4$

La velocidad del sonido  $v = 331 \text{ (m/s)}$ , que para la resolución de problemas puede considerarse como  $v \cong 340 \text{ (m/s)}$ .

Si se deriva (4.52) respecto al tiempo

$$\frac{\partial p}{\partial t} = - \kappa \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial \xi}{\partial x} = - \kappa \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial \xi}{\partial t}, \text{ volviendo a derivar respecto del tiempo:}$$

$$\frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = - \kappa \frac{\partial}{\partial x} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

Pero, sustituyendo de (4.46)  $\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x}$ , en la ecuación anterior se obtiene la ecuación

de la onda de presión:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} &= -\kappa \frac{\partial}{\partial x} \left( -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p}{\partial x} \right) \\ \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} &= \frac{\kappa}{\rho_0} \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} \end{aligned} \quad (4.55)$$

con la misma velocidad de propagación que la onda de desplazamiento, porque es la misma onda pero ahora relacionadola con la presión.

Como la naturaleza es bastante armónica, la solución de las ecuaciones de ondas (4.53) para el desplazamiento y (4.55) para el de presión, con fase inicial 0, son de la forma:

$$\xi = \xi(x,t) = \xi_0 \text{sen} (kx - wt) \quad (4.56)$$

$$P = P_0 \cos (kx - wt) \quad (4.57)$$

Donde,  $P = p - p_0$ , corresponde a la onda de presión. Nótese que las soluciones (4.56) y (4.57) difieren en la fase de  $90^\circ$ , debido a la relación dada en (4.52) y que la presión oscila entorno a  $p_0$ , la presión atmosférica. Por ello, la onda de presión se conoce mejor como sobrepresión.

Se puede encontrar una relación entre las amplitudes de la ondas de desplazamiento  $\xi_0$  y la amplitud de la onda de sobre presión  $P_0$ . Para ello, se deriva  $\xi$  respecto a  $x$  :

$$\frac{\partial \xi}{\partial x} = k \xi_0 \cos (kx - wt), \text{ sustituyendo en (4.52)}$$

$$P = p - p_0 = -\kappa k \xi_0 \cos (kx - wt), \text{ reemplazando } \kappa = \rho_0 v^2$$

$$P = p - p_0 = -\rho_0 v^2 k \xi_0 \cos (kx - wt)$$

Comparándolo con (4.57), se tiene una expresión que relaciona la amplitud de desplazamiento  $\xi_0$  con la amplitud de sobrepresión  $P_0$ . Esta relación permite que si se conoce una de las variables se puede determinar la otra:

$$P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0 \quad (4.58)$$



**Ejemplo de aplicación:**

Una onda de presión de frecuencia de 400(Hz), es el sonido más débil que se puede oír, y corresponde a una amplitud de presión de  $8 \cdot 10^{-5}$  (N/m<sup>2</sup>). Determinar la amplitud de la onda de desplazamiento y plantear la ecuación para la onda de desplazamiento. Considerar la densidad del aire 1,29 (Kg/m<sup>3</sup>), velocidad del sonido en el aire 340 (m/s).

$$\begin{aligned}
 f &= 400 \text{ (Hz)} & v &= \lambda f, & 340 &= 400 \lambda \\
 P_0 &= 8 \cdot 10^{-5} \text{ (N/m}^2\text{)} & \lambda &= 0,85 \text{ (m)} \\
 \rho_0 &= 1,29 \text{ (Kg/m}^3\text{)} & k &= (2\pi)/\lambda = 6,28/0,85 = 7,39 \text{ (m}^{-1}\text{)} \\
 v &= 340 \text{ (m/s)} & P_0 &= \rho_0 v^2 k \xi_0 \\
 \xi_0 &=? & 8 \cdot 10^{-5} &= 1,29 (340)^2 7,39 \xi_0 \\
 \xi &=? & \xi_0 &= 7,2 \cdot 10^{-11} \text{ (m)} \\
 & & \omega &= 2\pi f = 800\pi \text{ (rad/s)} \\
 & & \xi &= \xi(x,t) = 7,2 \cdot 10^{-11} \text{ sen } (7,39 x - 800\pi t) \\
 & & & x \text{ en (m), } t \text{ en (s).}
 \end{aligned}$$

**Potencia e Intensidad de una onda sonora**

La potencia de la onda sonora es la energía que transporta la onda por unidad de tiempo

$$P = dW/dt = \mathbf{F} \mathbf{u} = F u$$

Pero, la fuerza resultante es

$$F = (p-p_0) A = - \kappa A \frac{\partial \xi}{\partial x} = - v^2 \rho_0 A \frac{\partial \xi}{\partial x} = - v^2 \rho_0 A k \xi_0 \cos(kx - \omega t)$$

La velocidad de las partículas de aire es la derivada de  $\xi$  respecto al tiempo:

$$u(x,t) = \partial \xi / \partial t = - \omega \xi_0 \cos(kx - \omega t)$$

en consecuencia, la potencia para la onda en la cuerda esta determinada por

$$P = v \rho_0 A \omega^2 \xi_0^2 \cos^2(kx - \omega t) \quad (4.59)$$

Esta potencia es instantánea depende de la tensión de la cuerda, longitud de onda, frecuencia, amplitud y es función de la posición y del tiempo.

Como esta potencia no es constante y se repite cada un período, entonces se aplica el teorema del valor medio de una función:

$$f(x)_m = \langle f(x) \rangle = \frac{1}{b-a} \int_a^b f(x) dx$$

Por lo tanto,

$$P_m = \langle P \rangle = \frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} v \rho_0 A w^2 \xi_0^2 \cos^2(kx - wt) dx \quad (4.60)$$

Haciendo la matemática correspondiente se logra para la potencia media de la onda en cuerda, medida en watt.

$$P_m = \langle P \rangle = \frac{1}{2} v \rho_0 A w^2 \xi_0^2 \quad (4.61)$$

Ahora, en ondas sonoras la energía se trabaja a través de la intensidad de la onda, es decir, energía por unidad de tiempo y área.

$$I = \frac{P}{A} = v \rho_0 w^2 \xi_0^2 \cos^2(kx - wt) \quad (4.62)$$

y la intensidad media

$$I_m = \langle I \rangle = \frac{1}{2} v \rho_0 w^2 \xi_0^2 \quad (4.63)$$

Es el valor medio de  $\langle I \rangle$  el que tiene sentido usar para la resolución de problema, por lo tanto, lo identificamos sólo por  $I$ .

La ecuación (4.63), se puede arreglar de la siguiente manera

$$I = \frac{v^2 \rho_0^2 w^2 \xi_0^2}{2 \rho_0 v} = \frac{P_0^2}{2 \rho_0 v} \quad (4.64)$$

Las ondas sonoras se propagan en todo el espacio, y se ha supuesto que el medio es no dispersivo, la energía por unidad de tiempo, potencia, es constante. Entonces, se puede relacionar la Intensidad de dos puntos que se encuentran separados una distancia,  $r$ , del la fuente sonora.

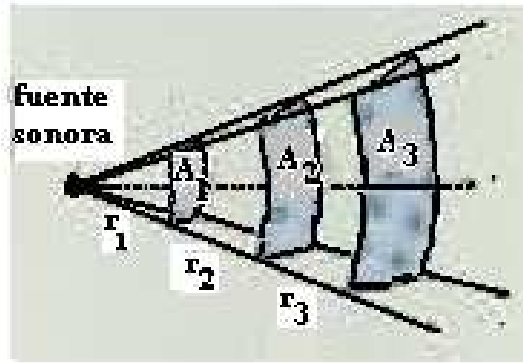


Figura 4.35: Propagación de una onda sonora.

Aplicando la conservación de la energía transportada,

$P_{\text{fuente sonora}} = P_1 = P_2 = P_3$ , pero  $P = I A$ , se tiene

$P_{\text{fuente sonora}} = I_1 A_1 = I_2 A_2 = I_3 A_3$ , el área corresponde al de una esfera de radios  $r_1$ ,  $r_2$ ,  $r_3$ .

El área de una esfera es  $4\pi r^2$

$$P = 4\pi r_1^2 I_1 = 4\pi r_2^2 I_2 = 4\pi r_3^2 I_3 \quad (4.65)$$

Si solo se relacionan dos puntos

$$I_2 = (r_1/r_2)^2 I_1 \quad (4.66)$$

Un concepto importante que se utiliza en ondas sonoras es el **nivel de presión sonora**,

definido por Bell de la siguiente manera:  $B = 10 \log \frac{I}{I_0}$  (4.67)

Se mide por una cantidad adimensional (dB) decibel.  $I_0$  es un nivel de referencia, umbral de audición del ser humano asignado el valor de  $10^{-12}$  (watt/m<sup>2</sup>)

También es posible, con un álgebra simple despejar de (4.67) el valor de I:

$$I = I_0 10^{(B/10)} \quad (4.68)$$

### Ejemplo de aplicación:

Determinar la energía, por tiempo, que emite una fuente sonora, si a 5 (m) de ella el nivel de presión sonora es de 80 (dB).

$$P = ?$$

$$I = I_0 10^{(B/10)}$$

$$r = 5 \text{ (m)}$$

$$I = 10^{-12} \cdot 10^{(80/10)} = 10^{-4} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

$$B = 80 \text{ (dB)}$$

$$P = 4\pi r^2 I$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

$$P = 4 \cdot 3,14 \cdot (5)^2 10^{-4} = 0,031 \text{ (w)}$$

### Ondas estacionarias en tubos de aire

Las ondas longitudinales que avanzan por un tubo finito se reflejan en los extremos del tubo, tal como las ondas transversales en una cuerda que se reflejan en sus extremos. Las interferencias entre las ondas que avanzan en sentidos opuestos dan lugar a ondas longitudinales estacionarias.

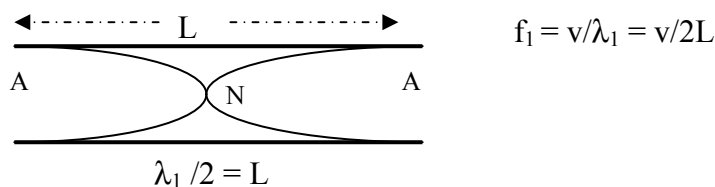
Cuando el extremo del tubo es cerrado la onda reflejada tiene una diferencia de fase de  $180^\circ$  con la onda incidente. Resultado coherente al hecho de que el movimiento de las partículas en un extremo cerrado debe ser cero. Por lo tanto, en un extremo cerrado siempre será un nodo de elongación.

Si el extremo del tubo es abierto la naturaleza de la reflexión es más compleja y depende de que el tubo sea ancho o estrecho en relación con la longitud de onda. Si el tubo es estrecho comparado con la longitud de la onda, caso habitual en la mayor parte de los instrumentos musicales, la reflexión es tal que hace que el extremo abierto sea un vientre o antinodo. En consecuencia, los tubos cerrados o abiertos tienen un comportamiento similar al de las ondas transversales en cuerdas con extremo fijo o libre, respectivamente.

### Ondas estacionarias en un tubo abierto

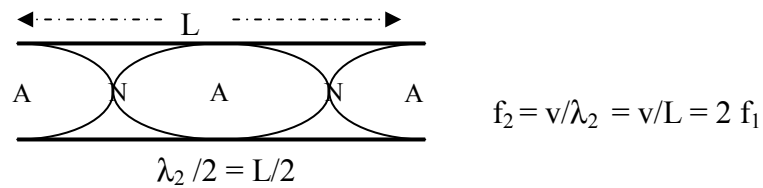
Examinemos todos los armónicos que se forman, como ondas estacionarias longitudinales en un tubo abierto, producto de la resonancia con sus frecuencias naturales de vibración. La velocidad de propagación es  $v = 340(\text{m/s})$ .

Fundamental:



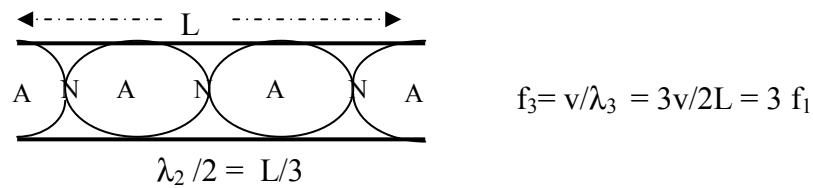
**Figura 4.36:** Estado fundamental para ondas estacionarias en tubo de aire abierto.

Segundo armónico:



**Figura 4.37:** Segundo armónico para ondas estacionarias en tubo de aire abierto.

Tercer armónico:



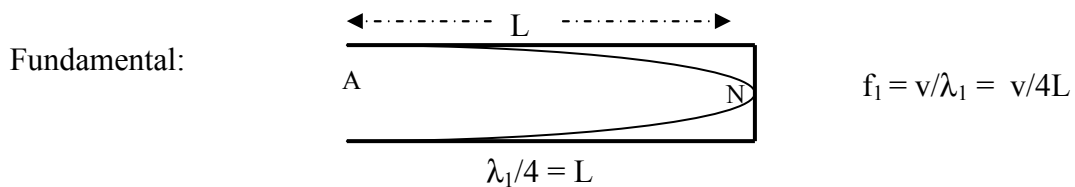
**Figura 4.38:** Tercer armónico para ondas estacionarias en tubo de aire abierto.

En general:

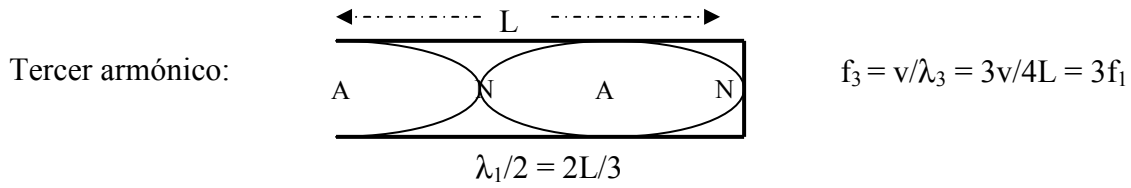
$$f_n = n f_1 = n \frac{v}{2L}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (4.69)$$

### Ondas estacionarias en un tubo cerrado

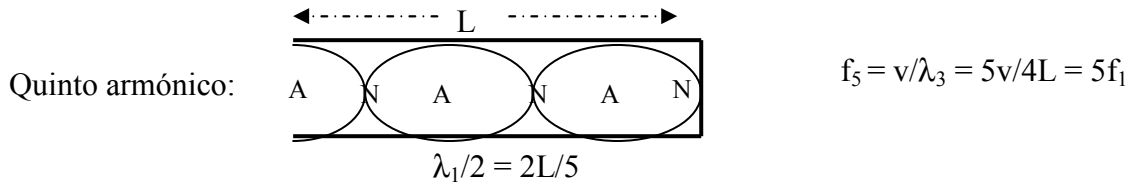
Examinemos todos los armónicos que se forman, como ondas estacionarias longitudinales en un tubo cerrado en uno de sus extremos, producto de la resonancia con sus frecuencias naturales de vibración. La velocidad de propagación es  $v = 340(\text{m/s})$ .



**Figura 4.39:** Estado fundamental para ondas estacionarias en tubo de aire cerrado.



**Figura 4.40:** Tercer armónico para ondas estacionarias en tubo de aire cerrado.



**Figura 4.41:** Quinto armónico para ondas estacionarias en tubo de aire cerrado.

En general:

$$f_{2n-1} = (2n-1) f_1 = (2n-1) \frac{v}{4L}, \quad n = 1, 2, 3, \dots \quad (4.70)$$

**Ejemplo de aplicación:**

Una onda estacionaria en una cuerda se encuentra en el estado fundamental debido a una tensión de 8 (N). Determine la densidad lineal de masa de la cuerda si ésta se encuentra en resonancia con un tubo de aire abierto del mismo largo que se encuentra en el tercer armónico.

<u>Cuerda</u>	Cuerda: $f_n = n \frac{v_c}{2L_c}$
$n = 1$	$v_c = \sqrt{\frac{T}{\mu}}, \quad f_{1c} = \frac{v_c}{2L_c}$
$T = 8 \text{ (N)}$	
$\mu = ?$	Tubo de aire: $f_n = n f_1 = n \frac{v_a}{2L_a}$

$$L_c = L \qquad f_{3c} = 3 \frac{v_a}{2L_a}$$

Tubo abierto  $f_{1c} = f_{3c}$

$$n = 3 \qquad \frac{v_c}{2L_c} = 3 \frac{v_a}{2L_a}, \qquad L_c = L_a = L$$

$$L_a = L \qquad v_c = 3 v_a = 3 \cdot 340 = 1020 \text{ (m/s)}$$

$$v_a = v = 340 \text{ (m/s)} \qquad \sqrt{\frac{8}{\mu}} = 1020$$

$$\mu = 0,028 \text{ (Kg/m)}$$

#### 4.2.4 Ondas elásticas en una barra

Si se provoca una perturbación en uno de los extremos de una barra metálica, golpeándola, por ejemplo, la perturbación se propaga o viaja a lo largo de la barra como una onda longitudinal, hasta llegar al otro extremo. Se dice que se ha propagado una onda elástica a lo largo de la barra.

Para hacer un estudio de esta onda elástica, se considera una barra de sección transversal uniforme  $A$ , sujeta a una fuerza en la dirección de su eje axial, que provoca la perturbación. La fuerza no es necesariamente la misma en todas las secciones y puede variar a lo largo de la barra. En cada sección transversal actúan dos fuerzas iguales y opuestas.

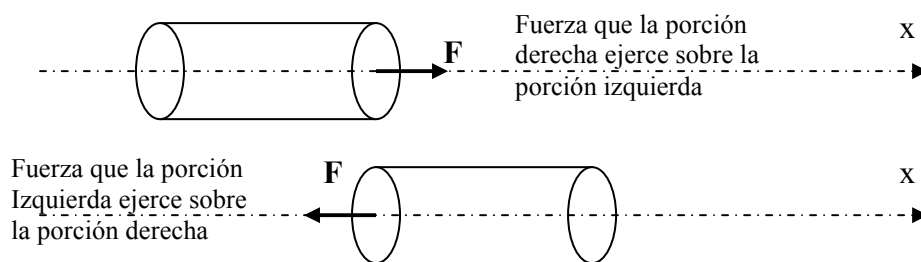


Figura 4.42: Ondas elástica en una barra.

El **esfuerzo normal** o **tensión normal**  $\sigma$  sobre una sección de la barra se define como la fuerza por unidad de área que se ejerce perpendicularmente a la sección transversal en ambos sentidos.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{en} \left( \frac{N}{m^2} \right) \quad (4.71)$$

Bajo la acción de tales fuerzas, cada sección de la barra experimenta un desplazamiento  $\xi$  paralelo al eje de la barra.

Para el estudio dinámico de las ondas producidas se considera un elemento de volumen, cuyas caras tiene un área  $A$ , y que en el equilibrio su espesor es  $dx$ . Cuando las fuerzas se manifiestan (perturbación), el elemento se desplaza y sufre deformación  $d\xi$ , como lo muestra la siguiente figura:

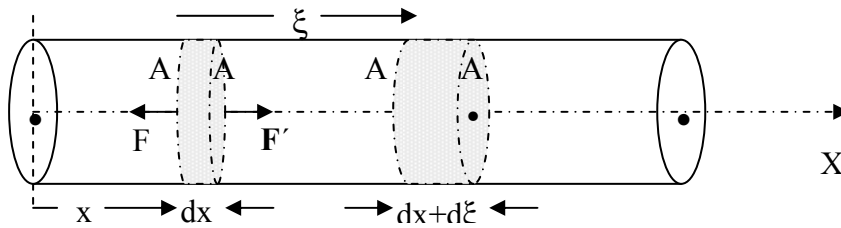


Figura 4.43: Dinámica de una onda elástica en una barra.

La **deformación unitaria normal**  $\varepsilon$ , en la barra, se define por la deformación por unidad de longitud a lo largo del eje de la barra, es decir, en la cantidad adimensional:

$$\varepsilon = \frac{\partial \xi}{\partial x} \quad (4.72)$$

Ahora, entre el esfuerzo normal  $\sigma$  y la deformación unitaria  $\varepsilon$ , existe una relación llamada Ley de Hooke para deformaciones. Dentro del límite de elasticidad del material, el esfuerzo normal es proporcional a la deformación unitaria.

$$\sigma = Y \varepsilon \quad (4.73)$$

donde  $Y$  es la constante de proporcionalidad, llamada módulo de Young, se mide en  $(N/m^2)$ , es una característica elástica de cada material. Por ejemplo,

$$Y_{\text{aluminio}} = 0,7 \cdot 10^{11} \text{ (N/m}^2\text{)}, Y_{\text{cobre}} = 1,25 \cdot 10^{11} \text{ (N/m}^2\text{)}, Y_{\text{acero}} = 2,0 \cdot 10^{11} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

De (4.71)  $F = \sigma A$ , pero sustituyendo  $\sigma = Y \varepsilon$ , queda:

$$F = Y A \varepsilon = Y A \frac{\partial \xi}{\partial x} \quad (4.74)$$

Para aplicar la ecuación dinámica de Newton ( $\mathbf{F} = m\mathbf{a}$ ), se necesita conocer la fuerza resultante, masa y aceleración del elemento de análisis.



La masa del elemento infinitesimal  $dm$ , se debe expresarse en término de la densidad y del volumen del elemento de la barra.

$$dm = \rho dV = \rho A dx \quad (4.75)$$

La aceleración del elemento infinitesimal debe ser la segunda derivada del desplazamiento  $\xi$  respecto del tiempo  $t$ .

$$a = \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} \quad (4.76)$$

La fuerza neta del elemento infinitesimal  $dF$ , es la fuerza que actúa sobre cada una de las caras del elemento infinitesimal, en la dirección del eje.

$$F' - F = dF = \left( \frac{\partial F}{\partial x} \right) dx: \quad (4.77)$$

En consecuencia, la segunda ley de Newton, aplicada al elemento infinitesimal queda:

$$\left( \frac{\partial F}{\partial x} \right) dx = \rho A dx \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

$$\left( \frac{\partial F}{\partial x} \right) = \rho A \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} \quad (4.78)$$

Si se deriva parcialmente (4.74) respecto a la posición  $x$ , y luego se sustituye en la ecuación anterior se forma la ecuación de onda de desplazamiento, para una barra elástica:

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = \frac{Y}{\rho} \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} \quad (4.79)$$

donde,  $v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$ , es la velocidad de propagación de la onda en barra elástica.

En vez de derivar en forma parcial (4.74) respecto a la posición  $x$ , se hace en relación del tiempo, y luego se combina con relaciones anteriores es posible determinar la ecuación de onda de fuerza para la barra elástica:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial t^2} = \frac{Y}{\rho} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} \quad (4.80)$$

Si las perturbaciones son armónicas la solución de la ecuación diferencial (4.79), debe ser similar a la obtenida para las ondas de presión en un gas.

$$\xi = \xi(x,t) = \xi_0 \text{ sen } (kx - \omega t) \quad (4.81)$$

### Ejemplo de aplicación:

Determinar la velocidad de propagación de las ondas elásticas longitudinales en una barra de acero. Considere para el acero:  $Y_{\text{acero}} = 2,0 \cdot 10^{11} \text{ (N/m}^2\text{)}$ ,  $\rho_{\text{acero}} = 7,8 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$ .

$$Y_{\text{acero}} = 2,0 \cdot 10^{11} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

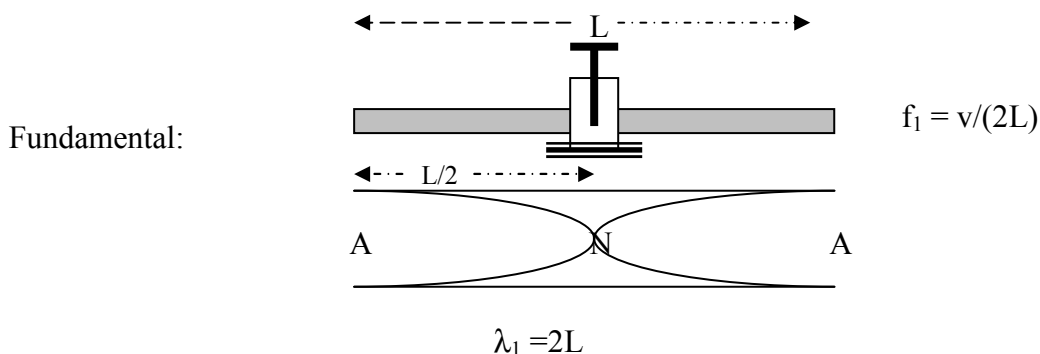
$$\rho_{\text{acero}} = 7,8 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$v = \sqrt{\frac{2,0 \cdot 10^{11}}{7,8 \cdot 10^3}} = 5,06 \cdot 10^3 \text{ (m/s)}$$

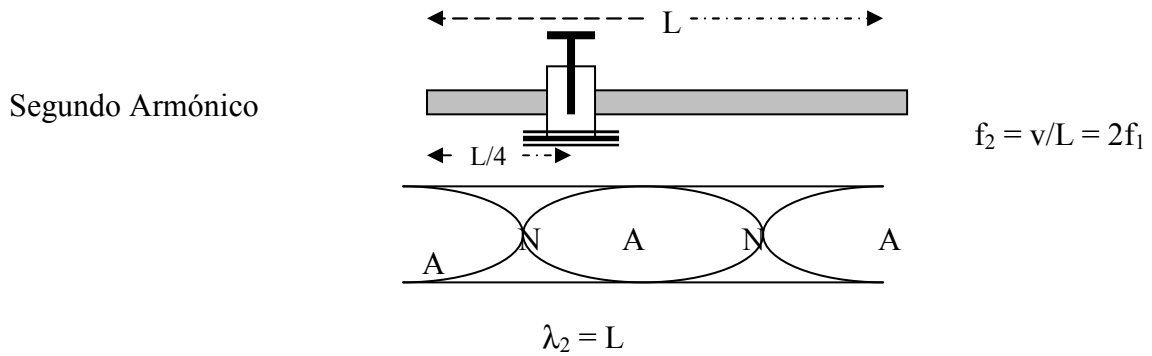
### Ondas estacionarias en Varillas

Las ondas longitudinales que avanzan por una varilla elástica se reflejan en sus extremos de la barra, tal como las ondas transversales en una cuerda que se reflejan en sus extremos. Las interferencias entre las ondas que avanzan en sentidos opuestos dan lugar a ondas longitudinales estacionarias. Si el extremo es libre, allí se formará un antinodo. Si el extremo está fijo, se formará un nodo.

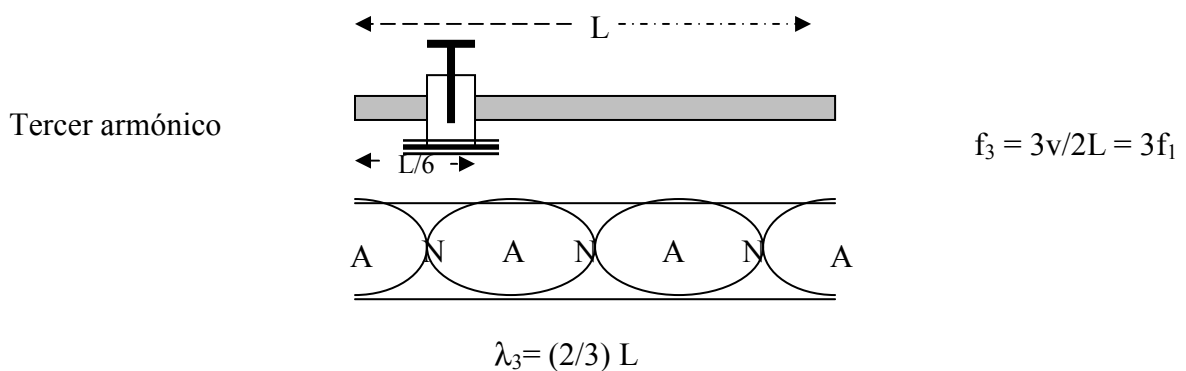
Las ondas estacionarias a estudiar serán aquellas producidas en varillas con ambos extremos libres, y donde se pivotee (o fije) la barra, se debe formar un nodo. A continuación, se presentan cada uno de los armónicos y en qué punto debe sujetarse la varilla.



**Figura 4.44:** Estado fundamental para ondas estacionarias en varilla metálica.



**Figura 4.45:** Segundo armónico para ondas estacionarias en varilla metálica.



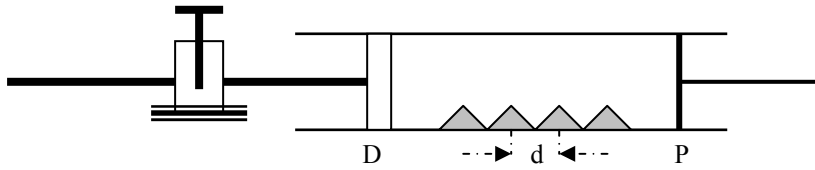
**Figura 4.46:** Tercer armónico para ondas estacionarias en varilla metálica.

La relación general que satisface a este tipo de armónicos esta dado por:

$$f_n = n \frac{v}{2L}, \quad \text{con } n = 1, 2, 3, \dots \quad (4.82)$$

### Ejemplo de aplicación:

En la figura se muestra una barra sujeta en su centro; un disco D colocado en su extremo proyecta dentro de un tubo de vidrio que tiene polvo de corcho esparcido en su interior. El tubo está provisto de un émbolo P en el otro extremo. La barra se frota poniéndose a vibrar longitudinalmente y el émbolo se mueve hasta que el polvo de corcho forma un patrón de nodos y antinodos (el polvo de corcho forma bordes bien definidos en los antinodos de presión). Este sistema y método es conocido como Tubo de Kundt. Si la varilla es de aluminio, de largo 1,8 (m), el módulo de Young es  $Y_{al} = 0,7 \cdot 10^{11}$  (N/m<sup>2</sup>), y su densidad es  $\rho_{al} = 2,71 \cdot 10^3$  (Kg/m<sup>3</sup>). Determinar la distancia entre antinodo “d” que se forman con el polvo de corcho en el interior del tubo.



$$L_m = 1,8 \text{ (m)}$$

$$v_m = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} = \sqrt{\frac{0,7 \cdot 10^{11}}{2,71 \cdot 10^3}} = 5082 \text{ (m/s)}$$

$$Y_{al} = 0,7 \cdot 10^{11} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$f_{1m} = \frac{v_m}{2L_m} = \frac{5082}{2 \cdot 1,8} = 1411,7 \text{ (Hz)}$$

$$\rho_{al} = 2,71 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$$

$$f_a = \frac{v_a}{\lambda_a} = \frac{340}{\lambda_a}$$

$$v_a = 340 \text{ (m/s)}$$

$$f_{1m} = f_a$$

$$d = ?$$

$$1411,7 = \frac{340}{\lambda_a}$$

$$\lambda_a = 0,24 \text{ (m)}$$

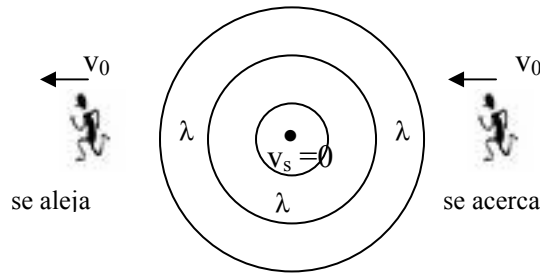
$$d = \lambda_a / 2 = 0,12 \text{ (m)}$$

#### 4.2.5 Efecto Doppler

El fenómeno efecto Doppler tiene relación con el movimiento relativo en una onda sonora entre el medio (aire), la fuente emisora de sonido, y el receptor (oído) u observador. Es fácil experimentar que cuando un oyente se mueve hacia una fuente sonora, el tono (frecuencia) es más alto que cuando está en reposo, y es más bajo cuando se aleja de la fuente. Ahora, si la fuente está en movimiento (bocina de un carro de policía) acercándose a nuestros oídos es más alto que cuando está en reposo, sin embargo, es más bajo cuando se aleja.

#### Caso 1. Observador en movimiento y fuente en reposo

Supongamos que un observador O se mueve hacia una fuente S que se encuentra en reposo, respecto al medio (aire). El observador O comienza a desplazarse hacia la fuente con una velocidad  $v_0$ . La fuente de sonido emite ondas sonoras con velocidad de propagación  $v$  (340 m/s), frecuencia de la fuente es  $f$  y su longitud de onda  $\lambda$ . A continuación, se muestra una representación de la situación:



**Figura 4.47:** Efecto Doppler fuente en reposo, observador en movimiento.

Los círculos representan frentes de ondas, separados una distancia de una longitud de onda  $\lambda$ , que viajan a través de un medio que se encuentra en reposo respecto a la fuente. Un observador en reposo en el medio recibiría  $(vt/\lambda)$  onda en un tiempo  $t$ , donde  $v$  es la velocidad del sonido en el medio y  $\lambda$  la longitud de la onda. Sin embargo, a causa del movimiento del receptor acercándose hacia la fuente, el observador recibe  $(v_0t/\lambda)$  ondas adicionales en este mismo tiempo  $t$ . En consecuencia, la frecuencia  $f'$  que oye el observador o receptor es el número de ondas recibidas por unidad de tiempo, es decir:

$$f' = \frac{\left(\frac{vt}{\lambda}\right) + \left(\frac{v_0t}{\lambda}\right)}{t} = \frac{v + v_0}{\lambda} = \frac{v + v_0}{\left(\frac{v}{f}\right)} = f \left(\frac{v + v_0}{v}\right) \quad (4.83)$$

La frecuencia captada por el receptor es mayor que la frecuencia emitida por la fuente cuando se acercan observador y fuente sonora.

Ahora, cuando el observador o receptor se aleja de la fuente en reposo, existe una disminución de la frecuencia, del tipo:

$$f' = \frac{\left(\frac{vt}{\lambda}\right) - \left(\frac{v_0t}{\lambda}\right)}{t} = \frac{v - v_0}{\lambda} = \frac{v - v_0}{\left(\frac{v}{f}\right)} = f \left(\frac{v - v_0}{v}\right) \quad (4.84)$$

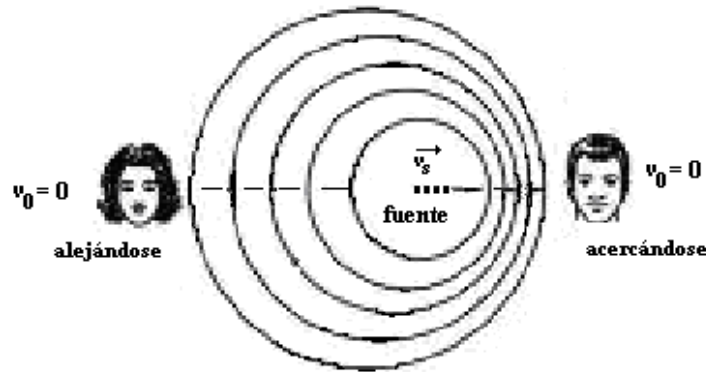
Reagrupando las relaciones (4.83) y (4.84), en una sola expresión:

$$f' = f \left(\frac{v \pm v_0}{v}\right) \quad (4.85)$$

donde, los signos superiores se utilizan cuando se acercan y los inferiores cuando se alejan observador y fuente sonora.

**Caso 2. Fuente en movimiento y observador en reposo**

Cuando la fuente está móvil hacia un observador en reposo, el efecto es un acortamiento de la longitud de la onda, ya que la fuente está viajando con velocidad  $v_s$ , como lo muestra la siguiente representación:



**Figura 4.48:** Efecto Doppler fuente en movimiento, observador en reposo.

Como la frecuencia de la fuente es  $f$  y su velocidad  $v_s$ , entonces durante cada vibración viaja una distancia  $v_s T = (v_s/f)$ , y cada longitud de onda se acorta en esta cantidad. De ahí que la longitud de la onda del sonido que recibe el observador o receptor cuando se acerca no sea  $\lambda = (v/f)$  sino  $\lambda' = (v/f) - (v_s/f)$ . La frecuencia del sonido que el observador recibe será

$$f' = (v/\lambda') = \frac{v}{\frac{(v - v_s)}{f}} = f \left( \frac{v}{v - v_s} \right) \quad (4.86)$$

cuando se aleja, la situación es de disminución en la frecuencia recibida por el receptor, la longitud de la onda ahora es mayor que  $\lambda$ , quedando la expresión de la siguiente manera:

$$f' = (v/\lambda') = \frac{v}{\frac{(v + v_s)}{f}} = f \left( \frac{v}{v + v_s} \right) \quad (4.87)$$

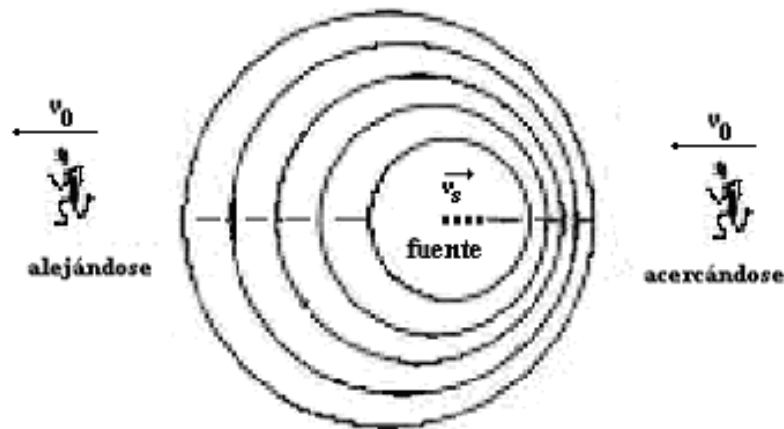
Estas dos últimas expresiones (4.86) y (4.87), se pueden resumir en una sola:

$$f' = f \left( \frac{v}{v \mp v_s} \right) \quad (4.88)$$

el signo superior corresponde cuando fuente y receptor se acercan y el inferior cuando se alejan.

### **Caso 3. Fuente en movimiento y observador en movimiento**

Éste sería el caso más general donde la fuente sonora viaja con velocidad  $v_s$  y el receptor viaja con una velocidad  $v_0$  ambas velocidades relativas al aire, y en la misma dirección. A continuación se muestra la representación del acontecimiento.



**Figura 4.49:** Efecto Doppler fuente en movimiento, observador en movimiento.

Se pueden integrar los resultados de los principios (4.83) y (4.86), para cuando observador y fuente se acercan quedando:

$$f' = f \left( \frac{v + v_0}{v - v_s} \right) \quad (4.89)$$

Para el caso en que fuente y observador se alejen se uno del otro se juntan los resultados de los principios (4.85) y (4.86), quedando:

$$f' = f \left( \frac{v - v_0}{v + v_s} \right) \quad (4.90)$$

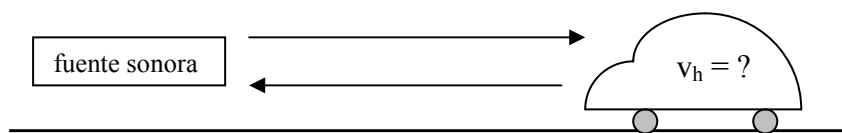
Agrupando los principios (4.89) y (4.90) se puede resumir en un único principio:

$$f' = f \left( \frac{v \pm v_0}{v \mp v_s} \right) \quad (4.91)$$

Los signos superiores corresponden a cuando fuente sonora y observador se mueven acercándose y los inferiores cuando se alejan uno del otro.

**Ejemplo de aplicación:**

Se envía una señal de una fuente sonora fija, con frecuencia 800 (Hz) sobre un automóvil que se acerca hacia la fuente, la onda es reflejada por el automóvil, llegando al lugar de la fuente con una frecuencia de 950 (Hz). Determine a qué velocidad viene el automóvil.



1ª recepción (se acercan)

$$f' = f \left( \frac{v + v_0}{v - v_s} \right)$$

$$f = 800 \text{ (Hz)}$$

$$f_1' = 800 \left( \frac{340 + v_h}{340} \right)$$

$$v_s = 0$$

$$f_1' = ?$$

$$v = 340 \text{ (m/s)}$$

$$v_0 = v_h = ?$$

2ª recepción (se acercan)

$$f' = f \left( \frac{v + v_0}{v - v_s} \right)$$

$$f = f_1' = 800 \text{ (Hz)}$$

$$f_2' = f_1' \left( \frac{340}{340 - v_h} \right)$$

$$v_s = v_h = 0$$

sustituyendo de la relación anterior  $f_1'$

$$f_2' = f' = 950 \text{ (Hz)}$$

$$950 = 800 \left( \frac{340 + v_h}{340} \right) \left( \frac{340}{340 - v_h} \right)$$

$$v = 340 \text{ (m/s)}$$

$$v_h = 29,1 \text{ (m/s)} = 105 \text{ (Km/s)}$$

$$v_0 = 0$$

**4.2.6 Ampliación del concepto de ondas**

Todo el estudio de las ondas mecánicas realizado anteriormente se ha considerado en el supuesto de que se trataba de ondas en una dimensión y con medios no dispersivos, es decir, sin pérdidas de energía mecánica en el medio. Aunque la naturaleza se comporta de manera cercana a la situación ideal, como son los estudios anteriores, es fácil hacer una extensión de los principios antes estudiados.



**Caso 1. Dimensión de la velocidad de propagación**, siempre suponiendo ondas armónicas.

Para ello, se considera la dimensión, la ecuación de ondas y la solución:

$$\text{Unidimensional} \quad \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = v^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} \quad \xi = \xi(x,t) = \xi_0 \text{ sen } (kx - \omega t)$$

$$\text{Bidimensional} \quad \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = v^2 \left( \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} \right) \quad \xi = \xi(\mathbf{r},t) = \xi_0 \text{ sen } (\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t)$$

$$\text{donde: } \mathbf{k} = k_x \mathbf{i} + k_y \mathbf{j} \quad , \quad \mathbf{r} = x \mathbf{i} + y \mathbf{j}$$

$$\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} = k_x x + k_y y$$

$$\text{Tridimensional} \quad \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = v^2 \left( \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \xi}{\partial z^2} \right) \quad \xi = \xi(\mathbf{r},t) = \xi_0 \text{ sen } (\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t)$$

$$\text{donde: } \mathbf{k} = k_x \mathbf{i} + k_y \mathbf{j} + k_z \mathbf{k} \quad \mathbf{r} = x \mathbf{i} + y \mathbf{j} + z \mathbf{k}$$

$$\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} = k_x x + k_y y + k_z z$$

**Caso 2. Medios dispersivos**, en cuanto al medio donde se propagan las ondas mecánicas, el estudio se puede hacer extensivo a medios dispersivos, en la cual existe disipación de energía cuando las ondas se propagan. En este caso, la velocidad de propagación no es constante y, por lo tanto, la onda viaja con una velocidad llamada velocidad de grupo, que se define como una función de la frecuencia angular y del número de onda.

$$v_g = \frac{d\omega}{dk}$$

En consecuencia, es necesario tener una relación de dispersión del medio, del tipo:  $\omega = \omega(k)$ .

En el caso particular de un medio no dispersivo, la relación de dispersión corresponde

a:  $\omega = v k$ , con  $v$  como constante. Por lo tanto,  $v_g = \frac{d\omega}{dk} = v$ .

**Ayudantía 3**

1. El nivel de presión de sonido de una onda a 2(m) de una fuente sonora es de 80 dB. Determine a qué distancia de la fuente el nivel de presión de sonido es 50 dB.

$$R_1 = 2 \text{ (m)} \quad I_1 = I_0 10^{(B_1/10)} = 10^{-12} 10^{(80/10)} = 10^{-4} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

$$B_1 = 80 \text{ (dB)} \quad I_2 = I_0 10^{(B_2/10)} = 10^{-12} 10^{(50/10)} = 10^{-7} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

$$r_2 = ? \quad P = 4 \pi r_1^2 I_1 = 4 \pi r_2^2 I_2$$

$$B_2 = 50 \text{ (dB)} \quad r_2 = r_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} = 2 \sqrt{\frac{10^{-4}}{10^{-7}}} = 63,2 \text{ (m)}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

2. Determinar la amplitud de desplazamiento de una onda sonora, de frecuencia 1000 (Hz), y que tiene un nivel de presión de sonido de 70 decibeles. Considere para el aire  $\rho_0 = 1,29 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$ ,

$$\rho_0 = 1,29 \text{ (Kg/m}^3\text{)} \quad I = I_0 10^{(B/10)} = 10^{-12} 10^{(70/10)} = 10^{-5} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

$$f = 1000 \text{ (Hz)} \quad I = \frac{P_0^2}{2\rho_0 v}$$

$$\xi_0 = ? \quad P_0 = \sqrt{2Iv\rho_0} = \sqrt{2 \cdot 10^{-5} \cdot 340 \cdot 1,29} = 9,4 \cdot 10^{-2} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$B = 70 \text{ (dB)} \quad \lambda = (v/f) = (340/1000) = 0,34 \text{ (m)}$$

$$v = 340 \text{ (m/s)} \quad k = (2\pi/\lambda) = (6,28/0,34) = 18,5 \text{ (m)}$$

$$P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0$$

$$9,4 \cdot 10^{-2} = 1,29 \cdot (340)^2 \cdot 18,5 \cdot \xi_0$$

$$\xi_0 = 3,4 \cdot 10^{-8} \text{ (m)}$$

3. Un tubo de aire abierto de largo 1(m) se encuentra en el segundo armónico y está en resonancia con una varilla de largo 2 (m), en su estado fundamental. Determine la velocidad del sonido en el metal (varilla).

Tubo de aire abierto	<u>tubo de aire abierto:</u> $f_n = n (v/2L)$
$L_1 = 1$ (m)	$f_{2a} = 2(340/2 \cdot 1) = 340$ (Hz)
$v_a = 340$ (m/s)	
$n = 2$ (segundo armónico)	
	<u>varilla:</u> $f_n = n(v/2L)$
Varilla	$f_{1v} = 1(v_m / 2 \cdot 2) = (v_m / 4)$
$L_2 = 2$ (m)	$f_{2a} = f_{1v}$
$n = 1$ (fundamental)	$340 = (v_m / 4)$
$v_m = ?$	$v_m = 1340$ (m/s)

4. Un vehículo que se mueve a 20 (m/seg), y se acerca a una pared reflectante. Si desde el vehículo se emite una onda sonora de frecuencia de 500 (Hz), determine la frecuencia a la que se recibe la onda reflejada en el vehículo.

$v = 340$ (m/s)	<u>1ª recepción:</u> $f' = f ( (v + v_0) / (v - v_s) )$ se acerca
$v_v = 20$ (m/s)	$v_s = 20$ (m/s) , $v_0 = 0$ , $f = 500$ (Hz), $v = 340$ (m/s).
$f = 500$ (Hz)	$f' = 500( (340 + 0) / (340 - 20) ) = 531,3$ (Hz)
$f_{rec} = ?$	
	<u>2ª recepción:</u> $f' = f ( (v + v_0) / (v - v_s) )$ se acerca
	$f = 531,3$ (Hz), $v_0 = 20$ (m/s), $v_s = 0$ , $v = 340$ (m/s)
	$f' = 531,3 ( (340 + 20) / (340 - 0) ) = 562,5$ (Hz)

Actividad a realizar : Foro de discusión 3

Con la ayudantía 3, se debe realizar el foro de discusión 3, para luego enviar los conceptos y principios involucrados en la resolución de cada uno de los problemas.

Actividad a realizar : Mapa conceptual 3

Elaborar un mapa conceptual con los conceptos vistos en toda la unidad de Ondas en mecánicas.

### Taller N° 3

- 1.- Un tubo de aire cerrado de largo 1,2 (m) se encuentra en el tercer armónico, está en resonancia con una varilla de largo 2 (m), en su estado fundamental. Determine el módulo de Young del metal (varilla) si su densidad es  $7,2 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$
- 2.- Al acercarse un vehiculo hacia una sirena que se encuentra fija, emitiendo sonido, éste lo escucha con una frecuencias de 800 (Hz), pero al alejarse de la sirena, lo recibe con una frecuencia de 700 (Hz). Determine la velocidad del vehiculo de acuerdo con estas observaciones. Considere velocidad del sonido 340 (m/seg).

**Este taller 3 se debe realizar en forma presencial y grupal de manera cooperativa.**

Al concluir el capítulo se puede asegurar que el enfoque dado al material, ha cumplido con sus propósitos, ha sido utilizado adecuadamente por los alumnos y sus actividades han sido realizadas de acuerdo a lo programado. Se vuelve a reiterar, que aquellas imágenes que no están referenciadas en el texto son construidas por el autor de esta tesis o tomadas de imágenes que se encuentran libre en la red, para ser utilizadas sin restricción.

En el capítulo siguiente, se plantea la metodología de investigación que orientará la propuesta EFBAS. Para ello, se establece el paradigma de investigación, el tipo de estudio y diseño, las variables y los instrumentos que la miden, la muestra y población a quien representa el estudio y finalmente las técnicas estadísticas a utilizar en el análisis y tratamiento de la información.

## **CAPITULO 5**

# **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACION**



## CAPÍTULO 5: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

El problema de la investigación propuesto, es un modelo de enseñanza de la Física, EFBAS, en particular sobre las Ondas Mecánicas, para ser aplicado a cursos de pregrado de carreras universitarias. Tiene como objetivo central el afectar positivamente en el rendimiento académico y en la calidad de los aprendizajes logrados. Como la propuesta está en un contexto de una innovación educativa, debe analizar el grado de satisfacción de los alumnos debido a su aplicación. Finalmente, la propuesta se fundamenta a través de una pedagogía activa, por lo tanto, es lógico analizar el desarrollo de una serie de competencias genéricas para su aplicación. Para llevar a efecto la investigación, se han considerado dos experimentos: (1) Evaluar y aplicar la puesta en práctica de la metodología, EFBAS, en un experimento piloto. (2) Mediante un ajuste y reevaluación de la propuesta anterior, aplicar la propuesta a un experimento definitivo.

### 5.1 Metodología

La investigación, en general, se resuelve mediante una metodología de la investigación de preferencia cuantitativa, combinada en algunos casos con metodología cualitativa. Su elección se debe exclusivamente por el tipo y características de la investigación:

1. Para investigar el efecto que provoca la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS en el rendimiento académico, la metodología de investigación empleada es *cuantitativa y experimental (técnicamente es un cuasi experimento)*.
2. Para investigar los efectos de la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS en el aprendizaje logrado, la metodología es *cualitativa e interpretativa*.
3. Para determinar el grado de satisfacción de la propuesta de enseñanza EFBAS, se propone una metodología de investigación no experimental, cuantitativa.
4. Finalmente, para investigar el desarrollo de competencias genéricas en los estudiantes mediante la aplicación de la propuesta EFBAS, la metodología de investigación a utilizar es no experimental y cuantitativa.

### 5.2 Tipo de estudio

Para investigar la incidencia en la propuesta metodológica enseñanza-aprendizaje EFBAS en el rendimiento académico, se propone un estudio descriptivo y comparativo que pretende comparar el rendimiento académico entre un grupo control, que sigue las metodologías tradicionales y un grupo experimental que se presenta a través de una

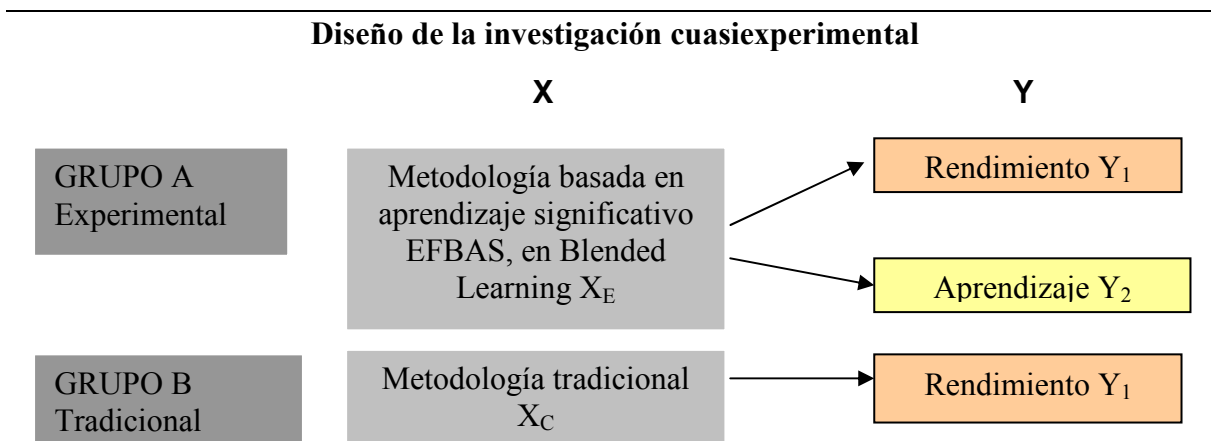
metodología basada en el aprendizaje significativo y cooperativo ambientado a través de Blended Learning. Para averiguar la influencia de la propuesta de enseñanza EFBAS en el aprendizaje obtenido para el grupo experimental, se utiliza un estudio descriptivo explicativo o interpretativo. Se considera un estudio de 6 casos, elegidos con el siguiente criterio: dos del sector que obtuvieron mejores calificaciones en la prueba integral, dos del sector medio y dos del sector de bajas calificaciones.

En cuanto al grado de satisfacción de la propuesta de enseñanza EFBAS y su desarrollo de habilidades actitudinales y cognitivas, en ambos casos, se utiliza una encuesta, cuya realización es de tipo descriptiva.

### 5.3 Diseño de la investigación

Para plantear el diseño de la investigación es necesario tener en cuenta el tipo de estudio específico en cada situación, expuestas en las siguientes líneas.

5.3.1 Para la investigación cuasiexperimental, el diseño, ya sea, para el experimento piloto (2003) o el experimento definitivo (2008), se muestra en el siguiente esquema (figura 5.1):



**Figura 5.1:** Esquema de diseño de la metodología cuasiexperimental.

5.3.2 Diseño para el grado de satisfacción de la propuesta de enseñanza EFBAS. Su diseño es el característico del tipo de encuesta, donde su estructura es en base a dimensiones, compuesta con una cantidad de indicadores.



**Tabla 5.1:**  
Diseño de encuesta. Grado de satisfacción.

<b>DISEÑO ENCUESTA GRADO DE SATISFACCION</b>	
<b>Dimensión</b>	<b>Número de indicadores</b>
Experiencia académica	10
Didáctica	10
Práctica docente	10

5.3.3 Diseño para el desarrollo de habilidades actitudinales y cognitivas debido a la propuesta de enseñanza EFBAS. Su diseño, es el característico del tipo de encuesta, donde su estructura es en base a 10 indicadores de habilidades.

**Tabla 5.2:**  
Diseño de encuesta: Desarrollo de habilidades.

	<b>Indicador de habilidad</b>	<b>Tipo de habilidad</b>
1	Analizar la coherencia de los juicios propios y ajenos, y valorar las implicaciones personales y sociales de los mismos.	actitudinal
2	Definir y jerarquizar objetivos y planificación de la actividad individual a corto, mediano y largo plazo.	actitudinal
3	Identificar y analizar un problema para generar alternativas de solución, aplicando los métodos aprendidos.	cognitiva
4	Incorporar los aprendizajes propuestos por el profesor y mostrar una actitud activa para su asimilación.	cognitiva
5	Integrar diversas teorías o modelos haciendo una síntesis personal y creativa de los objetivos de aprendizaje.	cognitiva
6	Preguntar para aprender e interesarse por aclarar dudas.	cognitiva
7	Tener conciencia de los recursos personales y limitaciones (personales, entorno, etc.) para aprovecharlos en el óptimo desempeño de las tareas asignadas.	cognitiva
8	Adaptar las argumentaciones a los diferentes grupos y/o situaciones preestablecidas.	actitudinal
9	Introducir nuevos procedimientos y acciones en el proceso de trabajo para responder mejor a las limitaciones y problema.	actitudinal
10	Tomar iniciativas que se saben comunicar con convicción y coherencia estimulando a los demás.	actitudinal

## 5.4 Variables de la investigación

### Metodología investigación cuasiexperimental

#### Variable Independiente (VI)

*Metodología basada en aprendizaje significativo y cooperativo, EFBAS* (grupo experimental)  $X_E$ , que se usa en el experimento piloto como el definitivo, se muestra en el siguiente esquema conceptual :

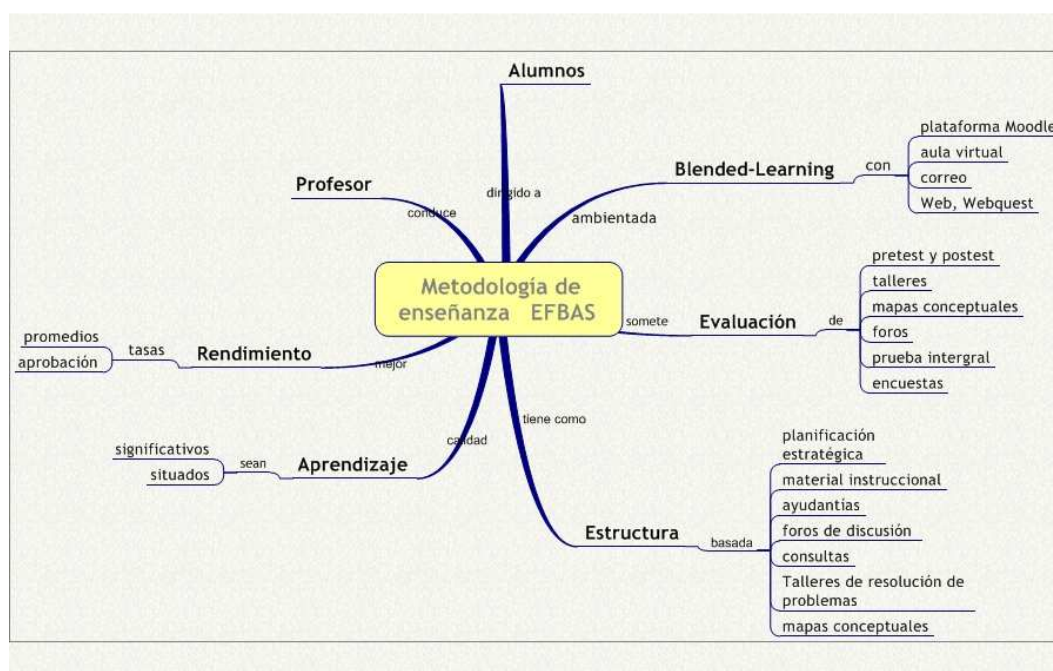


Figura 5.2: Variable Independiente: metodología enseñanza EFBAS.

#### Descripción de la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS

El curso considerado como muestra tiene, según reglamento, tres períodos (90 minutos cada período) de clases a la semana. Dos corresponden a la cátedra y uno de ayudantía (ejercitación). Respecto a la evaluación, el reglamento señala que por cada unidad temática debe tener una prueba integral, coeficiente dos, y en forma opcional hacer otras actividades, que deben evaluarse como notas parciales, coeficiente uno, y no pueden existir más de dos notas parciales por unidad.

Otro aspecto a considerar es la utilización del recurso tecnológico o TIC, usado para la investigación que incluye: correo electrónico, páginas WEB ([www.ciencias.upa.cl/~rsilva](http://www.ciencias.upa.cl/~rsilva)), aula virtual de la Universidad de Playa Ancha, Plataforma Virtual Moodle. A continuación, se describe como funciona la estrategia metodológica propuesta.

La propuesta EFBAS se **estructura** en base a los siguientes elementos:

- a) Planificación estratégica y operativa del funcionamiento del curso. Con una calendarización rigurosa de cada actividad semana a semana. Se entrega: el programa de contenidos del curso, los objetivos de cada unidad, las normas de desarrollo del curso, el contexto del curso, las formas y criterios de evaluación, las fuentes complementarias de consulta.
- b) Material instruccional sobre el desarrollo de contenidos, con sus respectivas aplicaciones a la resolución de problemas, cuya misión es trabajar sobre la conceptualización de los temas tratados y poder capacitarlos para realizar ejercicios de aplicación. La distribución de aprendizaje de este material instruccional está señalada en la planificación. Esta parte se desarrolla virtualmente a través de la plataforma.
- c) Ayudantías corresponden a la entrega de problemas resueltos, semanalmente a través de la red, mediante una estrategia de resolución. Es decir, el alumno pueda determinar claramente cuáles son los conceptos y principios usados en esa resolución.
- d) Foro de discusión, corresponde a una instancia donde, a través de la red, se discute sobre los conceptos y principios que aparecen en forma explícita e implícita en la resolución de problemas de las ayudantías. Luego, cada alumno en forma particular, debe señalar cuáles son los conceptos y principios involucrados en la solución del problema.
- e) Consultas que pueden ser virtuales o presenciales para aclarar o discutir conceptos. Para la parte virtual, la consulta se realiza mediante un libro de visita, en forma sincrónica o asincrónica. Para la parte presencial, se usa el horario de las clases designadas.
- f) Talleres de resolución de problemas. Se realizan en forma presencial, donde se resuelven dos o tres problemas semanales mediante el trabajo en grupo, utilizando el período de clases asignado para la ayudantía.
- g) Mapas conceptuales. Son elementos usados para verificar como va produciendo el proceso de asimilación y acomodación de los nuevos conceptos. Se realizan tres por unidad temática. Cada alumno debe hacerlo en forma personal usando el software Cmap.

Para la **evaluación** de la metodología propuesta, se consideran:

- a) Pretest y Postest: es una prueba abierta sobre los conceptos básicos asociados a la temática de cada unidad y se realizan al comienzo y al final de la unidad temática.

- b) Foros de discusión: entregado por cada alumno de las ayudantías que se evalúan según una pauta diseñada para tal efecto.
- c) Mapas conceptuales: son evaluados mediante un instrumento diseñado para tal efecto, donde los indicadores principales son los conceptos involucrados, la jerarquía de estos, y la forma de vincularlos, mediante proposiciones.
- d) Talleres: se evalúan mediante una pauta de corrección. Todas estas evaluaciones se consideran para determinar el tipo de aprendizaje de cada uno de los seis alumnos.
- e) Prueba integral: es una prueba global de resolución de cuatro problemas en forma presencial diseñada para ser resuelta en un tiempo de 90 minutos, en forma individual. Esta evaluación es la que se considera para medir el rendimiento académico y el aprendizaje.

### ***Metodología de enseñanza tradicional (grupo control) X<sub>C</sub>***

Corresponde a una estrategia metodológica tradicional, basada en enseñanza presencial, con clases expositivas frontales, con ejercicios de aplicación y problemas a resolver en forma voluntaria. Se mide a través de la Prueba integral, anteriormente descrita.

### **Variable Dependiente (VD)**

#### ***Rendimiento Académico Y<sub>1</sub>***

Nivel de conocimiento adquirido producto del aprendizaje de los contenidos de Ondas Mecánicas medido por medio de la resolución de cuatro problemas, en forma individual y presencial. Se mide de la misma manera en ambos experimentos: piloto y definitivo.

#### ***Aprendizaje Y<sub>2</sub>***

Corresponde al tipo de aprendizaje mecánico- significativo generado debido a la acción y propuesta docente. Para ello, se realiza un estudio de caso a seis alumnos del grupo experimental, elegidos en forma aleatoria: dos de los mejores resultados de la prueba integral, dos nivel intermedios y los dos últimos en el nivel más bajo. Su estructura se muestra en el siguiente esquema conceptual:

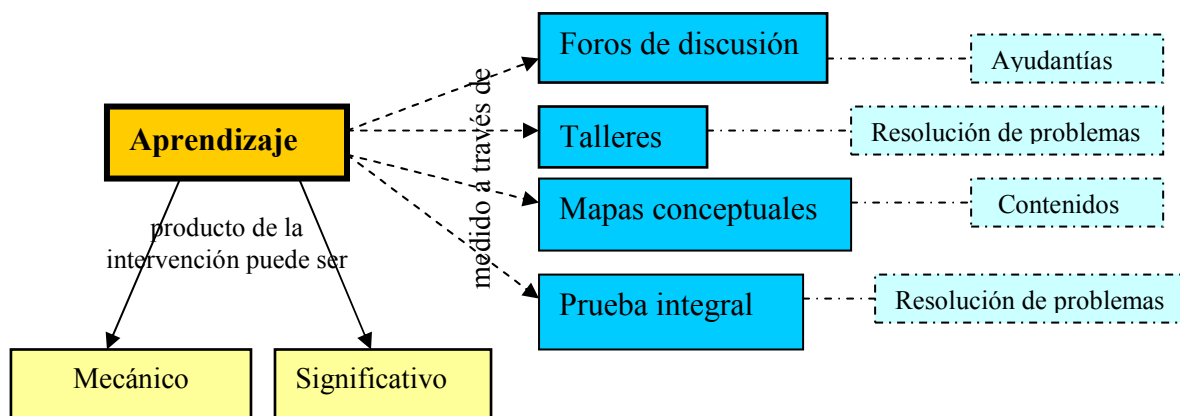


Figura 5.3: Esquema de la variable dependiente: Aprendizaje.

**Metodología de investigación no experimental: Estudio de encuesta sobre grado de satisfacción**

***Grado de satisfacción de la propuesta***

Corresponde al nivel de agrado o desagrado de la propuesta como experiencia académica recibida, como la didáctica utilizada y como práctica docente. Su investigación se realizó por medio de un estudio de encuesta, con estudio de validez y confiabilidad realizado previamente.

**Metodología de investigación no experimental: Estudio de encuesta sobre habilidades actitudinales y cognitivas**

***Habilidades actitudinales y cognitivas***

Corresponde al tipo de habilidades cognitivas y aptitudinales que la propuesta de enseñanza EFBAS puede desarrollar o promover.

**5.5 Muestra**

Para analizar la muestra de la investigación, es necesario considerar el universo, población, muestra.

**a) Universo**

Corresponde a todos los cursos de Física General, con la unidad temática de Ondas Mecánicas, que forman parte del plan curricular de carreras de pregrado universitarias, sean éstas de ingenierías u otras de carácter científico, en Chile (y otros países con formación similar).

**b) Población**

Corresponde a todos los cursos de Física General, con la unidad temática de Ondas Mecánicas, que tienen en su malla curricular las carreras de pregrado universitarias, sean éstas de ingenierías u otras de carácter científico, en la Universidad de Playa Ancha. En concreto, afecta a cinco carreras de ingeniería y cuatro carreras de pedagogía científica. El promedio para cada uno de estos cursos (con la unidad de las ondas mecánicas) está cercano a los veinticinco alumnos, es decir, la población no supera los 225 alumnos.

**c) Muestra**

Corresponden a dos cursos (control y experimental) de Física General II: sobre Calor y Ondas, de la carrera de pregrado de Ingeniería Informática, para el experimento piloto (2003) y dos cursos (control y experimental) de Física General: Oscilaciones, Ondas y Electromagnetismo, de la carrera de pregrado de Pedagogía en Química y Ciencias, para el experimento definitivo (2008), ambas de la Universidad de Playa Ancha.

El criterio de selección de la muestra fue aleatorio, según la población antes mencionada.

En el experimento piloto: El curso control corresponde al segundo semestre del año 2002 con 23 alumnos y el grupo experimental al segundo semestre del año 2003 con 23 alumnos.

En el experimento definitivo. El curso control corresponde al primer semestre del año 2007 con 25 alumnos y el grupo experimental al primer semestre del año 2008 con 30 alumnos.

Para el estudio de casos, se eligen seis alumnos en forma aleatoria del grupo experimental, según el siguiente criterio: dos alumnos del sector que obtuvieron las mejores calificaciones de la prueba integral, dos del sector medio y dos del sector de bajas calificaciones, y que no pertenezcan al mismo grupo de trabajo cooperativo.

## 5.6 Instrumentos de medición

### a) *Pruebas Integral (de resolución de problemas)*

Es una prueba de cuatros problemas (ejercicios) de aplicación a resolver analíticamente que representan toda la unidad temática de las ondas mecánicas, que esté de acuerdo al nivel de curso de pregrado universitario. Para su calificación se elabora una pauta de corrección con los puntajes de su solución, validada por expertos. La pauta es facilitada al alumno en el momento de la entrega de sus calificaciones. Cada pregunta se pondera con 1,5. La calificación de la prueba integral se obtiene sumando el puntaje de cada pregunta y agregando un punto de base. La escala de notas en las Universidades Chilenas es de 1 a 7. Se aprueba un curso cuando su calificación final igual o superior a 4,0. Anexo 5.1

Este instrumento se aplica al grupo control y experimental para determinar el rendimiento académico (en resolución de problemas) debido a las dos metodologías de enseñanza.

### b) *Prueba de pretest y postest*

Es una prueba de 9 preguntas abiertas sobre los conceptos de las ondas mecánicas, donde el alumno puede responder con su lenguaje propio, esquemas o dibujos que lo respresente. Cada pregunta se evalúa de 1 a 5, según la cantidad de conceptos concensuados por comunidades científicas en cada una de sus preguntas. La calificación de esta prueba es la suma total de puntaje de la prueba.

Esta prueba se realiza antes de empezar la unidad y después de rendir la prueba integral. La prueba sólo se aplica al grupo experimental, como una manera de chequear el grado de avance en la conceptualización de las ondas mecánicas, midiendo el rendimiento académico (sólo en lo conceptual). Es validada por expertos.

### c) *Mapas conceptuales*

Los mapas conceptuales corresponden a instrumentos usados para conocer la forma de estructurar la conceptualización de las ondas mecánicas. Se utilizan en tres momentos a lo largo de la unidad. La forma de evaluar un mapa, es dando una puntuación de acuerdo a los criterios de los que dispone el Cmap. El puntaje final es transformado a escala de calificación de 1 a 7. En la evaluación de los puntajes de los mapas conceptuales, según el Cmap, se

consideran tres aspectos fundamentales en su elaboración: conceptos involucrados, jerarquía de los conceptos, formas de vincular los conceptos mediante proposiciones. (Ver Anexo 5.2)

Los mapas conceptuales, como instrumentos de medición, son utilizados en esta investigación como elementos para detectar la forma de adquirir el aprendizaje.

d) *Taller de resolución de problemas*

Son talleres de dos problemas que se resuelven en forma cooperativa y presencial. Cada grupo debe entregar al término de la sesión la resolución de los problemas con los conceptos y principios que sustenta dicha resolución. La evaluación es grupal y se rige por una pauta de corrección, validada por expertos y con asignación de puntaje para su evaluación. Se utilizan para investigar la manera de construir aprendizaje. (Ver Anexo 5.4).

e) *Foros de discusión*

Son instrumentos que miden la forma de entender la resolución de problema presentado en las ayudantías virtuales, analizando los conceptos y principios involucrados en la solución de cada problema. Se rige por pauta de corrección, validada por expertos y con asignación de puntaje. Sirven para investigar sobre las formas de construir aprendizaje. (Ver Anexo 5.3)

f) *Encuesta de opinión*

Es una encuesta confeccionada con treinta preguntas de opinión de parte de los alumnos sobre el agrado o desagrado de la propuesta metodológica didáctica de enseñanza. Las preguntas de la encuesta están hechas en forma de escala tipo Likert (muy poco, poco, normal, mucho, muchísimo), obedeciendo a la idiosincracia de la muestra, y se distribuyen en tres bloques de diez preguntas cada uno: (1) experiencia académica, (2) didáctica y (3) práctica docente. A la encuesta se le hicieron pruebas de validez y confiabilidad. Se usa para medir el grado de satisfacción de la aplicación de propuesta metodológica de enseñanza EFBAS.

g) *Encuesta de opinión sobre desarrollo de habilidades actitudinales y cognitivas*

Es una encuesta confeccionada con veinticuatro preguntas sobre opinión de los alumnos, con el fin de detectar el desarrollo de habilidades actitudinales y cognitivas que pueda generar la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS. Las preguntas de la encuesta están hechas en forma de escala tipo Likert (muy poco, poco, normal, mucho, muchísimo) y



se distribuyen de acuerdo al tipo de habilidad. A la encuesta se le hicieron las pruebas de validez y confiabilidad de rigor (Ver Anexo 4). Se usa para medir el grado de desarrollo de habilidades que provoca el uso de la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS.

### 5.7. Técnicas usadas en el tratamiento de datos

a) *Para la investigación experimental: cuasi experimento*

Para la investigación experimental de la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS y el rendimiento académico, en ambos experimentos, piloto y definitivo, medido por resolución de problemas, se utiliza el estadístico comparación de media, prueba “t” (de Student), para dos muestras independientes. En el caso de que no se observen con claridad las condiciones para uso de la prueba “t”, se refuerza, con el enfoque estadístico no paramétrico de dos muestras independientes prueba U de Mann-Whitney. Anexo 3.

En el caso de la influencia de la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS sobre el aprendizaje, a través del estudio de seis casos, se hace una estadística descriptiva, según los resultados de la prueba integral, foros de discusión, mapas conceptuales y talleres.

b) *Estudio de encuesta grado de satisfacción de la propuesta EFBAS*

Como se trata de una metodología no experimental y su estudio es descriptivo, se utiliza una estadística descriptiva con valores de tendencia central, desviación estándar y variación, con gráfico de frecuencia porcentual, etc.

c) *Estudio de encuesta para determinar grado de desarrollo de habilidades debido a la aplicación de propuesta metodológica de enseñanza EFBAS*

Como se trata de una metodología no experimental y su estudio es descriptivo, se utiliza una estadística descriptiva con valores de tendencia central, desviación estándar y variación, con gráfico de frecuencia porcentual, etc.

Al concluir el capítulo, se han formalizado todos los pasos metodológicos de investigación que deben cumplirse para poder validar la investigación. Ahora, en el capítulo siguiente, se analizan y discuten la información recoletadas que permita dar las respuestas de las preguntas de investigación.







## **CAPÍTULO 6**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**









## CAPÍTULO 6: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se desarrolla la metodología de la investigación, presentada en el capítulo anterior y que tiene como fin el dar respuesta a cada una de las preguntas planteadas y a las hipótesis del problema a investigar. Para ello, es necesario desarrollar los objetivos generales expuestos en el planteamiento del problema. Esto nos lleva a una serie de resultados, los que serán analizados según el tipo de estudio y, por ende, de acuerdo a las técnicas estadísticas que correspondan.

La investigación debe dar respuesta a interrogantes de cómo la propuesta metodológica de enseñanza afecta: (a) el rendimiento académico, (b) al aprendizaje, (c) en el grado de aceptación de la metodología de enseñanza, (d) el desarrollo de habilidades actitudinales y cognitivas en los estudiantes.

### 6.1 Rendimiento Académico.

Para dar respuesta a la interrogante ¿de qué manera la propuesta metodológica de enseñanza influye en el rendimiento académico? se plantean dos metodologías de investigación. Por un lado, una metodología cuasi experimental con grupo experimental y control, que fundamentalmente se evalúa por la capacidad de resolver problema de aplicación de los cuerpos teóricos. Por otra parte, un pre-experimento que utiliza el grupo experimental, donde se hace un pretest y un postest que, fundamentalmente, evalúan la forma de asimilar algunos de los conceptos de las ondas mecánicas, y que sirven de antecedente previo para la intervención posterior.

#### **Metodología Experimental: Cuasi-experimento**

Para abordar los resultados y el análisis del efecto que produce la metodología de enseñanza de la Física basada en el aprendizaje significativo (EFBAS) en el rendimiento académico, se propone una metodología experimental, donde se compara un grupo control con uno experimental. Por la forma de elección de la muestra, se trata de un Cuasi-experimento. Debe señalarse que la evaluación del rendimiento académico se hace mediante una prueba integral, en base a la resolución de cuatro problemas, en la unidad temática de las Ondas Mecánicas.

El experimento se efectúa en dos instancias. La primera, a manera de experimento piloto, en el segundo semestre del año 2003, en el curso Física General II: Calor y Ondas, de la carrera de Ingeniería Informática. El otro, como experimento definitivo, en el primer semestre del año 2008, en el curso Oscilaciones, Ondas y Electromagnetismo, de la carrera de Pedagogía en Química y Ciencias. Todos estos cursos pertenecen a la población de la investigación en la Universidad de Playa Ancha. Ambos programas tienen en común, en este orden, dos unidades: Oscilaciones y Ondas Mecánicas. Difieren en la siguiente unidad: en el programa sigue la unidad de Calor; el segundo, Electromagnetismo. Por lo tanto, la unidad que antecede a la unidad de Ondas Mecánicas es la de Oscilaciones, servirá para asegurar la equivalencia de grupos experimental y control, en ambos experimentos, piloto y definitivo.

Como se trata de hacer una comparación entre dos grupos (control y experimental), las técnicas estadísticas sugeridas, para un tipo de estudio de esta naturaleza, son: (a) estadística paramétrica a través de la prueba “t” de Student, (b) estadística no paramétrica a través de la prueba U de Mann-Whitney.

### **Experimento Piloto (2003)**

Corresponde a la experimentación realizada a manera de prueba de la implementación de la metodología de enseñanza EFBAS.

Como se señaló anteriormente, se trata de comparar dos metodologías de enseñanzas en grupo experimental y control. Pero previo a ello, debe asegurarse la validez de los grupos.

### **Prueba de homogeneidad para los grupos experimental y control**

Para poder examinar la homogeneidad de cada grupo se aplicarán las técnicas estadísticas anteriormente señalada en la unidad de Oscilaciones. A continuación, en la tabla 6.1, se muestran los resultados de los estadísticos descriptivos de ambos.

A primera vista, los resultados del rendimiento académico indican que no existe diferencias entre ambos grupos (experimental, control). Los promedios respectivos son **3,52** y **3,37**, con una diferencia de media de 0,15. Sin embargo, esto no asegura que ambos grupos sean similares. Para ello, es necesario aplicar los estadísticos adecuados a la situación.

**Tabla 6.1:**

Estadísticos descriptivos del grupo experimental y control  
en la unidad temática Oscilaciones.

	<b>Grupo Experimental</b> Prueba Integral Oscilaciones	<b>Grupo Control</b> Prueba Integral Oscilaciones
N Válidos	23	23
Media	<b>3,52</b>	<b>3,37</b>
Desv. Típ.	1,00	0,93
Varianza	<b>1,00</b>	<b>0,86</b>

Quién verdaderamente asegura si son similares ambos grupos serán las pruebas estadísticas:

a) Aplicación de la Prueba “t” de Student, como prueba estadística paramétrica. Para que esto sea posible, debe cumplir con la distribución normal de frecuencias e igualdad de varianza, condiciones que satisfacen medianamente (adjuntas en anexos).

Los resultados de la Prueba “t” para la prueba integral de Oscilaciones, se indican en la tabla 6.2.

**Tabla 6.2:**

. Prueba t, para dos muestras independientes, para la unidad temática Oscilaciones

		<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Diferencia de medias</b>
Prueba Integral Oscilaciones	Se han asumido varianzas iguales	<b>,534</b>	44	0,15
	No se han asumido varianzas iguales	<b>,534</b>	43,751	0,15

Para un número de grados de libertad  $gl = 44$ , con un grado de confianza de 95%, se aceptará la hipótesis nula (no existe diferencia entre grupo), si el valor de t está comprendido en el intervalo entre  $-1,68 < t < 1,68$ .

El valor de “t” obtenido en la prueba es  $t = 0,534$ , indica estar dentro del intervalo. Por lo tanto, se acepta la prueba de hipótesis nula de la “t” de Student. Es decir, no existe diferencia entre ambos grupos de investigación, para esa unidad temática. Por lo tanto, se puede asegurar la homogeneidad de los grupos experimental y control.

b) Si aún persiste la duda sobre las condiciones usadas para la prueba “t”, se puede utilizar como complemento, la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney.

Los resultados de la aplicación de la prueba U de Mann-Whitney, para ambas pruebas integrales se muestran a continuación.

**Tabla 6.3:**

Prueba de Mann-Whitney para dos muestras independientes.  
Estadísticos de contraste(a), para unidad temática de Oscilaciones.

	<b>Prueba Integral Oscilaciones</b>
U de Mann-Whitney	243,000
W de Wilcoxon	519,000
Z	<b>-,473</b>
Sig. asintót. (bilateral)	,636

El valor de puntuación Z, para muestra grande (23 alumnos cada una), está comprendido en el rango  $1,96 < z < 1,96$ , por lo que se vuelve a comprobar la homogeneidad entre el grupo experimental y control.

En consecuencia, se puede asegurar a través de las dos pruebas estadísticas empleadas para el análisis, que ambos grupos (experimental y control) son similares al momento de la intervención

### **Resultados experimento piloto (2003)**

El experimento piloto se realiza en la unidad posterior a la considerada para determinar la homogeneidad de cada grupo. Se trata de cambiar la metodología de enseñanza en la unidad temática Ondas Mecánicas. Los resultados estadísticos - descriptivos se presentan a continuación en la tabla 6.4.

Es notoria la diferencia de rendimiento académico entre ambos grupos. Siendo favorable en el grupo experimental **4,47** en relación con el grupo control **3,78**. Tal como se señalara en el análisis anterior, esto no asegura el éxito de la propuesta metodológica de enseñanza, sin antes realizar las pruebas estadísticas que comparan ambos grupos.

a) Estadística paramétrica: Aplicación de la prueba “t”, para dos muestras independientes: grupo experimental y control unidad temática de Ondas Mecánicas, previamente analizadas las condiciones para aplicar esta prueba.

Los resultados de la prueba “t” para esta tercera unidad temática de Ondas Mecánicas, se ilustran en la tabla 6.5.

**Tabla 6.4:**

Estadísticos descriptivos para grupo experimental y control en la unidad temática Ondas Mecánicas.

		<b>Grupo Experimental</b> Prueba Integral <b>Ondas Mecánicas</b>	<b>Grupo Control</b> Prueba Integral <b>Ondas Mecánicas</b>
N	Válidos	23	23
Media		<b>4,47</b>	<b>3,78</b>
Desv. Típ.		0,98	1,08
Varianza		<b>0,96</b>	<b>1,16</b>

**Tabla 6.5:**

Prueba t, para dos muestras independientes, unidad temática Ondas Mecánicas.

		<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Diferencia de medias</b>
Prueba Integral Ondas Mecánicas	Se han asumido varianzas iguales	<b>2,247</b>	44	0,68
	No se han asumido varianzas iguales	<b>2,247</b>	43,605	0,68

Como se señaló anteriormente, para un número de grados de libertad  $gl = 44$ , con un grado de confianza de 95%, se aceptará la hipótesis nula (no hay diferencia entre grupo), si el valor de t está comprendido en el intervalo entre  $-1,68 < t < 1,68$ .

Es claro que el valor de la prueba “t”, para esta unidad temática **2,247**, queda fuera del rango del intervalo. Por lo tanto, se rechaza la prueba de hipótesis nula de la “t” de Student. En consecuencia, existe diferencia entre el grupo experimental y el grupo control.

b) Estadística no paramétrica: Aplicación de la prueba de U de Mann-Whitney. Los resultados de la aplicación de esta prueba, se muestran en la tabla 6.6.

**Tabla 6.6:**

.Prueba de Mann-Whitney, para dos muestras independientes.  
Estadísticos de contraste(a), para unidad temática Ondas Mecánicas.

	Prueba Integral Ondas Mecánicas
U de Mann-Whitney	167,000
W de Wilcoxon	443,000
Z	<b>-2,145</b>
Sig. asintót. (bilateral)	,032

El valor de puntuación Z para muestra grande (23 alumnos cada una), está comprendido en el rango  $1,96 < z < 1,96$ . Para la prueba integral de Ondas Mecánicas, la puntuación Z es **2,145**, quedando fuera del intervalo, y así, asegurando la diferencia en el rendimiento académico entre el grupo experimental y el grupo control.

La escala de calificación en todos los niveles de la educación básica, media y superior en Chile es de 1,0 a 7,0. Por lo tanto, los resultados muestran una diferencia de rendimiento del 11%, a favor del grupo experimental. Además, se hace mención que la nota para la aprobación de una asignatura es de 4,0 y examinando los promedios obtenidos, 4,5 para el grupo experimental y 3,8 para el control, con varianza alrededor de 1,0, indicaría tasas de aprobación mucho mayores en el grupo experimental que el grupo control.

La prueba piloto ha sido aplicada para poner en marcha la metodología de enseñanza EFBAS, cuya aspiración desde el comienzo ha sido mejorar el rendimiento y lo ha demostrado con creces. También, han surgido otras fortalezas de esa aplicación, como centrar más la atención en el aprendizaje, innovación y en las competencias que esta metodología de enseñanza genera. Además, en el año 2003, las TIC no tenían el alcance de hoy. Este experimento para la época era en eLearning, pero no se acomodaba a la situación, ya que no todo era virtual, sino tenía partes presenciales, que se realizaron en plataforma Virtual Blackboard. A mediados de 2004 se empieza acuñar el término de Blended Learning, como aprendizaje mixto, que mezcla lo presencial con lo virtual, que es lo que mejor representa a la metodología de enseñanza EFBAS.

La evolución y apropiación de la metodología EFBAS ha sido aplicada en años posteriores al 2003, en otros cursos y temáticas de la Física. Se ha cambiado la plataforma virtual usada en el experimento piloto, por otra más amena y universal como lo es la

plataforma Moodle. Debido a estas mejoras han surgido trabajos y publicaciones incorporadas en las referencias.

Durante el año 2004, se trabaja en el perfeccionamiento de la metodología, ambientada en elearning, se trabaja en una metodología activa e innovadora de enseñanza basada en las teorías del aprendizaje y significativo y colaborativo, complementada con el uso de elearning. La metodología de investigación usada para ese efecto, es un cuasi experimento, con dos cursos de Ondas y Física Moderna, de nivel de pregrado de la carrera de Ingeniería Civil Industrial, de la Universidad de Playa Ancha. El curso experimental es de 32 alumnos y el de control de 17 alumnos. La comparación se hace en las dos primeras unidades del curso, ondas mecánicas y ondas electromagnéticas, las que son medidas por prueba integral, de resolución de problemas. Esto genera una publicación. (Silva, 2004).

Como las expectativas de elearning no logran convencer, se empieza (2005 al 2007) a trabajar en enseñanza mezclada virtual, a través de un proyecto de investigación interno de la Universidad de Playa Ancha. Como producto de esta investigación surge una publicación local “Modelo metodológico didáctico para la enseñanza de la Física Experimental ambientado en Blended Learning” (Silva, 2009). Durante este período se explora la eficacia de la metodología de enseñanza en otros contenidos de la Física.

Bajo estos avances, se llega al primer semestre del 2008, donde la propuesta de enseñanza EFBAS se aplica como experimento oficial de la investigación, cuyos efectos se relacionan no sólo con el rendimiento, sino con el aprendizaje, innovación y competencias genéricas.

### **Experimento definitivo (2008)**

La aplicación de la metodología de enseñanza EFBAS, como experimento oficial (2008), utiliza dos cursos de la carrera de pedagogía en Químicas y Ciencias, que tienen como unidades temáticas las Oscilaciones y las Ondas Mecánicas, utilizando la primera de las unidades para asegurar la semejanza de grupos y la segunda para aplicar la propuesta de enseñanza.

Como se señaló anteriormente se trata de compara dos metodologías de enseñanzas en grupo experimental y control. Previo a ello, debe asegurarse la validez de los grupos.

Prueba de homogeneidad para los grupos experimental y control.

Para examinar la homogeneidad de cada grupo se aplicarán las mismas técnicas estadísticas anteriores a la unidad temática de Oscilaciones. A continuación, en la tabla 6.7, se muestran los resultados de los estadísticos descriptivos de ambos.

**Tabla 6.7:**

Estadísticos descriptivos del grupo experimental y control en la unidad temática Oscilaciones.

		<b>Grupo Experimental</b> prueba integral <b>Oscilaciones</b>	<b>Grupo Control</b> Prueba integral <b>Oscilaciones</b>
N	Válidos	30	25
	Perdidos	0	0
Media		<b>3,80</b>	<b>3,75</b>
Desv. típ.		0,96	0,82
Varianza		0,92	0,68

Estos resultados del rendimiento académico nos muestran que no existe diferencias entre ambos grupos (experimental, control). Los promedios respectivos son **3,80** y **3,75**, con una diferencia de media de 0,05. Pero esto no asegura que ambos grupos sean similares. Para ello, es necesario aplicar los estadísticos adecuados a la situación, como se hiciera en el experimento piloto.

Pruebas estadísticas que aseguran la semejanza de los grupos investigados:

- a) Aplicación de la Prueba “t” de Student, como prueba estadística paramétrica. Para que ello sea posible debe cumplir con la distribución normal de frecuencias e igualdad de varianza, cuyas condiciones se verifican en los anexos.

Los resultados de la prueba “t” para la prueba integral de Oscilaciones, se indican en la tabla 6.8.



**Tabla.6.8:**

Prueba t, para dos muestras independientes, para la unidad temática Oscilaciones.

		<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Diferencia de medias</b>
Prueba Integral Oscilaciones	Se han asumido varianzas iguales	<b>,200</b>	53	0,049
	No se han asumido varianzas iguales	<b>,202</b>	52,941	0,049

Para un número de grados de libertad  $gl = 53$ , con un grado de confianza de 95%, se aceptará la hipótesis nula (no existe diferencia entre grupo), si el valor de  $t$  está comprendido en el intervalo entre  $-1,67 < t < 1,67$ .

El valor de “ $t$ ” obtenido en la prueba es  $t = 0,200$ , indica estar dentro del intervalo. Por lo tanto, se acepta la prueba de hipótesis nula de la “ $t$ ” de Student. Es decir, no existe diferencia entre ambos grupos de investigación para esa unidad temática. Por lo tanto, se puede asegurar la homogeneidad de los grupos experimental y control.

b) La aplicación de la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, entrega los siguientes resultados:

**Tabla 6.9:**

Prueba de Mann-Whitney para dos muestras independientes.  
Estadísticos de contraste(a), para unidad temática de Oscilaciones.

	Prueba Integral Oscilaciones
U de Mann-Whitney	362.500
W de Wilcoxon	687.500
Z	<b>-,212</b>
Sig. asintót. (bilateral)	,832

El valor de puntuación  $Z$ , para muestra grande (25 alumnos control, 30 alumnos experimental), está comprendido en el rango  $1,96 < z < 1,96$ . Por lo que se vuelve a comprobar la homogeneidad entre el grupo experimental y control.

En consecuencia, ambas pruebas estadísticas aseguran la homogeneidad de los grupos investigados y, por lo tanto, se puede empezar a considerar ambos grupos para la experimentación definitiva.

**Resultados experimento definitivo (2008)**

El experimento definitivo se aplica a la unidad temática Ondas Mecánicas, Los resultados de los estudios descriptivos se indican en la siguiente tabla 6.10.

Es notoria la diferencia de rendimiento académico entre ambos grupos. Siendo favorable en el grupo experimental **5,00** en relación con el grupo control **3,57**. Tal como se señalara en el análisis anterior, esto no asegura el éxito de la propuesta metodológica de enseñanza, sin antes realizar las pruebas estadísticas que comparan ambos grupos.

Tabla 6.10:  
Estadísticos descriptivos del grupo experimental para grupo experimental y control en la unidad temática Ondas Mecánicas.

		<b>Grupo Experimental</b> Prueba Integral <b>Ondas Mecánicas</b>	<b>Grupo Control</b> Prueba Integral <b>Ondas Mecánicas</b>
N	Válidos	30	25
Media		<b>5,00</b>	<b>3,57</b>
Desv. Típ.		0,61	0,98
Varianza		<b>0,38</b>	<b>0,97</b>

a) Estadística paramétrica: Aplicación de la prueba “t”, para dos muestras independientes: grupo experimental y control, de la unidad temática Ondas Mecánicas, previamente analizadas las condiciones para aplicar esta prueba.

Los resultados de la prueba “t” para esta tercera unidad temática Ondas Mecánicas, se ilustran en la tabla 6.11.

**Tabla 6.11:**  
Prueba t, para dos muestras independientes,  
unidad temática Ondas Mecánicas.

		<b>t</b>	<b>gl</b>	<b>Diferencia de medias</b>
Prueba Integral Ondas Mecánicas	Se han asumido varianzas iguales	<b>6,534</b>	53	1,419
	No se han asumido varianzas iguales	<b>6,273</b>	38,778	1,419

Como se ha señalado anteriormente, para un número de grados de libertad  $gl = 53$ , con un grado de confianza de 95%, se aceptará la hipótesis nula (no hay diferencia entre grupo), si el valor de t está comprendido en el intervalo entre  $-1,67 < t < 1,67$ .

Es claro que el valor de la prueba “t”, para esta unidad temática **6,534**, los grupos investigados muestran una gran diferencia. Mientras más alejados nos encontremos del intervalo de la prueba “t”, mayor es la diferencia de rendimiento entre el grupo experimental con el control.

b) Estadística no paramétrica: Aplicación de la prueba U de Mann-Whitney. Los resultados de la aplicación de esta prueba, se muestran en la tabla 6.12.

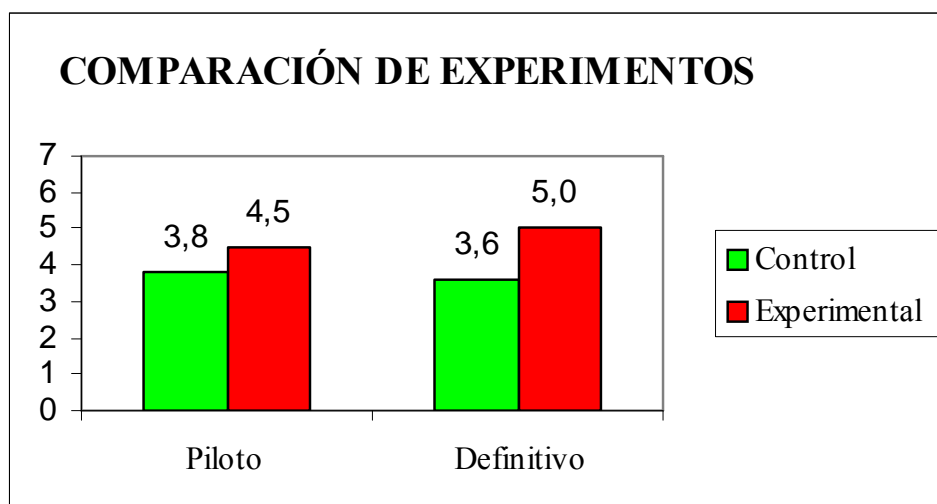
**Tabla 6.12:**  
 .Prueba de Mann-Whitney, para dos muestras independientes.  
 Estadísticos de contraste(a), para unidad temática Ondas Mecánicas.

	Prueba Integral Ondas Mecánicas
U de Mann-Whitney	56.500
W de Wilcoxon	381.500
Z	<b>-5,391</b>
Sig. asintót. (bilateral)	,000

El valor de puntuación Z para muestra grande (25 alumnos control, 30 alumnos experimental), está comprendido en el rango  $1,96 < z < 1,96$ . Para la prueba integral Ondas Mecánicas, la puntuación Z es **5,391**, quedando fuera del intervalo. Por lo que se asegura la diferencia en el rendimiento académico entre el grupo experimental y el grupo control.

En consecuencia, el rendimiento académico logrado por el grupo experimental es **5,0**, en cambio, el del grupo control es 3,6. Según la escala de calificaciones en Chile (1,0 a 7,0) se trata de una diferencia del 24%, a favor del grupo experimental, que usa la metodología de enseñanza EFBAS. Recordemos que en el experimento piloto sólo se tiene una diferencia del 11%.

La diferencia de logros en la aplicación de la metodología EFBAS, entre el experimento piloto (2003) y el experimento definitivo (2008), se presenta mediante el gráfico 6.1.



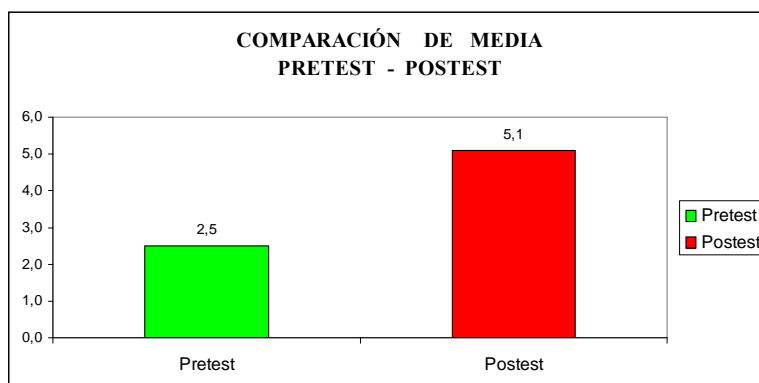
**Gráfico 6.1:** Comparación de resultados de rendimiento entre experimento piloto y experimento definitivo.

El rendimiento académico es el indicador más importante en el proceso educativo actual y en base a ellos, en muchos países se otorgan los recursos económicos a la educación. Se asocia muy ligeramente a calidad de la educación. De ahí la importancia de incorporarlo en la propuesta de enseñanza EFBAS.

Los resultados obtenidos eran los esperados, así lo señala la hipótesis al respecto, que se justifica gracias a que las actividades estaban avaladas por una integración de teorías educativas cognitivas que mejoran considerablemente el rendimiento. La diferencia de resultados entre los dos experimentos se debe, fundamentalmente, a la realización en el lugar y tiempo adecuados de cada actividad, a la seguridad que otorga utilizar una metodología de enseñanza exitosa y a la resolución de problemas con principios y conceptos claros y precisos.

Fundamental es utilizar adecuadamente el recurso tecnológico. El proceso enseñanza – aprendizaje no puede descansar sólo en el uso de las TIC. Al final de la experiencia, los alumnos del experimento no han visualizado la informática como lo más relevante, sino la forma como se presenta la información, es decir, lo que se llama una pedagogía activa.

Otros antecedente que sirve para mostrar el rendimiento de los alumnos bajo la implementación de la propuesta EFBAS, es debido a la prueba de Pretest y Postest. Estas pruebas son con 9 preguntas abierta, realizadas sólo al grupo experimental. Sus evaluaciones fueron transformadas a calificaciones (escala de 1 a 7). Estas pruebas miden más que capacidad de resolución de problemas, claridad conceptual. A continuación se muestra una gráfica comparativa entre el Pretest y Postest sobre sus calificaciones promedios.



**Gráfico 6.2:** Comparación de resultados de rendimiento entre pretest y el postest para grupo experimental.

Se observa un avance importante entre el estado inicial y final sobre algunos conceptos de las ondas mecánicas, producto de la aplicación de EFBAS. También, los conocimientos previos son importantes, porque estos son adquiridos a través de los diferentes medios sociales. Como la evaluación promedio del postest es parecida a la media de las calificaciones en la prueba integral, se plantea la necesidad de averiguar si existe algún tipo de relación. Para ello, a continuación se muestra una tabla entre correlaciones de la prueba integral, pretest y postest.

**Tabla 6.13:**

Correlación entre pretest-postest-prueba integral.

		PRUEBA INTEGRAL	PRETEST	POSTEST
PRUEBA INTEGRAL	Correlación de Pearson	1	,574(**)	,815(**)
	Sig. (bilateral)	.	,001	,000
	N	30	30	30
PRE	Correlación de Pearson	,574(**)	1	,445(*)
	Sig. (bilateral)	,001	.	,014
	N	30	30	30
POS	Correlación de Pearson	,815(**)	,445(*)	1
	Sig. (bilateral)	,000	,014	.
	N	30	30	30

\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral), \* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

Al analizar la tabla 6.13 se puede observar que la prueba integral tiene una fuerte correlación con el Postest, lo que puede asociar entre la claridad conceptual y la capacidad para resolver problemas. Entre el Pretest y Postest existe una correlación mediana, lo que implica que todo los que tenían una mejor conceptualización al inicio lo mantienen hasta el final, o sea, tiene que ver con ritmo de adquirir aprendizaje. Ahora, entre el Pretest y la prueba integral se tiene un coeficiente de correlación mejor que el anterior, lo que indica que partir con un grado mayor de conceptualización previa se mantiene esa diferencia en la capacidad para resolver problema.

## 6.2 Resultados en el Aprendizaje

### Estudios de casos

Para analizar el efecto de la metodología de enseñanza EFBAS en el aprendizaje de los alumnos del grupo experimental, se propone un estudio de casos, seis para ser precisos, es decir, un 20% de la muestra del grupo experimental. La metodología de enseñanza EFBAS tiene una serie de actividades que van construyendo el aprendizaje de los alumnos. Las actividades que han sido evaluadas en término de aprendizaje son: prueba integral, mapas conceptuales, foros de discusión y talleres de resolución de problemas.

### Propuesta metodológica enseñanza EFBAS y su efecto en el aprendizaje. Uso de Prueba Integral

Esta prueba consiste en resolver cuatro problemas de aplicación, en un tiempo de 90 minutos, en forma individual y presencial. La escala de nota es de 1,0 a 7,0. La calificación de aprobación del curso es 4,0. Los alumnos, elegidos por sus evaluaciones y para analizar sus casos de aprendizajes, se identificarán como:

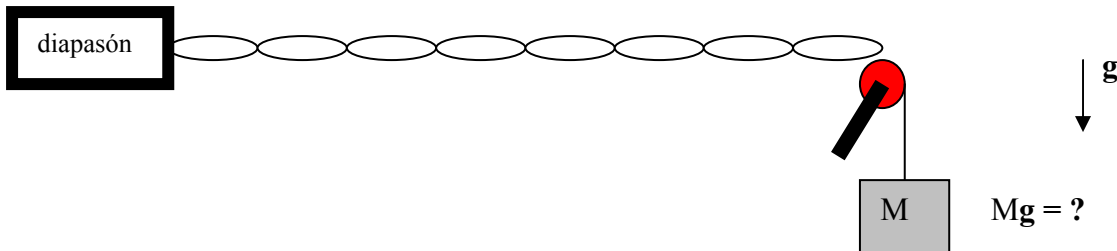
- |    |          |     |
|----|----------|-----|
| 1. | alumno 1 | 5,5 |
| 2. | alumno 2 | 5,5 |
| 3. | alumno 3 | 4,5 |
| 4. | alumno 4 | 4,5 |
| 5. | alumno 5 | 3,7 |
| 6. | alumno 6 | 3,5 |

El instrumento usado para evaluar los aprendizajes de los alumnos en la Prueba Integral, es una pauta de corrección. A cada pregunta de la prueba se le asigna un puntaje de 15 puntos. La calificación o nota de la Prueba Integral se obtiene sumando los puntajes de cada pregunta obtenida más 10 puntos, y su resultado se divide por 10.

La confección de la prueba considera: Un problema de onda estacionaria en cuerda, donde se aplique los conceptos fundamentales de una onda y la superposición con su reflejada. En un segundo problema, se plantea una situación de reflexión y transmisión de ondas en cuerda. En el tercer problema se trata de evaluar los conceptos básicos de las ondas sonoras. Por último, un problema de resonancia entre una onda sonora en un tubo de aire con una sonora en una barra. La pauta de corrección y las indicaciones de puntaje para cada pregunta se presentan a continuación.

**Pauta de Corrección de la Prueba Integral**

1. Determine el peso que debe colgarse a la cuerda de densidad lineal de masa  $1,23 \cdot 10^{-4}$  (Kg/m), para que se produzcan 8 semilongitudes de onda entre el diapason eléctrico y la polea. La frecuencia del diapason es de 100 (Hz). El largo de la cuerda entre diapason y polea es 4 (m).



$$\begin{aligned} \mu &= 1,23 \cdot 10^{-4} \text{ (Kg/m)} & n(\lambda/2) &= L & \lambda &= 2L/n & \lambda &= 1 \text{ (m)} & \textcircled{5} \\ n &= 8 & \lambda f &= v & v &= 100 \text{ (m/s)} & & & \textcircled{5} \\ F &= 100 \text{ (Hz)} & v &= \sqrt{\frac{T}{\mu}} & T &= v^2 \mu = 1,23 \text{ (Nt)} & & & \textcircled{5} \\ L &= 4 \text{ (m)} \\ Mg &= T \end{aligned}$$

2. Dos alambres, uno de cobre y el otro de acero del mismo radio, se unen formando un alambre más largo. Encontrar los coeficientes de reflexión y transmisión en el punto de unión para ondas que se propagan a lo largo del alambre. Halle la amplitud de la onda transmitida y la onda reflejada, si la amplitud de la onda incidente es de 2 (cm). La densidades del cobre y del acero son  $8,85 \cdot 10^3$  (Kg/m<sup>3</sup>),  $7,8 \cdot 10^3$  (Kg/m<sup>3</sup>), respectivamente.

$$\begin{aligned} \rho_1 & \quad \rho_2 & \rho &= \sqrt{\frac{m}{Al}} = \sqrt{\frac{\mu}{A}} & \mu &= \rho A & \textcircled{3} \\ \rho_1 &= 8,85 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m)} \\ \rho_2 &= 7,8 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m)} & R &= \frac{\sqrt{\mu_1} - \sqrt{\mu_2}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}} = \frac{\sqrt{A}(\sqrt{\rho_1} - \sqrt{\rho_2})}{\sqrt{A}(\sqrt{\rho_1} + \sqrt{\rho_2})} = \frac{94 - 88,3}{94 + 88,3} = 0,03 & & & \textcircled{6} \\ y_{01} &= 2 \text{ (cm)} & R &= (y_{01'} / y_{01}) & y_{01'} &= R y_{01} = 0,06 \text{ (cm)} \\ T &= \frac{2\sqrt{\mu_1}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}} = \frac{2\sqrt{A}(\sqrt{\rho_1})}{\sqrt{A}(\sqrt{\rho_1} + \sqrt{\rho_2})} = \frac{2 \cdot 94}{94 + 88,3} = 1,03 & & & \textcircled{6} \\ T &= (y_{02} / y_{01}) & y_{02} &= T y_{01} = 2,06 \text{ (cm)} \end{aligned}$$



3. Una onda sonora de 1000 (Hz) produce un nivel de presión sonora de 80 (dB) a 3 (m) de una fuente de emisión sonora. Determine la potencia de la fuente y la amplitud de la sobrepresión en ese punto. Considere condiciones normales.  $p_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ (Nt/m}^2 \text{)}$ ,  $\rho_0 = 1,29 \text{ (Kg/m}^3 \text{)}$ ,  $v = 340 \text{ (m/seg)}$

$F = 1000 \text{ (Hz)}$  4

$B_1 = 80 \text{ (dB)}$   $I_1 = I_0 \cdot 10^{B_1/10} = 10^{-12} \cdot 10^8 = 10^{-4} \text{ (W/m}^2 \text{)}$

$R_1 = 3 \text{ (m)}$

$I_0 = 10^{-12} \text{ (W/m}^2 \text{)}$   $P_1 = I_1 \cdot A_1 = I_1 \cdot 4\pi r_1^2 = 1,13 \cdot 10^{-2} \text{ (W)}$  6

$I_1 = \frac{P_0^2}{2\rho_0 v}$   $P_0 = \sqrt{2\rho_0 v I_1} = 2,9 \cdot 10^{-1} \text{ (Nt/m}^2 \text{)}$  5

4. Determinar en qué punto(s) debe pivotarse una barra de cobre, y qué largo debe tener, para que una onda provocada en esa barra se encuentre en el estado fundamental y entre en resonancia con un tubo de aire abierto de longitud 20,4 (cm) que se encuentra en el cuarto armónico. Para el cobre  $Y = 1,2 \cdot 10^{11} \text{ (Kg/m}^2 \text{)}$   $\rho = 8,5 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3 \text{)}$ .

Tubo de aire

$n = 4$   $f_n = n \frac{v}{2L}$   $\rightarrow f_4 = \frac{4v_a}{2L_a} = 2 \frac{v_a}{L_a} = 3333,3 \text{ (Hz)}$  6

$v_a = 340 \text{ (m/s)}$

$L_a = 20,4 \text{ (cm)}$   $v_m = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} = 3757 \text{ (m/s)}$

Metal  $f_m = f_4 = \frac{v_m}{\lambda_m} \rightarrow \lambda_m = \frac{v_m}{f_4} = 1,127 \text{ (m)}$  4

$\rho = 8,5 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3 \text{)}$   $n(\lambda/2) = L$   $n = 1$  5

$Y = 1,2 \cdot 10^{11} \text{ (Kg/m}^2 \text{)}$   
 $n = 1$   $L = (\lambda/2) = 0,56 \text{ (m)}$

Los resultados en término de puntaje, y su traducción a la calificación o nota, para los seis casos, se presentan en la tabla de resumen 6.14, y se desarrolla en el anexo 5.1:

**Tabla 6.14:**  
Resultados de aprendizaje de la prueba integral para seis casos.

Alumno	Problema1	Problema2	Problema3	Problema4	Puntaje	Nota
1	15	15	8	7	45	5,5
2	15	15	0	15	45	5,5
3	15	7	3	10	35	4,5
4	15	1	4	15	35	4,5
5	15	0	6	6	27	3,7
6	15	5	2	3	25	3,5

El análisis de resultados se desprende de la tabla 6.7 y de las pruebas que se encuentran en los anexos.

Alumno 1: El primer problema lo resuelve con un dominio conceptual y de aplicación de los principios adecuados, está claro que asimiló de buena manera los conceptos fundamentales de las ondas en cuerdas y su aplicación hacia las ondas estacionarias. En el segundo problema obtiene todo el puntaje y vuelve a demostrar dominio conceptual y uso adecuado de principios para resolver el problema, incluso comprueba con sus resultados la propiedad que el coeficiente de transmisión menos el de reflexión es igual a uno,  $T-R=1$ . En el tercer problema resuelve correctamente la determinación de la intensidad del sonido, pero confunde la amplitud de la sobre presión con la presión atmosférica, así como no utiliza la conservación de la energía a través de la potencia. Falta de maduración y diferenciación progresiva. En el cuarto problema, tiene los conceptos generales para ondas estacionarias en tubo de aire, no así en la varilla metálica. No utiliza adecuadamente el principio de la resonancia.

Alumno 2: En los problemas 1 y 2 que corresponden a ondas en cuerdas, se aprecia un dominio conceptual y aplicación adecuada de los principios físicos para la resolución de ellos, se aprecia un aprendizaje significativo donde claramente usa la diferenciación progresiva y la integración reconciliada. En cambio, en el problema 3, hace el intento de usar principios físicos para su resolución, pero confunde potencia de una onda sonora con amplitud de la sobrepresión. Sin embargo, en el problema cuatro queda claro el dominio conceptual del uso de los armónicos para tubos de aire y barras, así como el fenómeno de la resonancia.

Alumno 3: En el problema 1 muestra claridad conceptual sobre las ondas en cuerdas y utiliza adecuadamente sus principios en la resolución de problemas. En el segundo problema identifica claramente la solución del mismo, confunde la densidad lineal de masa con densidad de la cuerda, determina con seguridad el coeficiente de reflexión, pero falla en el de transmisión y se confunde con la relación  $T-R=1$ . En el tercer problema sólo tiene claridad en determinar la intensidad del sonido, y confunde potencia de onda sonora con amplitud de sobre presión. En el cuarto problema determina velocidad del sonido en barra, sabe usar la resonancia entre tubo de aire y de la barra, pero no así bien la determinación de los armónicos en tubos de aire.

Alumno 4: En el problema 1 usa adecuadamente conceptos y principios en la resolución del problema haciendo notar que ha aprendido significativamente las ondas en

cuerdas. En cambio, en el problema 2, también de cuerdas, no sabe cómo utilizar los principios para la reflexión y transmisión de ondas en cuerdas, falta de asimilación. En el tercer problema, usa adecuadamente el principio que determina la intensidad del sonido, pero confunde potencia con sobrepresión. En el problema 4, demuestra dominio conceptual sobre los armónicos de los tubos de aire y de barras, así como el principio de la resonancia.

Alumno 5: El problema 1 lo resuelve con claridad y muestra dominio de los conceptos básicos de ondas en cuerdas y su proyección hacia las ondas estacionarias. En el problema 2 no identifica conceptos ni principios. En el problema 3 demuestra dominio en el determinar la intensidad del sonido a partir de nivel de presión sonora en un punto, además, con ello relaciona y determina la potencia desarrollada por la fuente sonora. Sin embargo, confunde amplitud de la sobre presión con presión atmosférica. En el problema 4, utiliza correctamente la determinación de la velocidad del sonido en la barra y los armónicos que en ella se generan, pero no relaciona la resonancia con el tubo de aire.

Alumno 6: En el problema 1 muestra dominio conceptual sobre los conceptos básicos de las ondas en cuerdas y su proyección hacia las ondas estacionarias. En el problema 2 aplica los principios de los coeficientes de reflexión y transmisión de ondas en cuerdas, pero confunde el concepto de densidad lineal de masa con el de densidad de la cuerda. En el problema 3 sólo es capaz de determinar la intensidad de la onda sonora a partir del nivel de presión sonora, confundiendo potencia con amplitud de la sobrepresión, y no relacionado potencia con intensidad sonora. En el problema 4 sólo es capaz de determinar velocidad del sonido en la barra, sin conceptualizar los armónicos que se forman en la barra y en el tubo de aire, además de considerar la resonancia como nexo entre el tubo de aire y la barra.

### **Comentarios:**

*Al interpretar la resolución de la Prueba Integral, en general, se puede apreciar:*

- *Existe una muy buena conceptualización sobre las ondas en cuerdas, incluso asociándola al fenómeno de ondas estacionarias, se distingue con claridad que el anclaje ha quedado sólido. Se distingue nítidamente la diferenciación progresiva y la integración reconciliada, por lo menos en ese nivel. Por ello, se puede decir que hubo aprendizaje significativo subordinado sin mayores dificultades para las ondas en cuerdas y su aplicación a las ondas estacionarias.*
- *El fenómeno de la reflexión y transmisión de ondas en cuerdas, conceptualmente, ha sido bien asimilado, existiendo en algunos de los casos confusión entre el concepto de*

*densidad lineal de masa y densidad de la cuerda. La integración reconciliada se aprecia parcialmente, pero se puede inferir también que hay aprendizaje significativo subordinado.*

- *Los conceptos elementales de las ondas sonoras aparecen sólidos, pero existe en general una confusión o distinción clara entre amplitud de una onda sonora, potencia y presión atmosférica. Por lo tanto, aquí no funcionó bien la aplicación de conceptos. Se podría decir que el aprendizaje significativo en este ámbito se logró escasamente y que, en forma especial, la diferenciación progresiva entre estos conceptos (potencia, sobrepresión y presión atmosférica) no funcionó.*
- *La relación entre el fenómeno de la resonancia y los conceptos sobre armónico en tubos de aire y barras, quedaron bien asimilados y anclados, con ciertas dificultades de carácter algebraico. Existen evidencias sobre el logro de aprendizaje significativo en la mayor parte de los casos analizados.*

A continuación, se muestra el registro de la resolución de la prueba integral del alumno1. Con su resolución se hará la interpretación respectiva.

Desarrollo de la prueba integral, alumno 1.

Prueba Ondas

$mg = ?$   
 $\mu = 1,23 \cdot 10^{-4} \text{ (kg/m)}$   
 $n = 8$   
 $f = 100 \text{ Hz}$   
 $L =$

$n \cdot \frac{\lambda}{2} = L$  Principio  
 $8 \cdot \frac{\lambda}{2} = 4$   
 $\lambda = \frac{8}{8} = 1$   
 $\lambda = 1 \text{ m}$

Nota 55

$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow T = v^2 \cdot \mu$   
 $v = \lambda \cdot f = 1 \cdot 100 = 100 \text{ m/s}$   
 $T = v^2 \cdot \mu = 100^2 \cdot 1,23 \cdot 10^{-4}$   
 $T = 1,23 \text{ nt}$

$\Sigma \tau: T - W = 0$   
 $\Sigma \tau: T = mg$   
 $1,23 = m \cdot g$   
 $W = 1,23 \text{ nt}$

Conceptos


- $W = \text{Peso}$
- $\mu = \text{densidad lineal de masa}$
- $f = \text{frecuencia de oscilación}$
- $\lambda = \text{longitud de onda}$
- $n = \text{número de semilongitudes de onda}$
- $L = \text{longitud de cuerda}$

Principio

$n \cdot \frac{\lambda}{2} = L$   
 $v = \lambda \cdot f$   
 $T = v^2 \cdot \mu$

**Comentario:** En el problema se aprecia un dominio conceptual, sobre los conceptos básicos de la ondas mecánicas, y su aplicación a las ondas estacionarias. Muestra claridad en los conceptos, bien diferenciados e integrados. Los principios físicos ha utilizar en la resolución del problema son los pertinentes y los relaciona con propiedad.

2)



$R = ?$   
 $T = ?$   
 $\gamma_{01} = ?$   
 $\gamma_{02} = ?$   
 $\gamma_{01} = 2 \text{ cm} \rightarrow 0,02 \text{ m}$   
 $\rho_{\text{cuerpo}_1} = 8,85 \cdot 10^3 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$   
 $\rho_{\text{cuerpo}_2} = 7,8 \cdot 10^3 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$\mu = \rho \cdot A = \rho \cdot \pi r^2$   
 $r_1 = r_2$   
 $R = \frac{\gamma_{01}'}{\gamma_{01}} = \frac{\sqrt{\mu_1} - \sqrt{\mu_2}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}} = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{\rho_1 \pi} - \frac{1}{2} \sqrt{\rho_2 \pi}}{\frac{1}{2} \sqrt{\rho_1 \pi} + \frac{1}{2} \sqrt{\rho_2 \pi}}$   
 $R = \frac{\sqrt{8,85 \cdot 10^3 \pi} - \sqrt{7,8 \cdot 10^3 \pi}}{\sqrt{8,85 \cdot 10^3 \pi} + \sqrt{7,8 \cdot 10^3 \pi}} = \frac{166,7 - 156,74}{166,7 + 156,74}$   
 $R = \frac{10,16}{323,24} = 0,031$   
 $R = 0,031$

$\gamma_{01} + \gamma_{01}' = \gamma_{02}$   
 $0,02 + 6,28 \cdot 10^{-4} = \gamma_{02}$   
 $\gamma_{02} = 0,021$

$T = \frac{2\sqrt{\mu_1}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}} = \frac{2 \cdot \sqrt{8,85 \cdot 10^3 \pi}}{\sqrt{8,85 \cdot 10^3 \pi} + \sqrt{7,8 \cdot 10^3 \pi}}$   
 $T = \frac{166,74 \cdot 2}{166,74 + 156,84} = \frac{333,48}{323,28} = 1,03$   
 $T = 1,03$

$T - R = 1$   
 $1,03 - 0,03 = 1$   
 $1 = 1$

Principio  
 $\gamma_{01} + \gamma_{01}' = \gamma_{02}$   
 $R = \frac{\gamma_{01}'}{\gamma_{01}} = \frac{\sqrt{\mu_1} - \sqrt{\mu_2}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}}$   
 $T = \frac{2\sqrt{\mu_1}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}}$   
 $T - R = 1$

Conclusión:  
 $R =$  coef. de Reflexión  
 $T =$  coef. de transmisión  
 $\gamma_{01} =$  onda incidente  
 $\gamma_{01}' =$  onda reflejada  
 $\gamma_{02} =$  onda transmitida  
 $\mu =$  densidad lineal de masa

*mucha repaso*

**Comentario:** Se nota una distinción concreta de los conceptos fundamentales, haciendo su diferenciación en forma apropiada. Muestra buen uso de los principios físicos a aplicar en su resolución. Incluso, trata de comprobar sus coeficientes de reflexión y transmisión, usando la propiedad que  $T - R = 1$ .

③ onda sonora

$f = 1000 \text{ Hz}$       $P_0 = 1,013 \cdot 10^5$

$D_0 = 80 \text{ dB}$       $\beta_0 = 1,29$

$v = 340 \text{ m/s}$

$\omega = 2\pi f$   
 $\omega = 2\pi \cdot 1000$   
 $\omega = 6283,18$

$k = \frac{\omega}{v} = \frac{6283,18}{340} = 18,47$

$I = I_0 \cdot 10^{\frac{\beta - \beta_0}{10}}$   
 $I = 10^{-12} \cdot 10^{\frac{80 - 120}{10}}$   
 $I = 10^{-14} \left[ \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} \right]$

$I = \frac{P}{A} = \frac{P_0^2}{2 \rho_0 v} = \frac{(1,013 \cdot 10^5)^2}{1,29 \cdot 2 \cdot 340} = 1,16 \cdot 10^9$

$\xi = \frac{P_0}{\rho_0 v^2 k}$   
 $\xi = \frac{1,013 \cdot 10^5}{1,29 \cdot 340^2 \cdot 18,47}$   
 $\xi = 0,037 \text{ m}$

$\langle P \rangle = \frac{1}{2} \omega^2 \rho_0 v A \xi^2$   
 $\langle P \rangle = \frac{1}{2} \cdot 6283,18^2 \cdot 1,29 \cdot 340 \cdot \pi r^2 \cdot 0,037^2$   
 $\langle P \rangle = \frac{1}{2} \cdot 6283,18^2 \cdot 1,29 \cdot 340 \cdot \pi \cdot 3^2 \cdot 0,037^2$   
 $\langle P \rangle = 1,34 \cdot 10^9 \text{ (Watt)} \cdot J$

$I = \frac{P_0^2}{2 \rho_0 v}$   
 $10^{-14} \cdot 2 \cdot 1,29 \cdot 340 = P_0^2$   
 $P_0 = 0,29 \left[ \frac{\text{int}}{\text{m}^2} \right]$

$I = \frac{P_0^2}{2 \rho_0 v}$   
 $10^{-14} \cdot 2 \cdot 1,29 \cdot 340 = P_0^2$

Principios  
 $I = I_0 \cdot 10^{\frac{\beta - \beta_0}{10}}$   
 $I_0 = 10^{-12}$   
 $P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0$   
 $I = \frac{P_0^2}{2 \rho_0 v}$   
 $\langle P \rangle = \frac{1}{2} \omega^2 \rho_0 v A \xi^2$

**Comentario:** Se observa que gran parte de los conceptos son los adecuados, sin embargo, confunde gravemente el concepto potencia con la amplitud de la onda sonora, también con la presión atmosférica, mostrando que el principio físico no ha sido asimilado correctamente. Se ve con claridad el uso, que la intensidad de la onda sonora disminuye con el cuadrado de la distancia.

4

$n \cdot \frac{\lambda}{2} = L$  con  $n = 1$   
 $\lambda = 2L$

$v = \sqrt{\frac{\gamma}{\rho}} = \sqrt{\frac{1,2 \cdot 10^{11}}{8,1 \cdot 10^3}}$   
 $v = 3753,35 \text{ (u/s)}$

$f_1 = \frac{v}{2L}$

tubo Abierto (2)  
 $L = 0,204$   
 $v_{\text{air}} \rightarrow 100 \text{ cm}$   
 $20,4 \text{ cm}$

$f_n = 4 \frac{v}{2L} = \frac{2v}{L}$   
 $f_2 = \frac{2v}{L}$

en resonancia -  
 $f_1 = f_2$   
 $\frac{v}{2L} = \frac{2v}{L}$   
 $\frac{340}{2 \cdot 0,204} = \frac{2 \cdot 3753,35}{L}$   
 $L = 9,02 \text{ ms}$

con  $n = 1$   
 $\lambda = 2L$   
 $\lambda = 2 \cdot 9,02$   
 $L = 18,03 \text{ m}$

**Conceptos**  
 $\gamma$  = módulo de Young  
 $v$  = velocidad  
 $f$  = frecuencia  
 $L$  = largo  
 $\lambda$  = longitud de onda  
 $n$  = número de semilongitudes

**Principios**  
 $f_1 = f_2$  Resonancia  
 $v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$   
 $v = \sqrt{\frac{\gamma}{\rho}}$

**Comentario:** Muestra claridad el concepto velocidad de propagación sonora en el aire y en el metal, usando adecuadamente su dependencia. Pero, se observa confusión en la escritura y diferenciación de los largo del tubo de aire y de la barra. Se entiende la aplicación del fenómeno de la resonancia, y de la idea de construcción de los armónicos.



## Propuesta metodológica enseñanza EFBAS y su efecto en el aprendizaje. Postest

Esta evaluación se aplica al curso al comienzo de la unidad como un Pretest y luego, al terminar la unidad como Postest. A continuación, se muestra un registro del alumno 1, seleccionado en el estudio de caso, al final del proceso, osea es el Postest.

Nombre: \_\_\_\_\_

### PRETEST

Conteste las preguntas según sus conocimientos que actualmente tiene del tema de ondas, tratando en forma breve de justificar sus repuestas. Su opinión será fundamental para el manejo de la unidad.

1.- ¿Qué es un onda?

Es una perturbación que se propaga por un medio, ya sea un medio mecánico o un campo electromagnético.

2.- ¿Cuáles son las características más importante que tienen las ondas?

Pueden ser ondas transversales, longitudinales, unidimensionales, bidimensionales, tridimensionales, dispersivos, no dispersivos, tienen, longitud, periodo angular, frecuencia angular, velocidad.

3.- ¿Cómo varía la amplitud y la intensidad de las ondas con la distancia a la fuente?

Mientras mayor sea la distancia, menor va a ser la intensidad de la onda.

4.- ¿Qué ocurre con la energía y el momentum en una onda?

Los ondas en cuerdas transportan energía mediante el movimiento de ondas que es el momentum.

5.- ¿Cuándo dos ondas interfieren existe pérdida de energía?

No existe perdida de energía porque siguen su movimiento.

6.- ¿Porqué el sonido no viaja en el vacío?

Porque para que se propague una onda sonora tiene que haber un medio o si no, no se manifiesta.

7.- ¿Cómo se podría reducir el nivel de ruido en un taller mecánico?

Se sabe que el plumnarick y las cajas de huevo son amortiguadores del sonido, es decir, impiden que el nivel de ruido se expanda, por lo tanto sería un buen método para esas cosas en las paredes dentro del taller mecánico.

8.- ¿Qué significa el cero decibel?

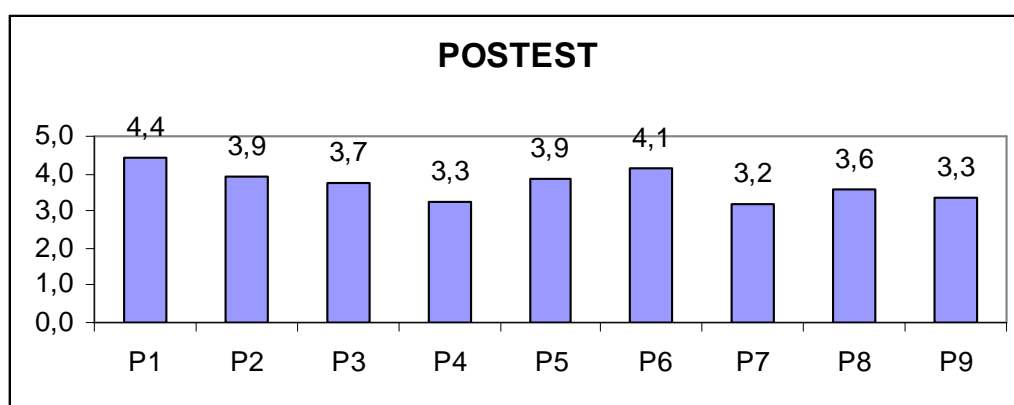
Cero decibel significa que si existe sonido pero no es audible para el hombre.

9.- ¿Qué significa el efecto Doppler?

Es la frecuencia que ocurre un sonido con respecto a un observador.

**Comentario:** Al examinar las repuestas entregadas por el alumno 1, se puede afirmar que los conceptos básicos de las ondas mecánicas han sido asimilados y anclados de manera aceptable en relación a los conceptos científicos de las ondas mecánicas. Quizás, falta una mejor forma explicitarse, pero a través de su lenguaje quedan sus argumentos en situación de realizar posibles inferencias.

Las respuestas del cuestionario Postest de cada alumno, fueron evaluadas mediante una pauta de corrección, diseñada y discutida con expertos. Cada pregunta se pondera en escala de 1 a 5. A continuación, se muestra una gráfica 6.3, con el resumen de los valores medio por pregunta, considerando toda la muestra, del curso experimental los 30 alumnos.



**Gráfico 6.3.** Valores promedio por pregunta del Postest.

Los resultados son notorios, indican un alto grado de conocimiento adquirido durante la unidad, no existen mayores debilidades, con una apropiación conceptual básica sobre las ondas mecánicas.

Otro dato interesante, de analizar entre el pretest y postest es la alta correlación que existe en cada pregunta. Estos se muestran en la siguiente tabla 6.15.

**Tabla 6.15:**  
Coeficiente de correlación entre pretest y postest por cada pregunta.

	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9
Correlación	0,871	0,879	0,731	0,692	0,765	0,889	0,709	0,817	0,841

Lo importante, es verificar que todas las preguntas tiene una correlación fuerte, lo que permite apreciar la aplicación de la propuesta EFBAS.

## Propuesta metodológica enseñanza EFBAS y su efecto en el aprendizaje. Uso de mapas conceptuales

Otra actividad de la metodología de enseñanza EFBAS es la utilización de mapas conceptuales. Durante la unidad temática, cada alumno debe confeccionar tres mapas conceptuales. El primer mapa debe hacerse con los contenidos tratados durante la introducción del curso, para nivelar los conceptos previos de los alumnos. Un segundo mapa se debe confeccionar con el tema completo de las ondas en cuerdas. Finalmente, un tercer mapa conceptual se debe construir con los conceptos de toda la unidad.

Los mapas conceptuales fueron realizados por cada alumno en el Cmap. La evaluación de cada mapa conceptual se realiza con el desglose que trae el software Cmap, y cuya puntuación es la sugerida por Novak, en su texto “Aprender a Aprender”. Los resultados se encuentran en anexo 5.2.

### Mapa conceptual 1: Introducción

Los resultados de la evaluación de los mapas conceptuales se indican a continuación:

**Tabla 6.16:**  
Evaluación de los mapas conceptuales sobre Introducción.  
(nota escala de 1,0 a 7,0)

Alumno	Conceptos 25 (2 puntos)	Jerarquía 31 (2puntos)	Proposiciones 25 (2 puntos)	Nota
1	22	23	19	<b>5,8</b>
2	16	16	13	<b>4,4</b>
3	17	19	19	<b>5,1</b>
4	22	24	16	<b>5,6</b>
5	24	25	12	<b>5,5</b>
6	18	21	16	<b>5,1</b>

Para poder aclarar la forma como se construye la tabla anterior 6.16., se muestra el mapa conceptual y la técnica utilizada para determinar puntuación de conceptos, jerarquía y proposiciones del alumno 1.

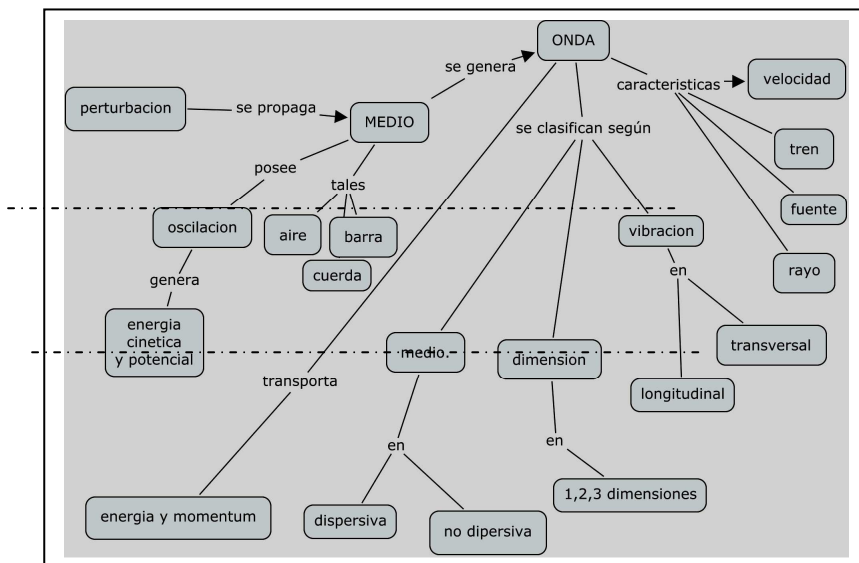


Figura 6.1: Mapa conceptual sobre la introducción alumno 1.

A continuación en las tablas 6.16.1 y 6.16.2 se muestran los conceptos y proposiciones del mapa sobre la Introducción, del alumno 1.

**Tabla 6.16.1:**  
Conceptos del mapa 6.4.

Concepto	Entradas	Salidas
dimension	1	1
medio.	1	1
cuerda	1	0
perturbacion	0	1
fuelle	1	0
aire	1	0
tren	1	0
longitudinal	1	0
transversal	1	0
energia cinetica y potencial	1	0
MEDIO	1	3
velocidad	1	0
oscilacion	1	1
energia y momentum	1	0
ONDA	1	3
no dispersiva	1	0
rayo	1	0
barra	1	0
vibracion	1	1
1,2,3 dimensiones	1	0
dispersiva	1	0

**Tabla 6.16.2:**  
Proposiciones del mapa 6.4.

Concepto	Palabra de enlace	Concepto
ONDA	caracteristicas	fuelle
vibracion	en	longitudinal
oscilacion	genera	energia cinetica y pot...
perturbacion	se propaga	MEDIO
MEDIO	tales	barra
MEDIO	posee	oscilacion
MEDIO	tales	cuerda
ONDA	se clasifican según	vibracion
ONDA	transporta	energia y momentum
ONDA	se clasifican según	dimension
ONDA	caracteristicas	tren
ONDA	se clasifican según	medio.
MEDIO	se genera	ONDA
MEDIO	tales	aire
ONDA	caracteristicas	rayo
ONDA	caracteristicas	velocidad
medio.	en	no dispersiva
vibracion	en	transversal
medio.	en	dispersiva
dimension	en	1,2,3 dimensiones

El mapa conceptual sobre la introducción tiene como objetivo formar organizadores previos sobre los conceptos fundamentales de las ondas mecánicas. Al observar los resultados de los mapas para cada alumno, se puede señalar:

El alumno 1: usa los conceptos en forma precisa y adecuada, faltándole algunos conceptos que son relevantes. Vincula los conceptos en forma acertiva, haciendo proposiciones coherentes, así como la jerarquización que hace de ellos. Asimila en forma más que aceptable y se nota una diferenciación progresiva en los conceptos tratados.

El alumno 2: usa una cantidad de conceptos que no corresponden y otros que son poco significativos. Los conceptos pertinentes están muy bien vinculados. Falta una jerarquización adecuada de los conceptos usados en su mapa. Sin embargo, los diferencia con claridad. En general, es un mapa conceptual regular, mostrando una buena organización de ellos. Faltó considerar un número mayor de conceptos más relevantes.

El alumno 3: en general, ocupa una gran cantidad de conceptos, pero alguno de ellos no tienen relevancia. Forma proposiciones con los conceptos de manera coherente. Sin embargo, no tiene claridad con el uso de la jerarquía en su mapa. Puede catalogarse como un mapa más que suficiente.

Alumno 4: el mapa conceptual tiene una cantidad de conceptos tratados en la introducción, pero algunos de ellos no tienen el valor para ser considerados. Sus vínculos están en número adecuado. Su jerarquía es la pertinente y se reduce en tres niveles. Es un buen mapa conceptual.

Alumno 5: Tiene un exceso de conceptos y algunos no corresponden o no tienen la jerarquía necesaria. Sus vínculos, en general, corresponden a proposiciones coherentes. El mapa debería reducirse a tres niveles jerárquicos. Es un buen mapa conceptual.

Alumno 6: Es el alumno que más conceptos utiliza. Sin embargo, algunos de ellos no lo son o deben ser omitidos por su poca trascendencia. Eso hace que tenga que hacer vínculos que no tienen sentido. Usa tres niveles en su jerarquía. Es un mapa conceptual aceptable.

### **Comentarios:**

*Al hacer una síntesis de los seis mapas conceptuales sobre la introducción al tema de las Ondas Mecánicas, como estudio de casos, y en el contexto de utilizarlo como organizador previos para la formalización de teorías de las Ondas Mecánicas se puede señalar:*

- *Los conceptos utilizados son los que corresponden y se muestran claramente diferenciados. Aunque en algunos casos se utilizan conceptos de nivel inferior y poco apropiado a la situación.*
- *Las relaciones o vínculos, mayoritariamente, están bien concebidas, y demuestran la diferencia conceptual que existe entre ellos, aunque existen algunas vinculaciones innecesarias.*
- *La jerarquía utilizada en la confección del mapa fue la adecuada. Aunque, en algunos casos fue excesiva, quizás por el uso de Cmap, queriendo demostrar habilidades tecnológicas.*
- *Mayoritariamente las proposiciones están bien construidas. Eso indica que asimilaron de buena manera los conceptos más importantes de las ondas mecánicas.*
- *Ha sido fundamental colocar este mapa conceptual en el instancia inicial, antes de empezar a construir el cuerpo teórico de las ondas mecánicas. Esto permite nivelar y compartir significados sobre los conceptos previos y subsumidores que tienen los alumnos respecto a las ondas mecánicas.*

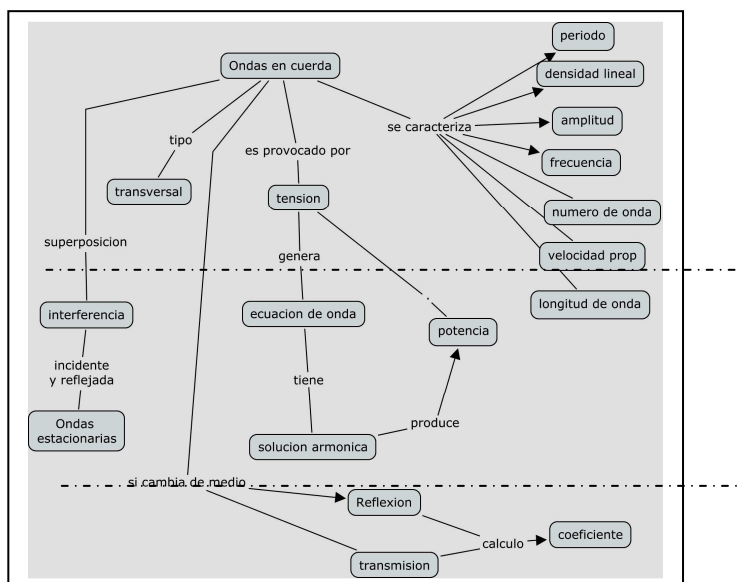
### Mapa conceptual 2: Ondas en cuerdas

Una segunda etapa en que los alumnos deben confeccionar un mapa conceptual corresponde al análisis y elaboración de los referentes teóricos sobre las Ondas en Cuerdas. A continuación, se muestran, en tabla 6.17, los resultados de sus evaluaciones.

**Tabla 6.17:**  
Evaluación de los mapas conceptuales sobre Ondas en Cuerdas  
(nota escala de 1,0 a 7,0)

Alumno	Conceptos 32 (2 puntos)	Jerarquía 36 (2 puntos)	Proposiciones 16 (2 puntos)	Nota 7,0
1	21	22	15	5,4
2	21	23	10	4,8
3	27	26	15	6,0
4	18	17	12	4,6
5	26	27	15	6,0
6	22	24	13	5,3

Para aclarar la forma como se construye la tabla anterior 6.17., se muestra el mapa conceptual sobre ondas en cuerda y la técnica utilizada para determinar puntuación de conceptos, jerarquía y proposiciones del alumno 1.



**Figura 6.2:** Mapa conceptual sobre ondas en cuerda del alumno 1.

A continuación en las tablas 6.17.1 y 6.17.2 se muestran los conceptos y proposiciones del mapa sobre ondas en cuerdas, del alumno 1.

El análisis de los mapas conceptuales se realiza una vez concluida la etapa de adquisición de conocimiento formal de la teoría sobre las Ondas en cuerda.

Alumno 1: Usa los conceptos apropiados en cantidad y relevancia. Los vínculos los relaciona de buena manera, distribuyendo adecuadamente y jerárquicamente los conceptos. Hace muy buenas proposiciones, visualizándose una notable conceptualización. Buen mapa conceptual.

Alumno 2: Usa pocos conceptos, pero en forma clara y precisa. Carece de conceptos relevantes a considerar. Utiliza correctamente los vínculos y las proposiciones, pero son poco relevantes. Los niveles jerárquicos los distribuye en tres niveles de manera poco adecuada. Pareciera que los conceptos más importantes estuvieran al centro del mapa. Se puede catalogar como un mapa Regular.

Alumno 3: Usa la cantidad de conceptos apropiados, faltándoles algunos importantes. Hace buena vinculación con los conceptos y son excelentes sus proposiciones. En la jerarquización se distinguen con claridad tres niveles. Un excelente mapa conceptual.

Alumno 4: Tiene una gran cantidad de conceptos, sin relevancia, ubicándolos todos en el nivel superior. Sus vínculos y proposiciones son poco adecuados, mostrando la poca integración reconciliada de ellos. Concentra los conceptos en el nivel superior y medio, dejando muy pocos conceptos en el nivel inferior. Regular es su mapa conceptual.

Alumno 5: Utiliza los conceptos en forma suficiente y precisa, haciendo una buena construcción de proposiciones con ellos. Establece claramente tres niveles jerárquicos con los conceptos, distribuyéndolos adecuadamente. Se nota que se ha logrado claridad conceptual sobre las ondas en cuerdas. Excelente mapa conceptual.

Alumno 6: Usa muchos conceptos, pero no en forma adecuada, lo que limita hacer relaciones y proposiciones con ellos, aunque, están muy bien conectadas. Posee tres niveles de conceptos bien distribuidos. Más que regular su mapa conceptual.

**Tabla 6.17.1:**  
Conceptos del mapa 6.2

Concepto	Entradas	Salidas
Ondas en cuerda	0	5
numero de onda	1	0
amplitud	1	0
transmision	1	1
periodo	1	0
densidad lineal	1	0
tension	1	2
Ondas estacionarias	1	0
transversal	1	0
potencia	2	0
solucion armonica	1	1
coeficiente	1	0
velocidad prop	1	0
frecuencia	1	0
longitud de onda	1	0
Reflexion	1	1
ecuacion de onda	1	1
interferencia	1	1

**Tabla 6.17.2:**  
Proposiciones del mapa 6.5.

Concepto	Palabra de en...	Concepto
solucion armonica	produce	potencia
Ondas en cuerda	se caracteriza	longitud de onda
Ondas en cuerda	se caracteriza	numero de onda
tension	.	potencia
Reflexion	calculo	coeficiente
Ondas en cuerda	superposicion	interferencia
Ondas en cuerda	se caracteriza	amplitud
transmision	calculo	coeficiente
Ondas en cuerda	se caracteriza	frecuencia
Ondas en cuerda	se caracteriza	densidad lineal
Ondas en cuerda	si cambia de medio	Reflexion
Ondas en cuerda	es provocado por	tension
Ondas en cuerda	se caracteriza	velocidad prop
ecuacion de onda	tiene	solucion armonica
Ondas en cuerda	si cambia de medio	transmision
Ondas en cuerda	tipo	transversal
Ondas en cuerda	se caracteriza	periodo
interferencia	incidente y reflej...	Ondas estaciona...
tension	genera	ecuacion de onda



**Comentarios:**

*Este segundo mapa conceptual tiene por objetivo visualizar cómo han quedado asimilados y anclados los conceptos y teorías sobre las Ondas Mecánicas. Al respecto se puede comentar:*

- *Los conceptos utilizados en la mayor parte los seis casos analizados corresponden a los conceptos más importantes y de mayor relevancia que forman el cuerpo teórico de las Ondas en Cuerdas.*
- *La vinculación de conceptos está realizada en forma adecuada y pertinente, dejando proposiciones coherentes y con significado lógico.*
- *La jerarquización en los mapas conceptuales es la adecuada, ubicando los conceptos en los niveles apropiados.*
- *De los mapas analizados, se puede inferir que el anclaje de los conceptos sobre las ondas en cuerdas es sólido y bien diferenciado, por lo que el tema de las Ondas en Cuerdas, ha sido aprendido significativamente.*

**Mapa conceptual 3: Ondas Mecánicas**

Al finalizar la unidad temática, se le ha pedido a los alumnos confeccionar un tercer mapa conceptual sobre las Ondas Mecánicas, sus evaluaciones para el estudio de casos, se presentan a continuación.

**Tabla 6.18:**  
Evaluación de los mapas conceptuales sobre Ondas Mecánicas  
(nota escala de 1,0 a 7,0)

Alumno	Conceptos 38 (2 puntos)	Jerarquía 42 (2 puntos)	Proposiciones 24 (2 puntos)	Nota 7,0
1	36	34	22	<b>6,3</b>
2	26	25	14	<b>4,7</b>
3	35	31	10	<b>5,2</b>
4	29	28	15	<b>5,1</b>
5	30	28	17	<b>5,3</b>
6	29	31	13	<b>5,1</b>



**Tabla 6.18.1:**  
Conceptos del mapa 6.3

Concepto	Entradas	Salidas
amplitud	1	0
senoidal	1	1
Onda	0	7
viajera	1	1
transmision	1	0
longitud	1	0
superposicion	1	3
elasticidad	1	0
Fuente	2	1
receptor	1	0
perturbacion	1	2
potencia	1	0
varilla	1	0
reflexion	1	1
tension	1	2
frecuencia	1	0
extremo	1	0
barra	1	0
longitud de onda	1	0
transversal	1	1
Efecto doppler	1	1
medio	1	2
cuerda,	1	1
tubos abierta cerrados	1	0
intensidad	1	0
frecuencia	1	0
energia	1	0
cuerda	1	0
gas,	1	1
gas	1	0
longitudinal	1	1
velocidad	1	0
barra,	1	1
ondas estacionarias	1	1
Presion	1	1

**Tabla 6.18.2:**  
Proposiciones del mapa 6.3.

Concepto	Palabra de enlace	Concepto
viajera	segun forma	longitudinal
longitudinal	en	barra
Presion	-	intensidad
medio	-	fuernte
Efecto doppler	produce cambios	frecuencia
perturbacion	se llama	fuernte
transversal	en	cuerda
Onda	provocado	tension
senoidal	segun forma	transversal
Efecto doppler	produce cambios	longitud
Onda	caracteristicas	frecuencia
gas,	mediante	tubos abierta cerrados
superposicion	genera	ondas estacionarias
reflexion	genera	ondas estacionarias
senoidal	segun forma	longitudinal
Onda	tipo	viajera
Onda	llega	receptor
ondas estacionarias	se presentan	gas,
tension	-	potencia
Onda	-	Presion
tension	-	energia
ondas estacionarias	se presentan	barra,
Onda	se combina	superposicion
viajera	segun forma	transversal
superposicion	provoca	reflexion
medio	tiene	elasticidad
superposicion	-	transmision
ondas estacionarias	se presentan	cuerda,
Onda	es	perturbacion
longitudinal	en	gas
fuernte	movimiento relativo	Efecto doppler
barra,	mediante	varilla
Onda	caracteristicas	longitud de onda
Onda	tipo	senoidal
Onda	caracteristicas	amplitud
Onda	caracteristicas	velocidad
cuerda,	atadas	extremo
perturbacion	viaja	medio

Este mapa conceptual tiene como objetivo preparar al alumno conceptualmente antes de rendir su evaluación final o prueba integral. De manera que pueda obtener buen desempeño, que tengan muy claro sus conceptos y los sepan poner en práctica en la resolución de problemas. El análisis por alumno se describe a continuación.

El alumno 1. Usa los conceptos adecuados, los vincula de forma aceptable sin mayores incoherencias. Las proposiciones que hace con los conceptos son consistentes y asertivas. Utiliza los niveles o jerarquía de los conceptos de manera clara y armoniosa. Un excelente mapa conceptual.

El alumno 2. Hace uso de muchos conceptos de poca relevancia dentro de aquellos que conformar el núcleo teórico de las Ondas Mecánicas. Usa vínculos y forma proposiciones poco coherentes. La jerarquía de los conceptos no es la más adecuada. El mapa se puede calificar como regular.

Alumno 3. Los conceptos son en la mayor parte los más importantes o relevantes, pero faltan algunos de interés. Existe una gran cantidad de proposiciones formadas con los conceptos, que no son las más adecuadas. La distribución de conceptos en el mapa es aceptable ubicándolos en su nivel correspondiente. Más que regular es su mapa conceptual.

Alumno 4. Faltan conceptos importantes en el cuerpo teórico de las Ondas Mecánicas, algunos de ellos carecen de relevancia conceptual. Los vínculos son escasos pero bien conectados y sus proposiciones se observan coherentes. Los niveles o jerarquía de los conceptos, por lo general se encuentran bien ubicados en el mapa. Se puede clasificar como un mapa más que regular.

Alumno 5. Cantidad de conceptos adecuados y precisos, con buena vinculación entre ellos, las proposiciones son coherentes. Si embargo, existen algunos conceptos menores que deberían omitirse. La ubicación de los conceptos es la conveniente. Buen mapa conceptual.

Alumno 6. Aunque la cantidad de conceptos es relativamente escasa, los utiliza adecuadamente, muy bien vinculados entre ellos. Las proposiciones formadas con los conceptos son limitadas y su ubicación corresponde a los niveles jerárquicos. Se puede clasificar que el mapa conceptual de regular.

### **Comentarios:**

*Este mapa conceptual, de alguna manera, es el que integra a los dos anteriores. Por lo tanto sirve para darse cuenta de cómo han asimilados los alumnos los conceptos y las teorías sobre las Ondas Mecánicas. Algunos comentarios sobre los resultados de los estudios de casos:*

- *La conceptualización en general es bastante aceptable, con asimilación y anclaje en los conceptos fundamentales de las Ondas Mecánicas.*
- *Excelente relaciones entre los conceptos, donde las proposiciones que se forman son coherentes y asertivas.*
- *La jerarquización de los conceptos hace que los alumnos tengan una estructura bien organizada del marco teórico sobre las Ondas Mecánicas.*
- *Las actividades que promueven la formación conceptual, llámese material potencialmente significativo, foros de discusión y talleres, permiten que estos procesos de aprendizaje se logren.*
- *Los resultados nos llevan a pensar en la construcción de aprendizaje significativo en los alumnos sobre las Ondas Mecánicas.*

## Propuesta metodológica enseñanza EFBAS y su efecto en el aprendizaje. Foros de discusión

Esta actividad es parte de la metodología de enseñanza EFBAS. Se entrega como material una ayudantía con la resolución de problemas, empleando aquellos conceptos, principios y teorías que forman parte de la resolución. Este material es colocado en la plataforma virtual y luego se plantean una serie de preguntas para la discusión. Después de realizar un foro de discusión ampliado en forma virtual, cada grupo de trabajo debe entregar lo que se ha llamado foro de discusión, donde expresar en forma explícita los conceptos y principios que están presentes en la resolución de cada ayudantía, y cuya pauta de corrección, se encuentra en los anexos 5.3. La forma de evaluación de los foros de discusión es mediante un puntaje asignado (conceptos, principios) por cada problema, para luego ser transformado a nota en escala de 1 a 7.

### Ayudantía 1

- 1.- Una onda senoidal en una cuerda se describe por medio de la ecuación:  
 $y = 0,50 \text{ sen}(\pi x - 3\pi t)$ , donde  $x$  e  $y$  están en (cm) y  $t$  en (seg). ¿Qué distancia se mueve un punto de la cresta en 2,8 seg?

$$y_m = 0,5 \text{ (cm)}$$

$$k = \pi \text{ (1/cm)}$$

$$w = 3 \pi \text{ (rad/7)}$$

$$y = y_m \text{ sen}(kx - wt)$$

En la cresta  $y = y_m = 0,5 \text{ (cm)} = y_0$

$$0,5 = 0,5 \text{ sen}(\pi x) \Rightarrow \text{sen}(\pi x) = 1$$

$$(\pi x) = \pi/2, 5\pi/2, \dots \Rightarrow x = 1/2, 5/2, \dots \text{ (cm)}$$

para  $t = 2,8 \text{ (s)}$   $x = 1/2$

$$y_1 = 0,5 \text{ sen}(\pi \cdot 1/2 - 3\pi \cdot 2,8) = 0,155 \text{ (cm)}$$

$$d = y_0 - y_1 = 0,5 - 0,155 = 0,345 \text{ (cm)}$$

- 2.- La diferencia de fase en una onda de propagación transversal, en una cuerda, entre dos puntos separados 2 (m) es de  $5\pi$  (rad). Si la cuerda tiene una densidad lineal de masa de  $3 \cdot 10^{-4}$  (Kg/m) y esta sometida a una tensión de 1,96 (nt). Determine la velocidad de propagación y la frecuencia de la onda.

$$\Delta x = 2 \text{ (m)}$$

$$\Delta \phi_{\Delta x} = 5 \pi \text{ (rad/s)}$$

$$\mu = 3 \cdot 10^{-4} \text{ (Kg/m)}$$

$$T = 1,96 \text{ (nt)}$$

$$v = ?$$

$$f = ?$$

$$\Delta \phi_{\Delta x} = k \Delta x$$

$$k = 5\pi/2 = 2,5 \pi \text{ (m}^{-1}\text{)} \quad \lambda = (2\pi/k) = 0,8 \text{ (m)}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{1,96}{0,0003}} = 80 \text{ (m/s)}$$

$$v = \lambda f \quad f = v/\lambda = 80/0,8 = 100 \text{ (Hz)}$$

- 3.- La aceleración de cada punto de una cuerda, de una onda transversal, está dado por la siguiente ecuación:  $a(x,t) = -400 \cos(0,3x - 40t)$  en (m/seg<sup>2</sup>),  $x$  en (m),  $t$  en seg. Encontrar la longitud de la onda y la elongación de un punto de la cuerda ubicado a 2 (m) en  $t = 4$  seg.

$$\begin{aligned}
 Y_m \omega^2 &= 400 & y_m &= 400 / 40^2 = 0,25 \text{ (m)} \\
 \omega &= 40 \text{ (rad/s)} \\
 k &= 0,3 \text{ (m}^{-1}\text{)} & y &= y_m \text{ sen } (0,3 \cdot 2 - 40 \cdot 4) = -0,18 \text{ (m)} \\
 y &= ? \text{ cuando } x=2 \text{ (m), } t=4 \text{ (s)} \\
 \lambda &= 2\pi/k = 20,9 \text{ (m)}
 \end{aligned}$$

4.- Una cuerda tensa tiene una masa de 0.18 Kg y una longitud de 3,6 (m). ¿Qué potencia debe suministrarse para generar ondas senoidales con amplitud de 0,10 (m) y una longitud de onda de 0,5 (m), y cuya velocidad sea de 30 (m/seg).

$$\begin{aligned}
 m &= 0,18 \text{ (Kg)} & k &= 2\pi / \lambda = 4\pi \text{ (m}^{-1}\text{)} \\
 L &= 3,6 \text{ (m)} & kv &= \omega \Rightarrow \omega = 4\pi \cdot 30 = 120 \pi \text{ (rad/s)} \\
 P &= ? & \mu &= m/L = 0,18 / 3,6 = 0,05 \text{ (Kg/m)} \\
 y_m &= 0,1 \text{ (m)} & v &= \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow T = v^2 \mu = 30^2 \cdot 0,05 = 45 \text{ (nt)} \\
 \lambda &= 0,5 \text{ (m)} \\
 v &= 30 \text{ (m/s)} & P &= \frac{1}{2} y_m^2 k \omega T = 1064,8 \text{ (w)}
 \end{aligned}$$

A continuación, se muestra el registro del foro 1, para el alumno 1.

## Ayudantía de Física 1

Nombre: alumno 1

Pedagogía en Química y Ciencias

## Ejercicio 1.

Conceptos

- onda senoidal en cuerda
- medio
- distancia
- tiempo
- posición

Principios

$$t=0$$

$$y = y_m = y_0$$

$$y = y_m \sin(kx - \omega t)$$

$$d = y_0 - y_L$$

## Ejercicio 2

Conceptos

- Diferencia de fase
- onda de propagación transversal
- tiempo
- posición
- velocidad
- densidad lineal de masa
- Tensión

Principios

$$\Delta x$$

$$\Delta t$$

$$\Delta \psi_x$$

$$\Delta \psi_t$$

$$k\Delta x = \Delta \psi_x$$

$$k = \frac{\Delta \psi_x}{\Delta x}$$

$$\omega = \frac{\Delta \psi_t}{\Delta t}$$

$$kv = \omega \Rightarrow v = \frac{\omega}{k}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$Y = \frac{T}{v^2}$$

Ejercicio 3Conceptos

- velocidad
- onda transversal
- posición
- tiempo
- longitud de onda
- elongación

Principios

$$y_m \omega$$

$$y = y_m \sin(kx - \omega t)$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k}$$

Ejercicio 4Conceptos

- cuerda tensa
- masa
- longitud
- potencia
- ondas senoidales
- Amplitud
- longitud de onda
- velocidad

Principios

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$kv = \omega$$

$$\mu = \frac{m}{L}$$

$$P_m = \langle P \rangle = \frac{1}{2} y_m^2 k \omega T$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

$$T = v^2 \mu$$

**Comentarios:**

Se puede apreciar que el alumno, en cada problema escribe aquellos conceptos implícito y explícito que se encuentra involucrado en la resolución del problema. En los problemas los conceptos detectados mayoritariamente son los que corresponden. En cuánto a principios son claramente identificables, y se formalizan a través de una representación (fórmula).

Esta actividad tiene como objetivo reflexionar sobre la forma de resolver un problema, donde el alumno, no acepte la resolución como algo mecánico o modelo que después lo transfiera a otra situación, sino vea conceptos relacionados y principios que deben aplicarse.



Los resultados para la ayudantía 1, evaluado para los seis casos, se muestran en la siguiente tabla, con las evaluaciones, por pregunta, considerando según pauta de evaluación, anexo 5.3, en que cada pregunta tiene (8,3), (7,4), (9,3) y (9,5) conceptos y principios, respectivamente.

**Tabla 6.19:**  
Evaluación del foro 1, correspondiente a la ayudantía 1.  
(Los conceptos y principios son evaluados con nota, escala 1,0 a 7,0)

Alumno	Pregunta 1 Conceptos (8) Principios(3)	Pregunta 2 Conceptos (7) Principios(4)	Pregunta 3 Conceptos (9) Principios(3)	Pregunta 4 Conceptos (9) Principios(5)	Nota (33,15)
1	5 1	6 4	5 2	6 5	<b>5,4</b> (22,12)
2	4 1	7 3	5 2	6 4	<b>5,0</b> (22,10)
3	4 1	7 3	3 1	6 4	<b>4,6</b> (20,9)
4	5 1	7 3	7 2	7 3	<b>5,2</b> (26,9)
5	4 1	5 2	5 2	6 4	<b>4,6</b> (20,9)
6	3 1	5 2	5 1	7 3	<b>4,2</b> (20,7)

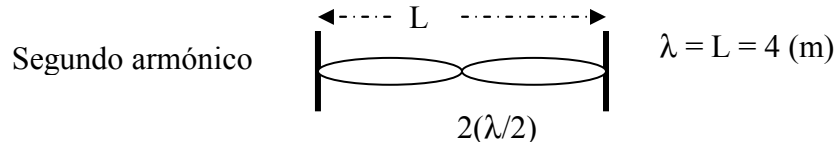
### **Comentarios:**

*No es necesario hacer comentario por alumno, ya que se observa un comportamiento muy similar en cada uno de ellos, ante la formulación de conceptos y principios que son utilizados en la resolución de problemas. Por lo tanto, las consideraciones son generales.*

- *Todos los alumnos reconocen conceptos válidos en un 100%, no existen conceptos equivocados.*
- *Todos los alumnos reconocen los principios que resuelven el problema en 100%, es decir no existen principios erróneos.*
- *Los conceptos que se omiten o faltan son generalmente son conceptos implícitos en el problema o en la resolución.*
- *Los principios que faltan, por lo general, son de tipo matemáticos.*
- *Queda muy claro que los alumnos hacen diferenciación adecuada de conceptos y visualizan claramente la integración reconciliada en la resolución, por lo que la actividad ayuda a la formación de aprendizaje significativo de tipo subordinado.*

**Ayudantía 2**

1.- Determinar la tensión que debe aplicarse a una cuerda de largo 4 (m) para que se produzca una onda estacionaria en el segundo armónico. La cuerda está vibrando con frecuencia de 100 (Hz), tiene una densidad lineal de masa  $\mu = 0,0010$  (Kg/m)



$$L = 4$$
 (m)

$$f = 100$$
 (Hz)

$$\mu = 0,001$$
 (Kg/m)

$$v = \lambda f = 4 \cdot 100 = 400$$
 (m/s)

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}, \quad T = v^2 \mu = (400)^2 \cdot 10^{-3}$$

$$T = 160$$
 (Nt)

2.- La velocidad de cualquier punto de una onda estacionaria está dado por la ecuación:  $u(x,t) = -70 \text{ sen}(0,25 x) \text{ sen}(140 t)$ , en (cm/seg), donde x en cm t en seg. Determine la longitud que debe tener la cuerda para que esta tenga cuatro vientre, y la velocidad de propagación de la onda.

$$u(x,t) = -70 \text{ sen}(0,25 x) \text{ sen}(140 t)$$

$$y = y(x,t) = y_m \text{ sen } kx \text{ cos } wt$$

$$n = 4$$

$$u = u(x,t) = -w \cdot 2 y_m \text{ sen } kx \text{ sen } wt$$

$$L = ?$$

$$k = 0,25$$
 (1/cm),  $w = 140$  (rad/s)

$$2 y_m = \pm 70$$
 (cm/s)

$$v = ?$$

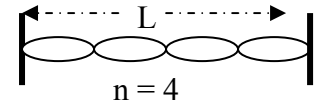
$$\lambda = 2\pi/k = 2 \cdot 3,14 / 0,25 = 25,1$$
 (cm)

$$kv = w$$

$$0,25 \cdot v = 140$$

$$v = 560$$
 (cm/s)

$$n (\lambda/2) = L$$



$$L = 4 (25,1/2) = 50,2$$
 (cm)

3.- Desde una cuerda (1) incide un pulso de amplitud A, y se genera un pulso reflejado en la cuerda (1) y uno transmitido en la cuerda (2). El coeficiente de transmisión es 1,5. Determinar la amplitud de la onda reflejada y la transmitida.

$$y_{01} = A$$

$$T = (y_{02} / y_{01})$$

$$y_{01}' = ?$$

$$y_{02} = T y_{01} = 1,5 A$$

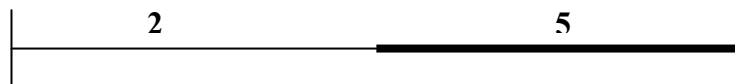
$$y_{02} = ?$$

$$y_{01} + y_{01}' = y_{02}$$

$$T = 1,5$$

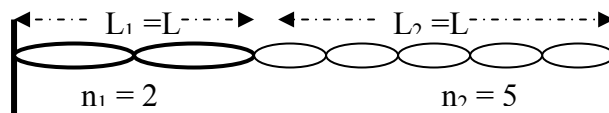
$$y_{01}' = y_{02} - y_{01} = 1,5A - A = 0,5A$$

4.- Determinar el coeficiente de reflexión y transmisión para una onda estacionaria que se produce en dos cuerdas unidas, del mismo largo, de manera tal, que en la primera cuerda existen dos semilongitudes de onda y en la otra 5 semilongitudes de onda. El nudo coincide con un nodo. La frecuencia para esta onda 100 (Hz).



$$f_1 = f_2 = f$$

$$n_1 = 2, \quad n_2 = 5$$



$$f = 100 \text{ (Hz)}$$

$$n_1 (\lambda_1/2) = L, \quad 2((\lambda_1/2)) = L, \quad \lambda_1 = L$$

$$L_1 = L_2 = L$$

$$n_2 (\lambda_2/2) = L, \quad 5((\lambda_2/2)) = L, \quad \lambda_2 = (2/5) L$$

$$v_1 = \lambda_1 f_1$$

$$v_2 = \lambda_2 f_2$$

$$R = (v_2 - v_1) / (v_2 + v_1) = (\lambda_2 - \lambda_1) / (\lambda_2 + \lambda_1), \quad R = - (3/7)$$

$$T = (2v_2) / (v_2 + v_1) = (2\lambda_2) / (\lambda_2 + \lambda_1), \quad T = (4/7)$$

A continuación, se muestra el registro del foro 2, para el alumno 1.

Ayudantía 2  
 Nombre: **alumno 1**  
 Pedagogía en Química y Ciencias

Ejercicio 1  
 Conceptos  
 Tensión  
 largo  
 onda estacionaria  
 segundo armónico  
 interferencia  
 frecuencia  
 densidad lineal

Principios  
 $2 \frac{\lambda}{2} = L \Rightarrow \lambda = L \quad v = \lambda \cdot f$   
 $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad v^2 \cdot \mu = T$

Ejercicio 2  
 Conceptos  
 velocidad  
 ondas estacionarias  
 posición  
 tiempo  
 longitud  
 número  
 velocidad.

Principios  
 $\lambda = \frac{2\pi}{k} \quad k \cdot v = \omega \quad v = \frac{\omega}{k} \quad n \frac{\lambda}{2} = L$

## Ejercicio 3

## Conceptos

cuerdas  
 pulso de amplitud  
 pulso reflejado  
 amplitud de onda reflejada y transmitida

## Principios

$$T = \frac{Y_{02}}{Y_{01}} \quad Y_{02} = T Y_{01}$$

$$Y_{01} + Y_{01}' = Y_{02}$$

$$Y_{01}' = Y_{02} - Y_{01} =$$

## Ejercicio 4

## Conceptos

coeficiente de reflexión y transmisión  
 onda estacionaria  
 largo  
 cuerdas  
 semilongitud de onda  
 nudo  
 nodo  
 frecuencia

## Principios

$$\lambda_1 = L \quad n_2 \frac{\lambda_2}{2} = L \quad v = \lambda f \quad v_1 = \lambda_1 f \quad v = \lambda_2 f$$

$$R = \frac{v_2 - v_1}{v_1 + v_2}$$

$$T = \frac{2v_2}{v_1 + v_2}$$

**Comentarios:**

Se observa que utilizan los conceptos más importante de cada problema, especialmente aparecen sólo los conceptos explícitos, no así aquellos implícitos que están

*involucrados en la formulación del problema. En cuánto a los principios en que se sustenta la resolución, vuelve a usar representaciones mediante formulas.*

Los resultados para la ayudantía 2, de los seis casos, se muestran en la siguiente tabla, con las evaluaciones, por pregunta, considerando, según pauta de evaluación, que cada pregunta tiene (8,3), (8,6), (6,3) y (9,4) conceptos y principios, respectivamente. Anexo 5.3

*Tabla 6.20. Evaluación del foro 2, correspondiente a la ayudantía 2.  
(Los conceptos y principios son evaluados con nota, escala 1,0 a 7,0)*

Alumno	Pregunta 1 Conceptos (8) Principios(3)	Pregunta 2 Conceptos (8) Principios(6)	Pregunta 3 Conceptos (6) Principios(3)	Pregunta 4 Conceptos (9) Principios(4)	Nota (31,16)
1	8 3	8 5	5 3	9 4	<b>6,7</b> (30,15)
2	8 3	8 5	4 2	7 5	<b>6,4</b> (27,15)
3	7 2	7 3	3 2	7 3	<b>5,2</b> (24,10)
4	7 3	7 4	5 2	6 3	<b>5,7</b> (25,12)
5	6 2	6 3	2 2	6 4	<b>5,0</b> (20,11)
6	7 2	7 3	3 2	5 3	<b>5,0</b> (22,10)

### **Comentarios:**

*Se plantearan observaciones de los seis casos en su conjunto, ya que se tiene en general los mismos tipos de conceptos y principios sólo en algunos de los casos existen omisiones.*

- *Los conceptos que mencionan corresponden al tema, aunque son omitidos escasamente.*
- *Los principios identificados son efectivamente los que corresponden a la temática. Están los más importantes, por lo menos los visibles.*
- *Existen conceptos que también juegan un rol de principio. Por ejemplo, segundo armónico, que no son considerados en ambos roles.*
- *Son escasos los conceptos implícitos y los principios matemáticos.*
- *En definitiva, existe una buena asociación de conceptos y principios, lo que hace suponer que se ha aprendido de manera no arbitraria ni literal.*

### Ayudantía 3

1.- El nivel de presión de sonido de una onda a 2(m) de una fuente sonora es de 80 dB. Determine a que distancia de la fuente el nivel de presión de sonido es 50 dB.

$$R_1 = 2 \text{ (m)} \quad I_1 = I_0 10^{(B_1/10)} = 10^{-12} \cdot 10^{(80/10)} = 10^{-4} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

$$B_1 = 80 \text{ (dB)} \quad I_2 = I_0 10^{(B_2/10)} = 10^{-12} \cdot 10^{(50/10)} = 10^{-7} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

$$r_2 = ? \quad P = 4 \pi r_1^2 I_1 = 4 \pi r_2^2 I_2$$

$$B_2 = 50 \text{ (dB)} \quad r_2 = r_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{10^{-4}}{10^{-7}}} = 63,2 \text{ (m)}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

2.- Determinar la amplitud de desplazamiento de una onda sonora, de frecuencia 1000 (Hz), y que tiene un nivel de presión de sonido de 70 decibeles. Considere para el aire  $\rho_0 = 1,29 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$ ,

$$\rho_0 = 1,29 \text{ (Kg/m}^3\text{)} \quad I = I_0 10^{(B/10)} = 10^{-12} \cdot 10^{(70/10)} = 10^{-5} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

$$f = 1000 \text{ (Hz)} \quad I = \frac{P_0^2}{2\rho_0 v}$$

$$\xi_0 = ? \quad P_0 = \sqrt{2Iv\rho_0} = \sqrt{2 \cdot 10^{-5} \cdot 340 \cdot 1,29} = 9,4 \cdot 10^{-2} \text{ (Nt/m}^2\text{)}$$

$$B = 70 \text{ (dB)} \quad \lambda = (v/f) = (340/1000) = 0,34 \text{ (m)}$$

$$v = 340 \text{ (m/s)} \quad k = (2\pi/\lambda) = (6,28/0,34) = 18,5 \text{ (m)}$$

$$P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0$$

$$9,4 \cdot 10^{-2} = 1,29 \cdot (340)^2 \cdot 18,5 \cdot \xi_0$$

$$\xi_0 = 3,4 \cdot 10^{-8} \text{ (m)}$$

3.- Un tubo de aire abierto de largo 1(m) se encuentra en el segundo armónico, está en resonancia con una varilla de largo 2 (m), en su estado fundamental. Determine la velocidad del sonido en el metal (varilla).

Tubo de aire abierto tubo de aire abierto:  $f_n = n(v/2L)$

$$L_1 = 1 \text{ (m)} \quad f_{2a} = 2(340/2 \cdot 1) = 340 \text{ (Hz)}$$

$$v_a = 340 \text{ (m/s)}$$

$$n = 2 \text{ (segundo armónico)}$$

varilla:  $f_n = n(v/2L)$

Varilla  $f_{1v} = 1(v_m/2 \cdot 2) = (v_m/4)$

$$L_2 = 2 \text{ (m)} \quad f_{2a} = f_{1v}$$

$$n = 1 \text{ (fundamental)} \quad 340 = (v_m/4)$$

$$v_m = ? \quad v_m = 1340 \text{ (m/s)}$$

4.- Un vehículo que se mueve a 20 (m/seg), y se acerca a una pared reflectante. Si desde el vehículo se emite una onda sonora de frecuencia de 500 (Hz). Determine la frecuencia a la que recibe la onda reflejada en el vehículo.

$$v = 340 \text{ (m/s)}$$

$$v_v = 20 \text{ (m/s)}$$

$$f = 500 \text{ (Hz)}$$

$$f_{\text{rec}} = ?$$

1ª recepción:  $f' = f \left( \frac{v + v_0}{v - v_s} \right)$  se acerca

$$v_s = 20 \text{ (m/s)}, \quad v_0 = 0, \quad f = 500 \text{ (Hz)}, \quad v = 340 \text{ (m/s)}.$$

$$f' = 500 \left( \frac{340 + 0}{340 - 20} \right) = 531,3 \text{ (Hz)}$$

2ª recepción:  $f'' = f' \left( \frac{v + v_0}{v - v_s} \right)$  se acerca

$$f' = 531,3 \text{ (Hz)}, \quad v_0 = 20 \text{ (m/s)}, \quad v_s = 0, \quad v = 340 \text{ (m/s)}$$

$$f'' = 531,3 \left( \frac{340 + 20}{340 - 0} \right) = 562,5 \text{ (Hz)}$$

1.

### Ayudantía 3

Nombre: **alumno 1**

Pedagogía en Comunicación y Artes

#### Ejercicio 1

##### Conceptos

- nivel de sonido
- onda
- fuente sonora
- distancia

##### Principios

$$I_0 = 10^{-12}$$

$$P = A_1 I_1 = A_2 I_2$$

$$I = I_0 \cdot 10^{B/10}$$

$$Z_2 = n_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}}$$

#### Ejercicio 2

##### Conceptos

- Amplitud de desplazamiento
- Onda sonora
- Frecuencia
- nivel de sonido
- densidad

##### Principios

$$r = \frac{v}{f}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$I = I_0 \cdot 10^{B/10}$$

$$I = \frac{P_0^2}{2\rho v}$$

$$P_0 = \sqrt{2\rho v I}$$

$$\xi = \frac{P_0}{\rho v^2 R}$$

## Ejercicio 3

Conceptos

- tubo de aire
- segundo armónico
- resonancia
- varilla
- largo
- estado fundamental
- velocidad del sonido
- metal varilla

Principios

$$\lambda_1 = L_1$$

$$f_{a(2)} = \frac{v_a}{L_1}$$

$$\lambda_2 = L_2$$

$$f_{v(2)} = \frac{v_{(na)}}{2L_2}$$

$$f_{a(2)} = f_{v(1)}$$

## Ejercicio 4

Conceptos

- velocidad
- pared reflectante
- onda sonora
- frecuencia
- onda reflejada
- velocidad

Principios

$$f' = f \left( \frac{v + v_o}{v - v_s} \right)$$

cerca

**Comentarios:**

Aparecen mencionados los conceptos que aparecen en forma explícita en el enunciado del problema, pero es importante poder darse cuenta del rol que juega en la solución del problema. De igual manera, que en los casos anteriores, existe la necesidad de expresar los principios físicos a través de representaciones simbólicas.



Los resultados para la ayudantía 3, de los seis casos, se muestran en la siguiente tabla, con las evaluaciones, por pregunta, considerando, según pauta de evaluación, que cada pregunta tiene (7,4), (9,5), (9,3) y (7,2) conceptos y principios, respectivamente. Anexo 5.3

**Tabla 6.21:**  
Evaluación del foro 3, correspondiente a la ayudantía 3.  
(Los conceptos y principios son evaluados con nota, escala 1,0 a 7,0)

Alumno	Pregunta 1 Conceptos (7) Principios(4)	Pregunta 2 Conceptos (9) Principios(5)	Pregunta 3 Conceptos (9) Principios(3)	Pregunta 4 Conceptos (7) Principios(2)	Nota (32,14)
1	6 4	8 4	7 3	6 2	<b>6,3</b> (27,13)
2	5 4	7 4	9 3	7 2	<b>6,4</b> (28,13)
3	5 3	7 4	9 2	6 1	<b>5,7</b> (27,10)
4	6 4	8 3	7 3	6 1	<b>5,9</b> (27,11)
5	5 3	6 4	7 2	6 2	<b>5,6</b> (24,11)
6	5 2	6 3	7 2	5 1	<b>4,9</b> (23,8)

### **Comentarios:**

*Al igual que en casos anteriores, no presentan mayores diferencias, algunos tienen uno o dos conceptos más al igual que sucede con los principios, sólo difieren de uno o dos. Por lo tanto, las consideraciones son generales.*

- En la pregunta 1: son abordados casi todos los conceptos, sólo faltan aquellos que están implícitos: intensidad de sonido de referencia, superficie. Los principios usados son los que corresponden, pero siempre son olvidados aquellos de carácter matemáticos, como el cálculo de área de una superficie esférica.*
- En la pregunta 2: aparecen con claridad todos los conceptos, de preferencia los explícitos, sin embargo no aparece el concepto implícito con velocidad del sonido y densidad del aire. En cuanto a los principios, se identifican todos con claridad.*
- En la pregunta 3: en su mayoría se mencionan los conceptos fundamentales, omitiéndose los del módulo de Young y densidad del material. Los principios son, en general, bien abordados.*

- *En la pregunta 4: los conceptos son en su mayoría bien identificados, sin agregar conceptos irrelevantes. Falta uno importante como es el emisor. Los principios son bien detectados, sin mayores dificultades.*

En concreto se puede afirmar, que al interpretar los foros de discusión, elaborados por los estudiantes respecto de las ayudantías, han realizado la actividad con mucha seriedad, sus resultados son bastante parejos en la formación conceptual elaborada de la resolución de los problemas presentados y de muy buena calidad. Además, la propuesta de los foros ha sido comprendida y recibida según lo esperado. La diferencia entre los conceptos y principios de los foros de cada alumno es mínima. Queda claro que las ayudantías han sido un elemento importante para poder transferir lo aprendido. En consecuencia, los foros son actividades de discusión que aclaran en gran medida la forma de resolver problemas. Esta actividad promueve la conceptualización y el aprendizaje significativo, siendo un organizador previo que ayuda a un anclaje más seguro. Además, se observa que los alumnos realizan claramente el proceso de la diferenciación progresiva y perciben la importancia que tiene la integración reconciliada en la resolución de un problema.

### **Propuesta metodológica enseñanza EFBAS y su efecto en el aprendizaje. Talleres de resolución de problemas**

Estos talleres se hacen en forma presencial, una hora de trabajo en grupo para resolver dos problemas, donde demuestren la capacidad para transferir y aplicar los conceptos en la resolución de dos problemas. Para ello, es fundamental que el alumno haya enviado el foro de discusión pertinente. La labor del docente debe ser, en todo momento, estimular el trabajo cooperativo y la formación conceptual en la resolución de un problema.

A continuación se presentan los talleres y su pauta de evaluación elaborada por el docente, avalada por expertos, donde cada problema tiene un puntaje de 30, en total serán 60, que sumado a 10 de base, da el puntaje total. La nota es el puntaje total dividida por 10.

**Taller 1:**

1. La diferencia de fase en una onda de propagación transversal entre dos puntos separados 1(m) es de  $\pi$  (rad), y la diferencia de fase para esa onda en cualquier punto de la onda cuando el intervalo de tiempo es 3(seg) es  $6\pi$  (rad). Determine la velocidad de propagación de esa onda. Si la tensión en la cuerda es de 20 (nt), calcule la densidad lineal de masa de la cuerda.

$\Delta x = 1$ (m)	$k \Delta x = \Delta \phi_x \Rightarrow k \cdot 1 = \pi, k = \pi$ (m <sup>-1</sup> )	10
$\Delta \phi_x = \pi$ (rad/s)	$w \Delta t = \Delta \phi_t \Rightarrow w \cdot 3 = 6\pi, w = 2\pi$ (rad/s)	
$\Delta t = 3$ (s)	$k v = w \Rightarrow v = w/k = 2\pi/\pi = 2$ (m/s)	10
$\Delta \phi_t = 6\pi$ (rad/s)	$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow \mu = T/v^2 = 20/4 = 5$ (Kg/m)	
$v = ?$		10
$T = 20$ (nt)		
$\mu = ?$		

2. La velocidad de cada punto de una cuerda, de una onda transversal, está dado por la siguiente ecuación:  $u(x,t) = -10 \cos(0,3x - 40t)$  en (m/seg), x en (m), t en seg. Encontrar la longitud de la onda y la elongación de un punto de la cuerda ubicado a 2 (m) en  $t = 4$  seg.

$y_m w = 10$	$\lambda = 2\pi/k = 2\pi/0,3 = 20,9$ (m)	8
$w = 40$ (rad/s)	$y_m = 10/w = 10/40 = 1/4 = 0,25$ (m)	7
$k = 0,3$ (m <sup>-1</sup> )	$y = y_m \sin(kx - wt)$	15
$y = ?$ para $x = 2$ (m) $t = 4$ (s)	$y = 0,25 \sin(0,3 \cdot 2 - 40 \cdot 4)$	
	$y = -0,18$ (m)	

A continuación, se muestra el taller 1, entregado por el grupo al cual pertenece el alumno1.



Los resultados de la evaluación del taller 1, se muestran en la tabla 6.22.

**Tabla 6.22:**

Resultados de aprendizaje para el taller 1

Alumno	Problema1	Problema2	Puntaje	Nota
1	30	26	56	<b>6,6</b>
2	25	25	50	<b>6,0</b>
3	26	25	51	<b>6,1</b>
4	25	25	35	<b>6,0</b>
5	30	28	58	<b>6,8</b>
6	30	26	56	<b>6,6</b>

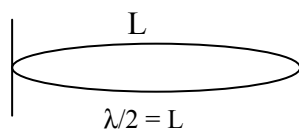
**Comentarios:**

*En ambos problemas su resolución ha sido completa, existiendo en algunos casos omisión de unidades o soluciones de doble signo. Pero es evidente que los alumnos han logrado resolver ambos problemas usando los conceptos precisos y los principios de la Física pertinentes. Esto se puede apreciar ya que que la reconciliación integrada ha quedado asumida con propiedad, mostrando un aprendizaje superordenado por parte de los alumnos, y por ende significativo.*

**Taller 2**

1. Determinar la tensión que debe aplicarse a una cuerda de largo 4 (m) para que se produzca una onda estacionaria en el estado fundamental. La cuerda está vibrando con frecuencia de 100 (Hz), tiene una densidad lineal de masa  $\mu = 0,0020$  (Kg/m)

T=?  
 L= 4 (m)  
 f = 100 (Hz)  
 $\mu = 0,0020$  (Kg/m)



8

$$\lambda = 2 L = 8 \text{ (m)}$$

$$v = \lambda f = 8 \cdot 100 = 800 \text{ (Hz)}$$

10

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow T = v^2 \mu = 1028 \text{ (nt)}$$

12

2. Desde una cuerda (1) incide un pulso de amplitud A, se genera un pulso reflejado cuerda (1) y uno transmitido, cuerda (2). Si ambas cuerdas son del mismo material, pero la sección de la cuerda (1) es un cuarto de la sección de la cuerda (2). Determine:

(a) La amplitud de la onda reflejada y la transmitida.

(b) Si la onda incidente se demora 1,2 seg en llegar a la unión, ¿Cuánto tiempo empleará la onda para recorrer la misma distancia en la cuerda (2)?

$y_{01} = A$			$\rho = m/V = m/AL = \mu A$
$y_{01}' = ?$			
$y_{02} = ?$	$\rho_1 = \rho_2$	$\mu_1 A_1 = \mu_2 A_2$	10
$t_1 = 1,2 \text{ (s)}$	$\mu_1 A_1 = \mu_2 4A_1$	$\mu_1 = 4 \mu_2$	
$t_2 = ?$			
$A_1 = (A_2 / 4)$	$R = (\sqrt{\mu_1} - \sqrt{\mu_2}) / (\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}) = - (1/3)$		10
$\rho_1 = \rho_2$	$T - R = 1 \Rightarrow T = 2/3$		
$L_1 = L_2$	$R = y_{01}' / y_{01} \Rightarrow y_{01}' = R y_{01} = - (1/3)A$		10
	$T = y_{02}' / y_{01} \Rightarrow y_{02}' = T y_{01} = (2/3)A$		
	$T = 2 v_2 / (v_1 + v_2) = 2t_1 / (t_1 + t_2) \Rightarrow t_2 = 2 t_1 = 2,4 \text{ (s)}$		

A continuación, se muestra el taller 2, entregado por el grupo al cual pertenece el alumno1.

**Pregunta 1**

$\mu = 0,002 \text{ (kg/m)}$   
 $f = 100 \text{ (Hz)}$   
 $L = 4 \text{ (m)}$

$\frac{\lambda}{2} = L$   
 $\lambda = 2L$   
 $\lambda = 2 \cdot 4 \text{ (m)}$   
 $\lambda = 8 \text{ (m)}$

$T = \lambda f$   
 $T = 8 \cdot 100 \text{ (m/s)}$   
 $v = 800 \text{ (m/s)}$

$\mu = \frac{T}{v^2}$ ; entonces;  $T = v^2 \mu$   
 $T = 800^2 \cdot 0,002 \text{ (N)}$   
 $T = 1280 \text{ (N)}$

**Pregunta 2**

a)

$\frac{\mu_1}{A_1} = \frac{\mu_2}{A_2}$   
 $\frac{\mu_1}{A_1} = \frac{4\mu_1}{A_1}$   
 $A_1 = 4A_2$

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{\mu_2}}{\sqrt{\mu_1}} = \frac{1}{2}$   
 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{T/A_1}{T/A_2} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{1}{4}$   
 $\frac{v_1}{v_2} = \frac{1}{4}$   
 $\frac{v_1}{v_2} = 2$   
 $\Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = 2$   
 $\frac{v_1}{v_2} = 2$

$R = \frac{R}{T} = \frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} = \frac{v_1 - 2v_1}{v_1 + 2v_1} = \frac{-v_1}{3v_1} = -\frac{1}{3}$

$T = \frac{T}{T} = \frac{2v_2}{v_1 + v_2} = \frac{2v_2}{2v_2 + v_2} = \frac{2v_2}{3v_2} = \frac{2}{3}$

Amplitud  
 $y_0 = A$   
 $y_1 = R y_0$   
 $y_2 = T y_0$   
 $y_1 = -\frac{1}{3} A \Rightarrow$  Reflejada  
 $y_2 = \frac{2}{3} A \Rightarrow$  Transmisión

b)

$\frac{v_1}{v_2} = 2$   
 $v_1 = 2v_2$

$v_1 = \frac{\lambda}{t_1}$   
 $v_2 = \frac{\lambda}{t_2}$   
 $x = v_1 t_1$   
 $x = v_2 t_2$   
 $2v_2 t_1 = v_2 t_2$   
 $2t_1 = t_2$   
 $t_2 = 2 \cdot 1,2 \text{ (seg)}$   
 $t_2 = 2,4 \text{ (seg)}$

Los resultados de la evaluación del taller 2, se muestran en la tabla 6.23.

**Tabla 6.23:**  
Resultados de aprendizaje para el taller 2.

Alumno	Problema1	Problema2	Puntaje	Nota
1	30	25	55	<b>6,5</b>
2	25	27	52	<b>6,2</b>
3	30	27	57	<b>6,7</b>
4	30	20	50	<b>6,0</b>
5	30	15	45	<b>5,5</b>
6	30	27	57	<b>6,7</b>

### **Comentarios:**

- *El problema 1 fue resuelto de manera impecable por todos los alumnos. Queda claro la asimilación y anclaje de los conceptos de ondas estacionarias en cuerdas, lo que permite asegurar que las ondas estacionarias en cuerda, y sus relaciones con las características básicas de los conceptos de ondas, han sido trabajadas notoriamente, confirmándose una apropiación de esos conceptos.*
- *En el problema 2, la situación en general es parecida a la anterior, pero muestra algunas debilidades conceptuales sobre relación entre densidad del material y densidad lineal de masa, pero esta apreciación es muy sutil. En consecuencia, los conceptos de reflexión y transmisión de ondas y su aplicación en cuerda nos indican un anclaje adecuado, lo que hace pensar en un aprendizaje significativo sobre las ondas en cuerdas y su relación con las ondas estacionarias y los fenómenos de reflexión y transmisión.*

**Taller 3**

1. Un tubo de aire cerrado de largo 1,2 (m) se encuentra en el tercer armónico, está en resonancia con una varilla de largo 2 (m), en su estado fundamental. Determine el módulo de Young del metal (varilla) si su densidad es  $7,2 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$

$L_a = 1,2 \text{ (m)}$	Tubo de aire cerrado: $f_{2n-1} = (2n-1) (v/4L)$	10
$v_a = 340 \text{ (m/s)}$		
$n_a = \text{tercer armónico}$	$f_a = f_3 = 3 (v_a / 4L_a) = 3 (340/8,8) = 212,5 \text{ (Hz)}$	
$L_v = 2 \text{ (m)}$	Varilla $f_n = n (v/2L)$	10
$\rho_v = 7,2 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$		
$n_v = \text{fundamental}$	$f_v = f_1 = (v_v / 2L_v) = v_v/4$	
$Y_v = ?$	$f_a = f_v \Rightarrow 212,5 = v_v/4 \Rightarrow v_v = 850 \text{ (m/s)}$	
	$v_v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \Rightarrow Y = v_v^2 \rho = 5,2 \cdot 10^9 \text{ (Kg/m}^2\text{)}$	10

2. Al acercarse un vehículo hacia una sirena que se encuentra fija emitiendo sonido, éste lo escucha con una frecuencias de 800 (Hz), pero al alejarse de la sirena, lo recibe con una frecuencia de 700 (Hz). Determine la velocidad del vehículo de acuerdo con estas observaciones. Considere velocidad del sonido 340 (m/seg).

1ª recepción: acercamiento

$v = 340 \text{ (m/s)}, v_s = 0, v_0 = v_v$	$f' = f (v + v_0) / (v - v_s)$	12
$f' = 800 \text{ (Hz)}$	$800 = f (340 + v_v) / (340) \text{ (1)}$	
$f = ?$		

2ª recepción: alejamiento

$v = 340 \text{ (m/s)}, v_s = 0, v_0 = v_v$	$f' = f (v - v_0) / (v + v_s)$	12
$f' = 700 \text{ (Hz)}$	$700 = f (340 - v_v) / (340) \text{ (2)}$	

$f = ?$	de(1) y (2)	$v_v = 22,7 \text{ (m/s)} = 82 \text{ (Km/hr)}$	6
---------	-------------	---	---

A continuación, se muestra el taller 3, entregado por el grupo al cual pertenece el alumno1.

Handwritten solution for problem 1:

$L_a = 1,2 \text{ (m)}$   
 $n_a = 3$   
 $L_v = 2 \text{ (m)}$   
 $\rho_v = 7,2 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$   
 $v = 340 \text{ m/s}$   
 $n_v = 1$

Tubo aire  
 $f_a = f_{2n-1} = (2n-1) \frac{v}{4L}$   
 $n=3 \Rightarrow f_a = f_3 = 3 \frac{v_a}{4L_a} = \frac{3 \cdot 340}{4 \cdot 1,2} = 212,5 \text{ (Hz)}$

Varilla  
 $f_v = \frac{n v_v}{2L}$   
 $n_v = 1 \Rightarrow f_v = \frac{v_v}{2 \cdot 2} = \frac{v_v}{4}$

$f_a = f_v$   
 $212,5 = \frac{v_v}{4} \Rightarrow v_v = 850 \text{ (m/s)}$

$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \Rightarrow Y = v^2 \rho = 5,2 \cdot 10^9 \text{ (Kg/m}^2\text{)}$

Pregunta 2

$\frac{20}{11}$

**1era recepción**

$v = 340 \text{ m/s}$   
 $v_s = 0$   
 $v_o = v$   
 $f' = 800 \text{ (Hz)}$   
 $f = ?$

**se acerca:**

$$f' = f \left( \frac{v + v_o}{v - v_s} \right)$$

$$800 = f \left( \frac{340 + v}{340} \right) \quad (1)$$

**2da recepción**

$v = 340 \text{ (m/s)}$   
 $v_s = 0$   
 $v_o = v$   
 $f' = 700 \text{ (Hz)}$   
 $f = ?$

**se aleja:**

$$f' = f \left( \frac{v - v_o}{v + v_s} \right)$$

$$700 = f \left( \frac{340 - v}{340} \right) \quad (2)$$

$\frac{(1)}{(2)} \Rightarrow \frac{8}{7} = \frac{(340 + v)(340 - v)}{(340 - v)(340 + v)}$   
 $8(340 - v) = 7(340 + v)$   
 $2767 = v$   
 $v = 82 \text{ km/hr}$

Los resultados de la evaluación del taller 3, se muestran en la tabla 6.24.

**Tabla 6.24:**  
Resultados de aprendizaje para el taller 3

Alumno	Problema1	Problema2	Puntaje	Nota
1	30	30	60	<b>7,0</b>
2	28	28	56	<b>5,6</b>
3	20	26	46	<b>5,6</b>
4	12	26	38	<b>4,8</b>
5	14	27	41	<b>5,1</b>
6	25	25	50	<b>6,0</b>

**Comentarios:**

- En el problema 1: existe un alumno que ha resuelto de buena manera el problema sobre resonancia entre un tubo de aire y una barra. Existen dos casos donde han entendido el fenómeno pero han confundido los armónicos para la barra metálica. Pero se muestra, en general, una asociación y diferenciación de los conceptos claves como armónico, resonancia y velocidad de onda en una barra. También los principios utilizados en la solución del problema corresponden, o nos llevan a pensar, que este tema en cuestión ha sido asimilado y acomodado con propiedad.*



- *En el problema 2: se trata de manejar adecuadamente las frecuencias relativas que dan origen al efecto Doppler. Aquí se nota que todos los alumnos han entendido muy bien el fenómeno. En el problema queda claro la diferenciación progresiva cuando una fuente sonora se aleja o se acerca a un observador, de igual manera ocurre entre emisor y receptor. En consecuencia el efecto Doppler como fenómeno acústico ha sido aprendido significativamente por los seis casos.*

En concreto, los talleres de resolución de problemas, son actividades donde los alumnos pueden hacer uso de sus conocimientos y formas de anclar los conceptos de las Ondas Mecánicas. La actividad fue concebida desde la perspectiva del aprendizaje significativo, y de qué manera ocurre el fenómeno de aprendizaje en los alumnos, es decir, de forma mecánica o significativa. Los resultados de los talleres nos indican que los casos estudiados manifiestan el buen uso conceptual en la resolución de problemas, considerando los principios físicos pertinentes. Se sugiere pensar que sus aprendizajes han sido significativos, en algunos casos subordinados, y en otros superordenados. Esta actividad se complementa adecuadamente con los foros de discusión y la confección de mapas conceptuales.

### **6.3 Grado de satisfacción de los estudiantes.**

Otra de las variables de la investigación es el grado de aceptación que se obtiene al utilizar el modelo metodológico de enseñanza, que debe evaluarse, ya que se trata de una metodología de enseñanza innovadora. Para ello, se ha usado como metodología de la investigación, un estudio de encuesta de opinión de los alumnos que participaron del curso experimental.

La encuesta fue elaborada considerando tres aspectos fundamentales: experiencia académica, didáctica para el aprendizaje y práctica docente. Para cada uno de estos bloques, se confeccionaron 10 indicadores, a través de preguntas. Las preguntas son tipo escala Likert con alternativas: muy poco, poco, normal, mucho y muchísimo (alternativas que obedecen a la idiosincracia de la muestra), la que se encuentra en el anexo 4.

La encuesta cuenta de 30 preguntas. Su validez se realizó mediante un grupo piloto, y su confiabilidad se determina mediante el coeficiente alfa de Cronbach. La aplicación de

encuesta se realizó en la semana siguiente al término del experimento a los 30 alumnos del grupo experimental.

Su análisis se hace mediante un estudio descriptivo. Por ello, se realiza una estadística descriptiva por preguntas, con sus respectivos comentarios.

La confiabilidad se determina mediante el coeficiente alfa Cronbach. Usando el paquete estadístico SPSS, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

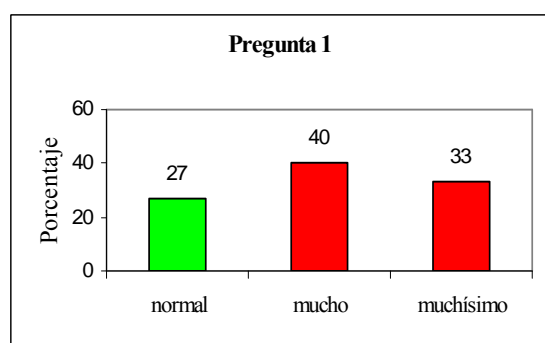
**Tabla 6.25:**  
Confiabilidad de la encuesta sobre grado satisfacción de la propuesta EFBAS

Escala de análisis de Confiabilidad (Alfa Cronbach)	
Coeficiente de Confiabilidad	
Número de caso = 30	Número de ítems = 30
Alfa = 0,9121	

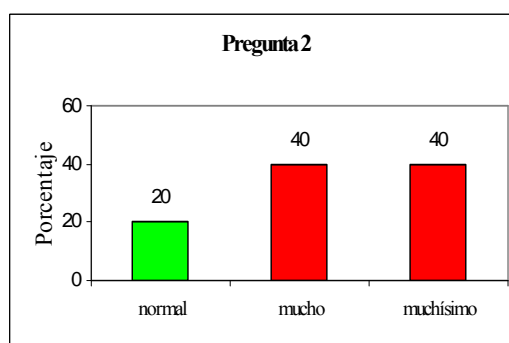
La confiabilidad de la encuesta según el alfa Cronbach es del 91,2 %, índice muy aceptable para este tipo de estudio.

A continuación se presentan los resultados descriptivos de la encuesta, cada dos preguntas, con sus respectivos comentarios.

**Evaluación de la experiencia académica:**



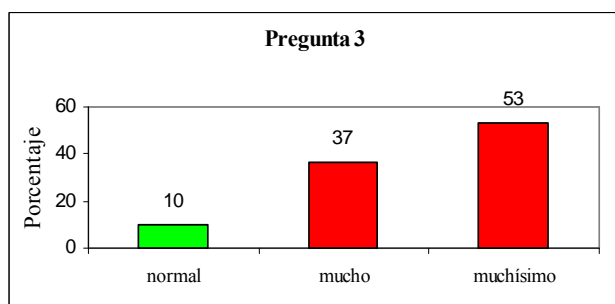
**Gráfico 6.4:** Pregunta 1  
¿En general, consideras novedosa la propuesta presencial- virtual?



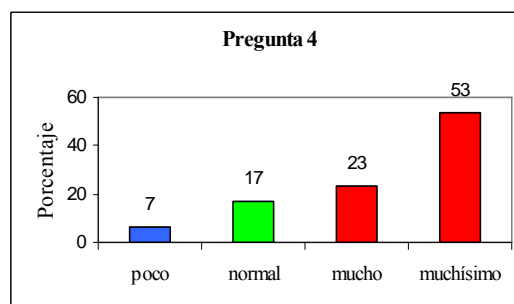
**Gráfico 6.5:** Pregunta 2  
¿El material entregado por el profesor te ayuda a entender el tema?

De estas preguntas se puede observar con claridad que la propuesta metodológica didáctica tiene un grado de aceptación del 73%, sin alumnos que la consideren peor que la tradicional. Además, los materiales también son bien recibidos por los alumnos en un 80%.

Toda innovación debe tener un grado alto de aceptación. Los resultados parecen cumplir este principio cabalmente. El material elaborado se construyó considerando que fuera potencialmente significativo, lo que parece que fue entendido de esa manera.

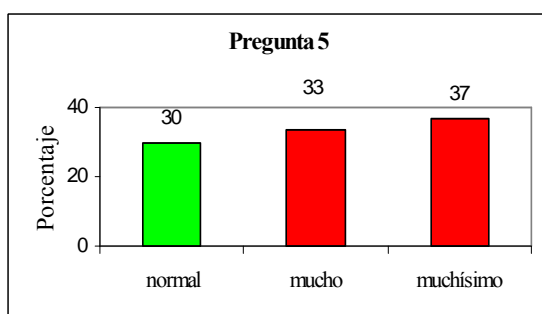


**Gráfico 6.6:** Preguntar 3  
¿La unidad tenía planificación de actividades?

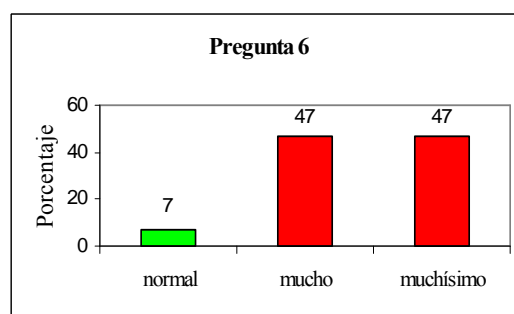


**Gráfico 6.7:** Preguntar 4  
¿Se conocían los contenidos o programa de la unidad?

Se puede observar que 90% de alumnos encuentra bueno tener una planificación de actividades y el 53% conocer los contenidos a estudiar. Es importante señalar que en la metodología de enseñanza la planificación juega un rol importante para poder conducir el proceso, lo que se cumple con gran éxito. El conocer los contenidos y el programa a cumplir son importantes ya que orienta al alumno y lo sitúa ante el proceso educativo.

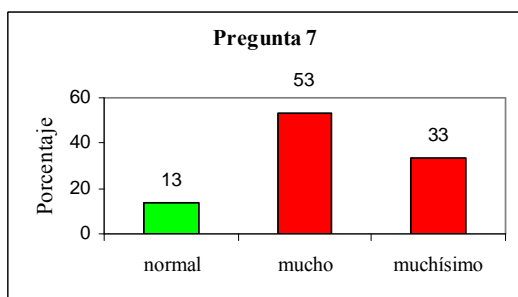


**Gráfico 6.8:** Preguntar 5  
¿Estaban claros los objetivos de la unidad?

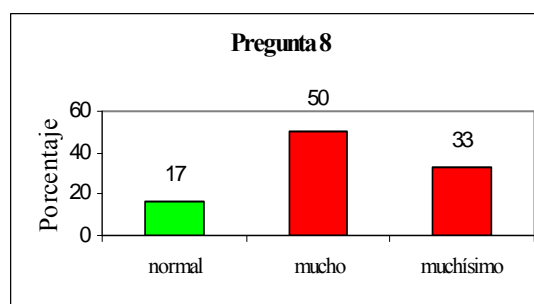


**Gráfico 6.9:** Preguntar 6  
¿Crees que fácil comunicarse con el profesor?

De aquí, se puede señalar que para los alumnos: los objetivos que se proponen estaban claros en un 70%, y el 94% afirma que era fácil de comunicarse con el profesor. El tener objetivos claros de aprendizaje es importante porque dispone al alumno a aprender, de igual manera, el saber sobre sus capacidades cognitivas. El profesor en esta metodología juega un rol importante, de mediador y facilitador de aprendizaje

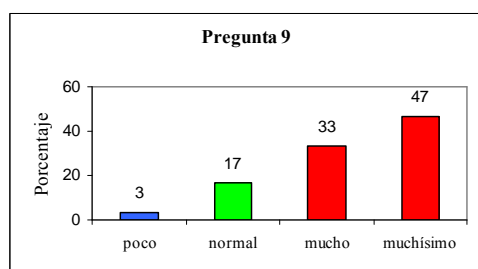


**Gráfico 6.10:** .Preguntar 7  
¿La comunicación fue la apropiada?

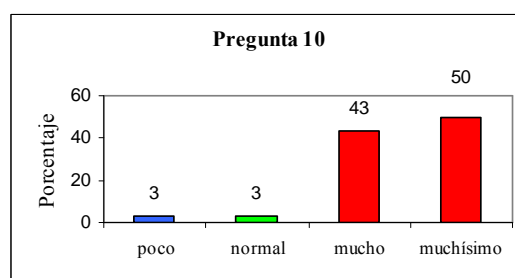


**Gráfico 6.11:** Preguntar 8  
¿Se explica con claridad la evaluación de la unidad?

Un 86% de los alumnos considera que la comunicación en general es aceptable, y tan sólo un 13% como normal. En cuanto a la evaluación, un 83% entiende claramente el tipo de evaluación propuesta y el resto la considera como normal. La comunicación en todas sus formas es fundamental para poder compartir significados. La evaluación clara y precisa es otro elemento relevante en el logro de objetivos. El alumno debe saber qué, cómo y cuándo se evaluará.



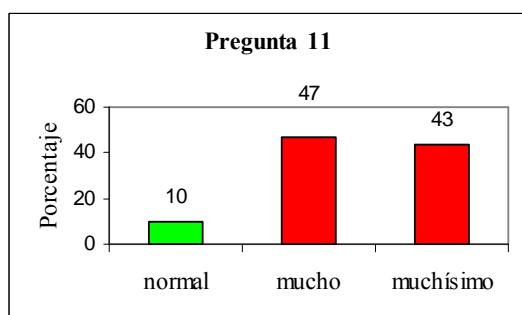
**Gráfico 6.12:** Preguntar 9  
¿Le gusto el trabajo en grupo?



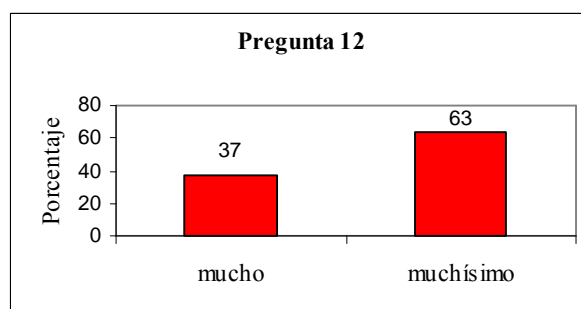
**Gráfico 6.13:** Preguntar 10  
¿El profesor atendía las dudas a los alumnos?

Claramente, un 80% de los alumnos se siente cómodo trabajando en equipo. Consideran además, en un 93%, que el profesor ayudaba a resolver sus dudas. El trabajo cooperativo se logra con un verdadero trabajo en grupo, destacándose la aplicación de la Zona de Desarrollo Próximo al interior del grupo. Por otra parte, se sigue insistiendo en la importancia del rol que juega el profesor en el proceso de enseñanza.

*Evaluación de la didáctica propuesta:*

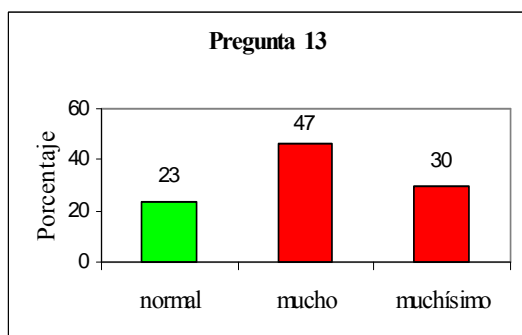


**Gráfico 6.14:** Pregunt 11  
¿Se consideraron los conceptos previos?

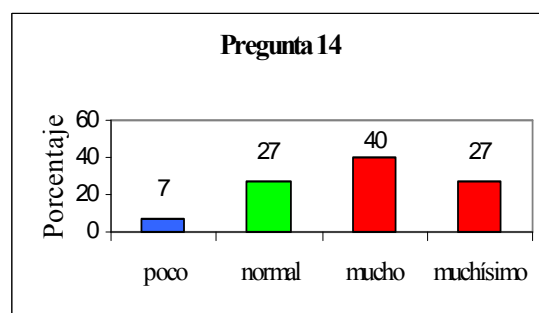


**Gráfico 6.15:** Pregunt 12  
¿Las actividades estaban relacionadas con los contenidos?

De estas dos preguntas, se puede afirmar que un 90% de los alumnos opina que los conceptos previos fueron tomados en cuenta en la enseñanza. El 100% considera que las actividades se relacionaban con los contenidos. Es claro que para promover aprendizajes significativos los conceptos previos son fundamentales, así como la importancia que tiene el tipo de actividad que se diseñe en el proceso enseñanza aprendizaje.



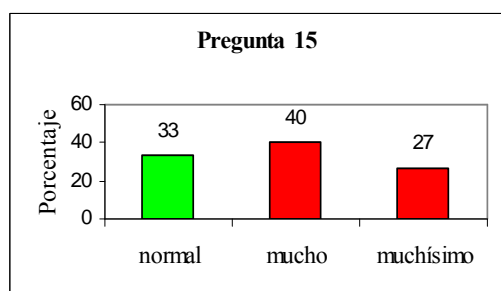
**Gráfico 6.16:** Pregunt 13  
¿La evaluación de contenidos fue la adecuada?



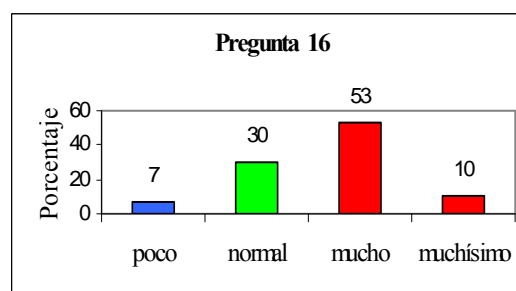
**Gráfico 6.17:** Pregunt 14  
¿El módulo de aprendizaje es claro y preciso?

Las gráficas 6.16 y 6.17 indican que la evaluación de contenidos es en un 77% muy adecuada. Por otro lado, un 67% considera que los módulos de aprendizaje entregados eran muy adecuados y en concordancia con los contenidos tratados.

Para los alumnos la evaluación es un problema de conflicto, por eso debe ser muy bien diseñada, donde quede claro lo que el alumno debe realizar. Las pautas de corrección aquí juegan un papel relevante. Los módulos confirman ser un material potencialmente significativo.

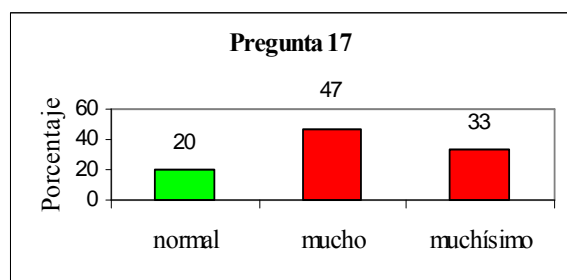


**Gráfico 6.18:** Preguntar 15  
¿Los problemas propuestos eran del nivel adecuado?

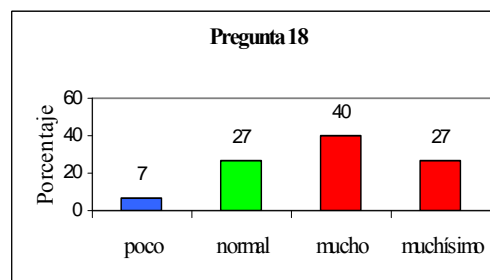


**Gráfico 6.19:** Preguntar 16  
¿Los textos complementarios fueron consultados?

De los resultados de las gráficas anteriores, se puede afirmar que el 67% considera que los problemas propuestos utilizados en ayudantías, talleres, y prueba integral están de acuerdo con el nivel exigido para el curso. Además, el 63% de los alumnos consultarán los textos complementarios entregados. En el caso de la propuesta de enseñanza EFBAS, se sustenta en las capacidades cognitivas y en los conceptos previos de los alumnos. Por lo tanto, lo que se construya debe estar de acuerdo a sus condiciones cognitivas. La propuesta se complementa con el uso o consulta de otros textos ya que favorece el aprendizaje.

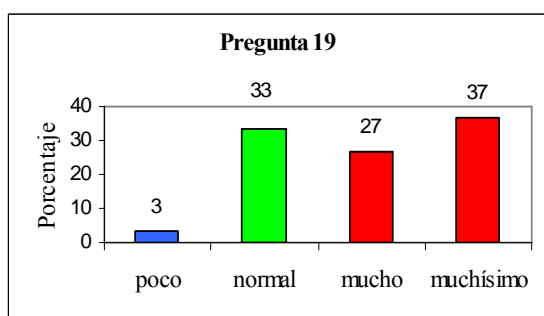


**Gráfico 6.20:** Preguntar 17  
¿La forma de presentar el módulo promovía el aprendizaje?

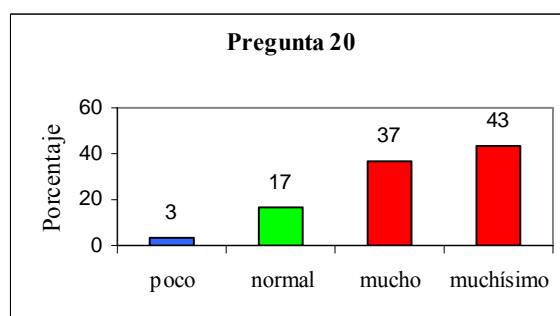


**Gráfico 6.21:** Preguntar 18  
¿Las ayudantías fueron útiles para el aprendizaje?

Las gráficas indican que la forma de presentar el módulo, en un 80% se cree que promueve mejor el aprendizaje, el resto lo considera similar a lo tradicional. Además, en un 67% se piensa que las ayudantías fueron fundamentales para el aprendizaje. Desde la perspectiva didáctica la forma de presentar los contenidos y actividades deben estar en relación con los logros de aprendizaje. La ayudantía fue una actividad realizada en forma virtual y juega un papel importante en la confirmación conceptual.



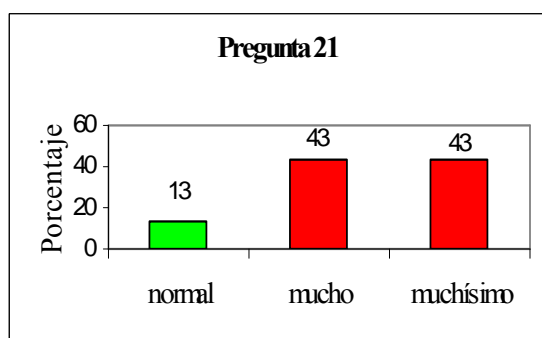
**Gráfico 6.22:** Preguntar 19  
¿Los foros de discusión fueron un elemento de apoyo al aprendizaje?



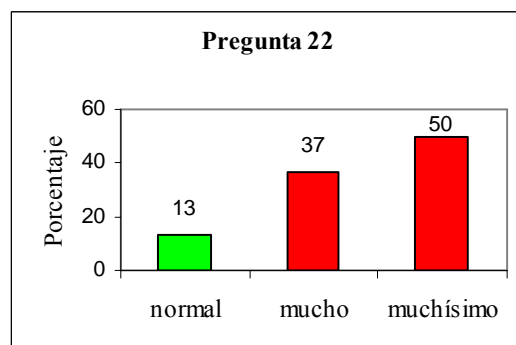
**Gráfico 6.23:** Preguntar 20  
¿El trabajo en grupo promueve el aprendizaje?

Pues bien, los foros de discusión, en un 64 %, fueron determinantes para el aprendizaje. Por otra parte, un 80% cree que el trabajo en grupo promueve sustancialmente el aprendizaje. Las ayudantías fueron concebidas no para entregar problemas resueltos, eso aparece en todos los solucionarios, sino para trabajar cognitivamente con este recurso, de ahí la fundamentación de los foros de discusión. Como se señalara anteriormente, el trabajo en grupo bien realizado, como lo sugieren Johnson y Johnson, es un verdadero aporte para el aprendizaje.

*Evaluación de la práctica docente:*

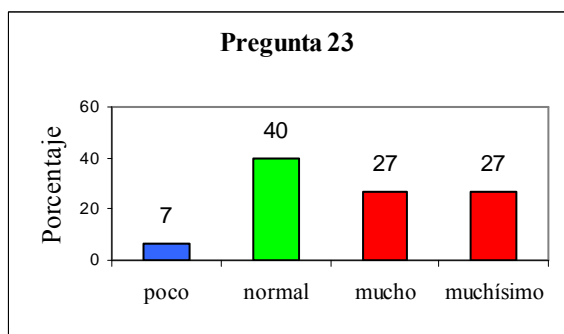


**Gráfico 6.24:** Preguntar 21  
¿Te sientes cómodo con esta propuesta educativa?

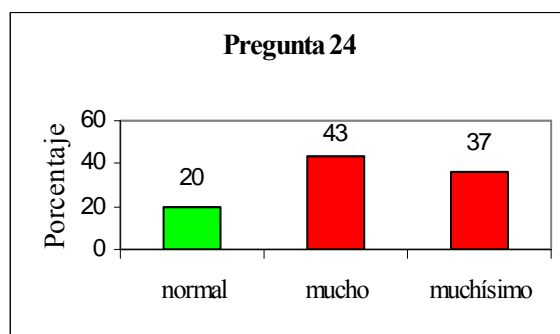


**Gráfico 6.25:** Preguntar 22  
¿Esta propuesta metodológica la encuentras mejor que la forma tradicional?

Las gráficas indican que un 86% de los alumnos se siente muy cómodo con la propuesta metodológica de enseñanza. El 87% encuentra mucho mejor la propuesta metodológica que la tradicional. Es claro que la propuesta de enseñanza EFBS es una verdadera innovación como metodología de enseñanza, ya que es un verdadero cambio de paradigma del enseñar, así lo demuestra el grado de aceptación que posee.

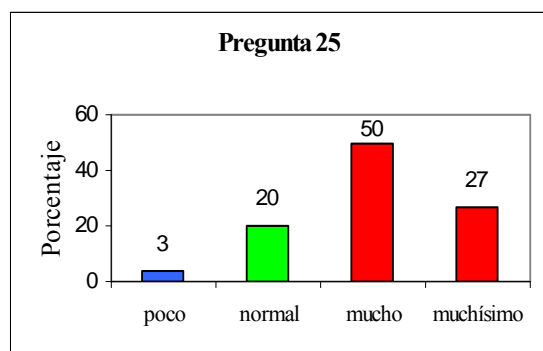


**Gráfico 6.26:** Pregunt 23  
¿La planificación de la unidad te mantuvo en estudio durante toda la unidad?

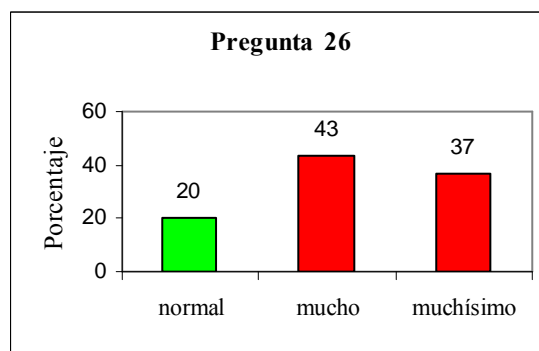


**Gráfico 6.27:** Pregunt 24  
¿La evaluación está de acuerdo con lo tratado en la unidad?

Un 54% de los estudiantes ha considerado la planificación de sus actividades como fundamental para su estudio. Es importante destacar que el 80% se ha sentido muy conforme con el proceso de evaluación. La planificación de la propuesta de enseñanza EFBS está diseñada para trabajar día a día, en forma medida y controlada. Por eso, es reconocida por los alumnos como una ventaja. La forma de evaluar las actividades de la propuesta ha sido la adecuada y consensuada con los estudiantes.



**Gráfico 6.28:** Pregunt 25  
¿El trabajo en grupo fue realmente cooperativo?



**Gráfico 6.29:** Pregunt 26  
¿Sentiste el apoyo y motivación permanente del profesor?



Un 77% de los alumnos cree que el trabajo en grupo fue realmente cooperativo, sólo un 3% no lo cree así. Por otro lado, la motivación de parte del profesor en un 80% fue relevante. Es claro que la dinámica del trabajo en grupo es consecuente con las teorías de Jonhson y Jonhson sobre aprendizaje cooperativo, y que sirve para la adquisición de aprendizajes significativos. Es importante hacer notar que la motivación es fundamental para inculcar en el alumno la disposición de aprender.

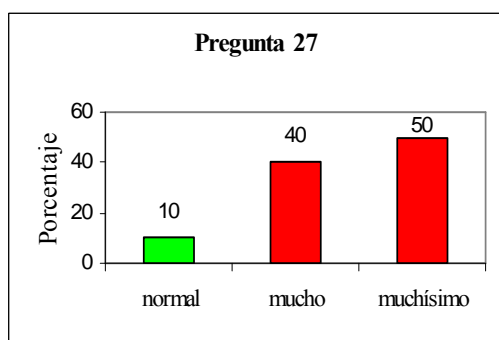


Gráfico 6.30: Preguntar 27  
¿Crees que se aprende en los talleres?

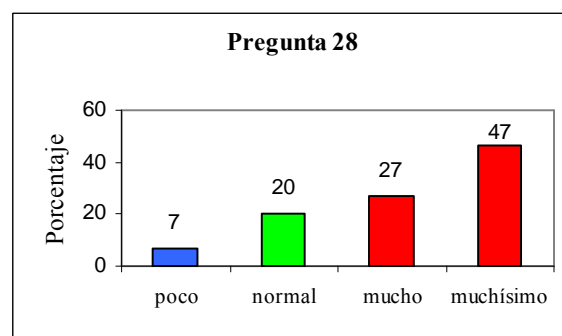


Gráfico 6.31: Preguntar 28  
¿Piensas que tu aprendizaje ha sido más significativo?

El 90% de los alumnos estima que los talleres promueven notoriamente los aprendizajes, y un 74% aseguran que su aprendizaje es significativo. El taller como se ha planteado en la propuesta de enseñanza EFBAS, ha sido un aporte relevante para el aprendizaje significativo subordinado, donde los alumnos comprueban que verdaderamente están aprendiendo. Así lo reconocen en sus aseveraciones.

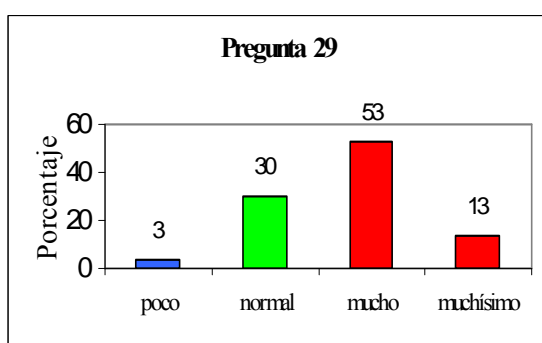


Gráfico 6.32: Preguntar 29  
¿La materia presentada en la WEB y en el aula virtual fue adecuada?

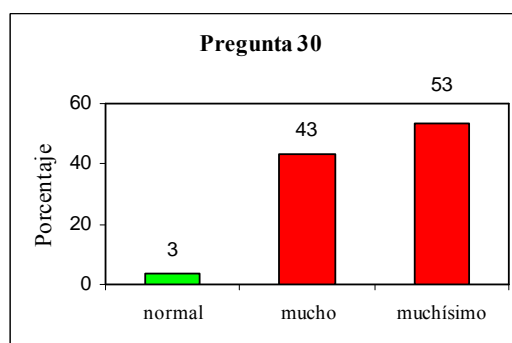


Gráfico 6.33: Preguntar 30  
¿Recomendaría esta experiencia a otras unidades o cursos?

La materia presentada en la Web y en el aula tiene un grado de aceptación de un 66%. Por otro lado, los alumnos recomendarían la propuesta o modelo metodológico EFBAS en un

96%. Es claro que la Web, como un recurso adicional así como el material instruccional, es potencialmente significativa para los alumnos. Finalmente, es claro que la aceptación de la propuesta de enseñanza EFBAS es transferible a otros cursos o unidades, y ha causado impacto en sus estudiantes.

#### 6.4 Desarrollo de habilidades actitudinales y cognitiva.

La metodología de enseñanza EFBAS tiene una serie de actividades destinadas a favorecer el aprendizaje de las Ondas Mecánicas, y una dinámica equilibrada y sostenida para dar cumplimiento a los objetivos que deben cumplir los alumnos. Por cierto, la organización y estructura de la metodología de enseñanza provoca en los estudiantes un conjunto de habilidades cognitivas y actitudinales, que son necesarias de detectar y examinar.

Por ello, la presente investigación, producto de la aplicación de la propuesta de enseñanza en el curso experimental, ha querido indagar, a manera de opinión de los alumnos, las habilidades que la metodología EFBAS desarrolla o potencia.

El estudio de las habilidades actitudinales y cognitiva se ha limitado a considerar 10 de ellas, 5 actitudinales y 5 cognitiva.

Para su estudio se aplica una encuesta de 10 preguntas o indicadores, se aplica al grupo experimental, de 30 alumnos, con alternativas que obedecen a la ideosincracia de la muestra, mediante escala tipo likert, la cual se encuentra en el anexo 4. La validación de la encuesta se realizó con un grupo piloto y su confiabilidad se determina mediante el coeficiente alfa Cronbach.

La confiabilidad obtenida a través del coeficiente de Cronbach, se realiza usando el paquete estadístico SPSS 15.0, y cuyos resultados se muestran a continuación, en tabla 6.26.

**Tabla.6.26:**  
Confiabilidad de la encuesta sobre desarrollo de  
habilidades actitudinales y cognitivas de la propuesta EFBAS

Escala de análisis de Confiabilidad (Alfa Cronbach)

Coeficiente de Confiabilidad

Número de caso = 30

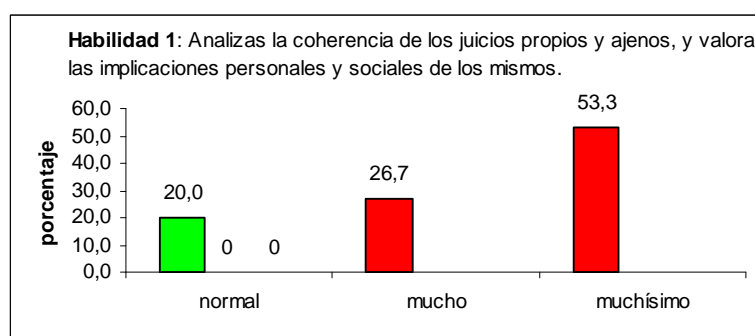
Número de ítems = 10

Alfa = 0,81292

La confiabilidad es del 81,29%. Es claro que se trata de un muy buen índice de confiabilidad, para el instrumento utilizado, por lo que asegura la pertinencia de sus resultados y conclusiones.

A continuación, se presentan los resultados en forma gráfica para cada una de las habilidades y sus respectivos comentarios.

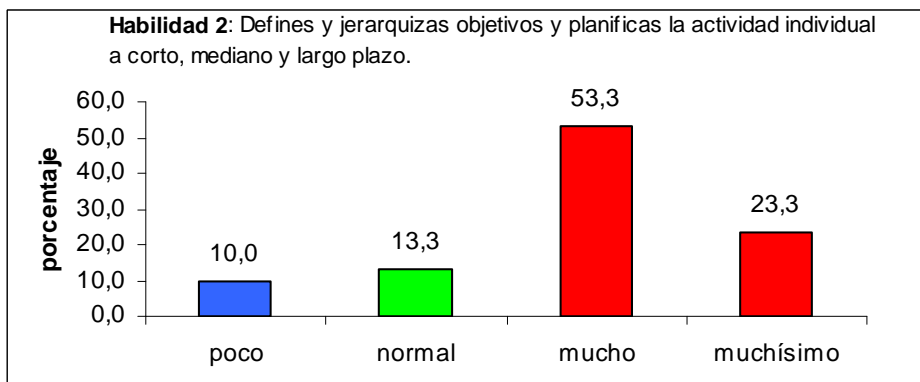
La habilidad 1: Analizas la coherencia de los juicios propios y ajenos, y valora las implicaciones personales y sociales de los mismos. Su resultado se muestra en gráfica 6.34.



**Gráfico 6.34:** Habilidad 1: sobre tolerancia.

Los resultados de la habilidad 1, es de pensamiento crítico indican que un 80% desarrollar habilidades de análisis de coherencias en los juicios que se emiten y como ellos lo valoran en implicaciones personales y sociales. Esto genera en cierta manera un grado de responsabilidad en los estudiantes, y por ende ayudar a la toma posterior de decisiones.

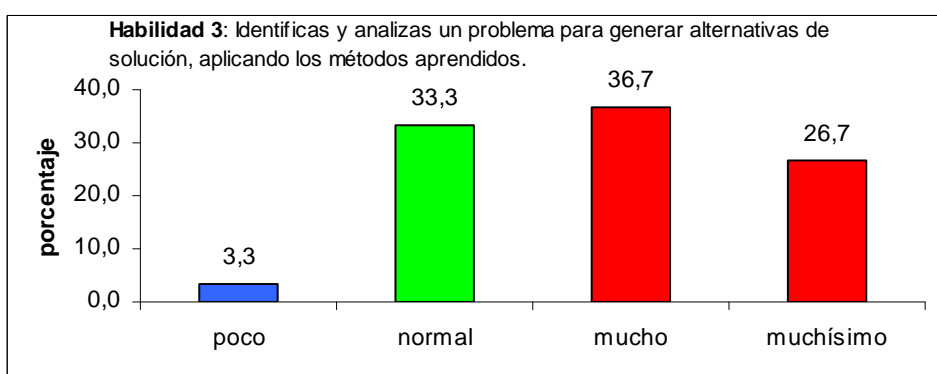
La habilidad 2: Defines y jerarquizas objetivos y planificas la actividad individual a corto, mediano y largo plazo. Su resultado se muestra en la siguiente gráfica:



**Gráfico 6.35:** Habilidad 2: sobre planificación.

Los resultados para la habilidad 2, sobre gestión del tiempo, es de un 76,6% de logros o desarrollo de ella. Se trata de que el alumno distribuya de mejor manera su tiempo. Por ello, la planificación y distribución de las actividades en la metodología de enseñanza demuestran ser un acierto. Las consideraciones de los conceptos previos y las capacidades cognitivas de los alumnos han sido fundamentales en la distribución del tiempo.

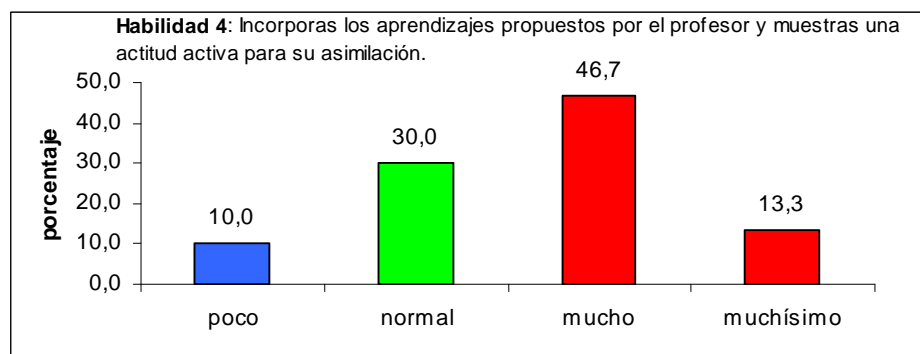
La habilidad 3: Identificas y analizas un problema para generar alternativas de solución, aplicando los métodos aprendidos. Habilidad de tipo cognitiva. Los resultados se muestran a continuación:



**Gráfico 6.36:** Habilidad 3: resolución de problemas.

En cuanto a la habilidad 3, capacidad de resolución de problemas, los resultados indican que un 63,4% lo desarrolla la metodología de enseñanza EFBAS. Especialmente buscando alternativas de solución, mediante experiencias adquiridas. Es pertinente señalar que a través de talleres y foros se busque que la resolución de problema sea utilizando teorías científicas adecuadas para su solución.

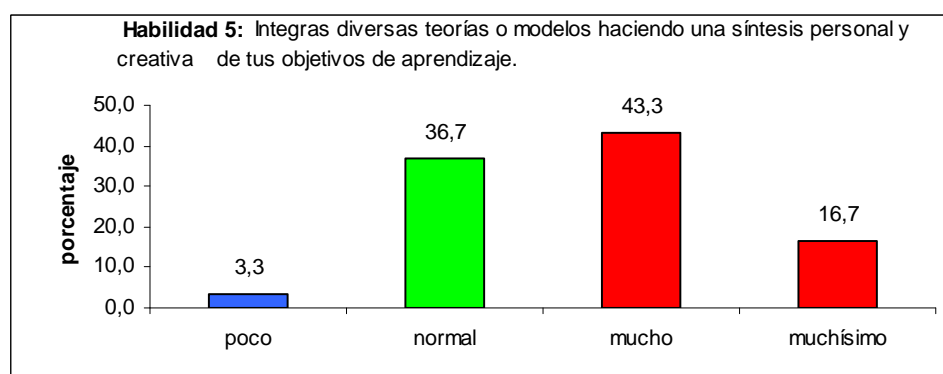
La habilidad 4: Incorporas los aprendizajes propuestos por el profesor y muestras una actitud activa para su asimilación. Habilidad de tipo cognitiva. Los resultados se muestran en la gráfica 6.37:



**Gráfico 6.37:** Habilidad 4: aprender a aprender.

Los resultados de la habilidad 4, aprender-aprender, los resultados son mejores, es entendible ya que, la propuesta tiene como objetivo la promoción de aprendizajes significativos. Los logros son del 60% y escasamente un 10% no lo cumplen satisfactoriamente.

La habilidad 5: Integras diversas teorías o modelos haciendo una síntesis personal y creativa de tus objetivos de aprendizaje. Habilidad de tipo cognitiva. Los resultados se muestran en la gráfica 6.38:

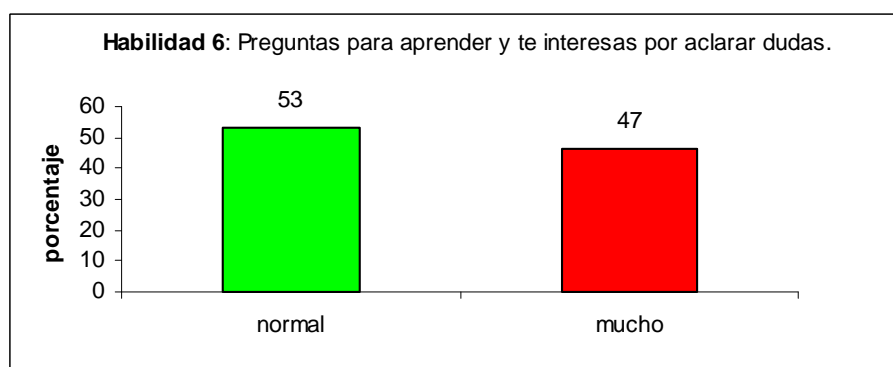


**Gráfico 6.38:** Habilidad 5: aprender a aprender.

Respecto a la habilidad 5, sobre aprender-aprender, en la dimensión de utilizar e integrar teorías o modelos que le permitan aprender de manera significativa. Los resultados son claros y contundente el 60% dice conseguirlo a través de EFBS de buena manera,

siendo un porcentaje solo de 3,3% que no lo consigue. El hecho, que esta respuesta tuviera tal nivel de aprobación, es porque la propuesta EFBAS, utiliza teorías cognitivas para lograr los procesos de aprendizaje. Por lo tanto, la transferencia que puede hacerse en esta dirección, representa un éxito de la propuesta de enseñanza, tiene mucho de ausubeliano.

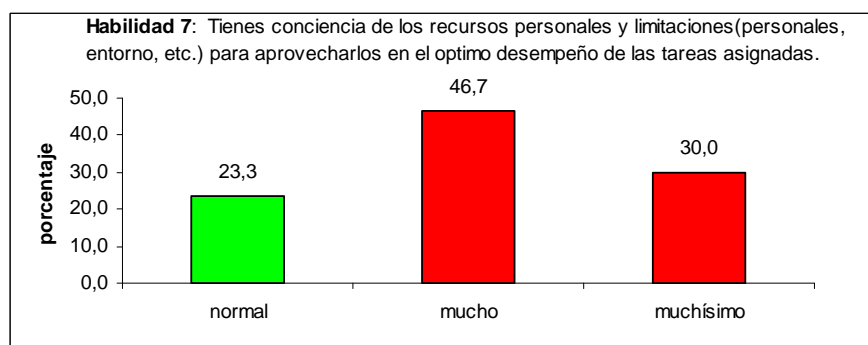
La habilidad 6: Preguntas para aprender y te interesas por aclarar dudas.Habilidad cognitiva. Los resultados se muestran en la siguiente gráfica:



**Gráfico 6.39:** Habilidad 6: aprender a aprender.

Desde la perspectiva de participación en el aprendizaje, indican que un 47% lo ha marcado como una fortaleza de la propuesta, el resto lo ha considerado como algo normal, sin aparecer debilidades en este aspecto. Este resultado también es esperado por la EFBAS, porque incorpora la parte social de aprendizaje y la importancia de compartir significado.

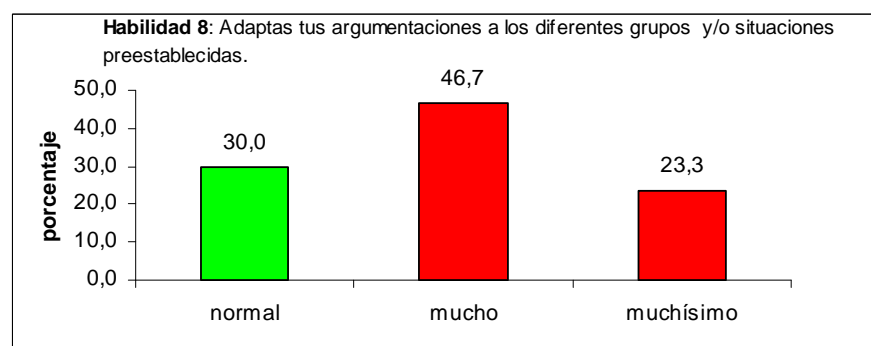
La habilidad 7: Tienes conciencia de los recursos personales y limitaciones (personales, entorno, etc.) para aprovecharlos en el óptimo desempeño de las tareas asignadas. Habilidad de tipo cognitiva. Los resultados se muestran en la siguiente gráfica 6.38:



**Gráfico 6.40:** Habilidad 7: automotivación.

Esta habilidad es sobre automotivación, los resultados indican 76,7% de éxito, sin aparecer debilidades en las respuestas. La dinámica de la propuesta EFBAS, en sí es automotivante, está diseñada para que produzca tal efecto. Incluso la propuesta está fundamentada epistemológicamente en Coll, donde la motivación del alumno es fundamental para iniciar el proceso de aprendizaje. Por lo tanto, como la aplicación de EFBAS, no presentó mayores problemas o conflicto, era esperable este resultado.

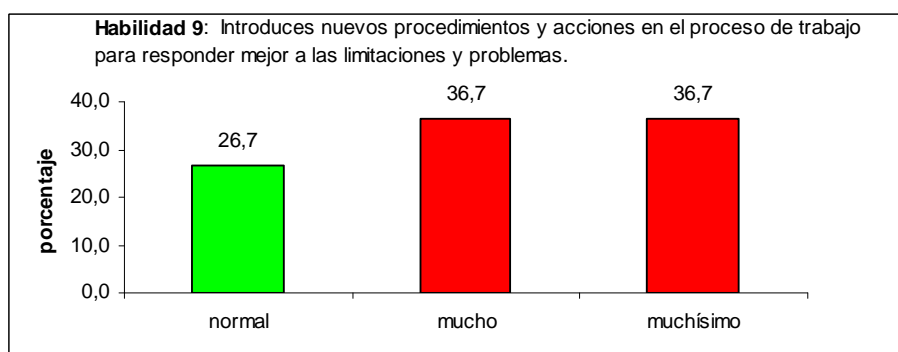
La habilidad 8: Adapta tus argumentaciones a los diferentes grupos y/o situaciones preestablecidas. Habilidad de tipo actitudinal. Los resultados se muestran a continuación:



**Gráfico 6.41.** Habilidad 8: adaptación al trabajo en grupo.

Es una habilidad de comunicación, se centra en la dimensión de conseguir con facilidad el ser escuchados y relacionarse con el grupo, donde sus argumentos o mensajes puedan ser recibidos con respeto y valoración. Los resultados indican 70% de éxito. Se piensa que el adaptarse a una metodología de enseñanza promueve el aprendizaje significativo.

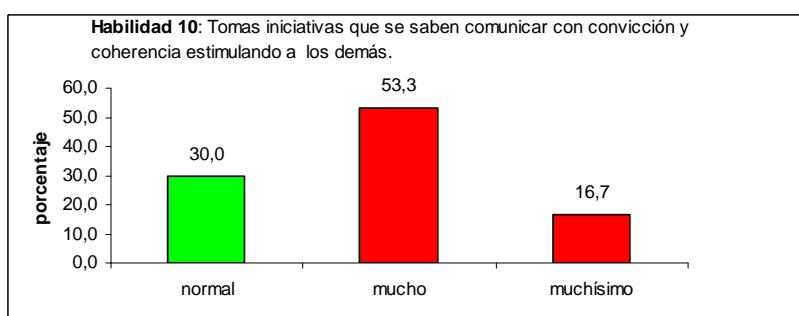
La habilidad 9: Introduces nuevos procedimientos y acciones en el proceso de trabajo para responder mejor a las limitaciones y problemas. Habilidad actitudinal. Los resultados se muestran en la siguiente gráfica:



**Gráfico 6.42:** Habilidad 9: resolución de problemas.

Esta habilidad se desarrolla en forma eficiente, del orden del 73,4% sobre lo normal, es fundamental para adquirir métodos de resolución de sus problemas, lo que dispone al alumno a aprender.

La habilidad 10: Tomas iniciativas que se saben comunicar con convicción y coherencia estimulando a los demás. Habilidad actitudinal. Los resultados se muestran a continuación:



**Gráfico 6.43:** Habilidad 10: liderazgo.

En cuánto a la habilidad 10, relacionada con el liderazgo. Los resultados muestran que un 69% de los alumnos no tiene dificultades de comunicarse con claridad, de mantener coherencia entre lo que dice y hace, y estimulando el pensamiento de los demás. Las



actividades de la metodología de enseñanza EFBAS, como trabajo grupal, foros y mapas conceptuales debería ser las acciones que potencian estas habilidades.

Al final del capítulo se pueden resumir las ideas principales analizadas durante él. Se comienza determinando y comparando el rendimiento académico para el grupo control y experimental. Se sigue con el análisis y comparación entre el pretest y posttest.

En el segundo objetivo se analiza y discute la formación del aprendizaje debido a la aplicación de la metodología EFBAS. Para ello, se utiliza la prueba integral, posttest, mapas conceptuales, foros de discusión y talleres de resolución de problemas.

Se continúa con un estudio de encuesta sobre el grado de satisfacción de los alumnos que utilizaron la metodología de enseñanza EFBAS.

Se finaliza el capítulo con un análisis sobre las habilidades que se desarrollan cuando se aplica la metodología EFBAS.

En el capítulo siguiente, se elaboran las conclusiones de este trabajo de tesis. Dando respuesta a la preguntas de investigación, confirmando las hipótesis de investigación y todo ello avalado con los resultados.





## **CAPÍTULO 7**

### **CONCLUSIONES Y PROYECCIONES**





## CAPÍTULO 7: CONCLUSIONES Y PROYECCIONES

Después de la aplicación de la metodología de enseñanza EFBAS en el entorno semi-presencial Blended Learning, corresponde ahora sintetizar las conclusiones de esta experiencia, especialmente referidas a su evaluación como propuesta de enseñanza, el efecto que tiene sobre el rendimiento académico y el aprendizaje logrado, así como el grado de satisfacción de su utilización. Además, deseamos saber, desde la perspectiva de los alumnos, el desarrollo de habilidades actitudinales y cognitivas que promueve la metodología de enseñanza EFBAS.

Las conclusiones serán clasificadas según las preguntas de investigación, para finalizar con una visión integradora de la metodología de enseñanza EFBAS.

### 7.1 Propuesta metodológica de enseñanza EFBAS

#### La planificación

A pesar de que cualquier propuesta metodológica requiere de una planificación previa, es necesario destacar que esta metodología de enseñanza EFBAS, en ambiente semi-presencial, Blended Learning, no hubiera podido ser aplicada sin una planificación minuciosa. Los alumnos se encuentran en un contexto personal, en el cual deben conciliar sus propios quehaceres académicos con un sinnúmero de actividades adicionales que implica una nueva metodología para ellos, diferente a la tradicional. Por ello, la planificación debe ser atractiva para que en ningún momento tengan la sensación de encontrarse sin la atención del profesor en la parte virtual.

La planificación realizada debe considerar los propios tiempos de estudios de los alumnos (carga académica efectiva de los estudiantes), ya que las exigencias deben ser las apropiadas para cada uno de ellos. En este contexto, esta aplicación presentó coherencia y consistencia entre la planificación estratégica original y la planificación operacional a la que se sometieron los estudiantes. Este efecto se observó en la forma adecuada, ya que todas las actividades preparadas a priori fueron cumplidas satisfactoriamente durante el desarrollo de la metodología experimental, tal como estaba planificado desde el comienzo. En el experimento piloto se comprobó la eficacia del modelo de enseñanza, reforzándose sus fortalezas, que posteriormente llevaron a proponer una nueva y definitiva metodología de enseñanza a través de Blended Learning.

### **Actividades de la propuesta metodológica**

El análisis de los resultados descritos en el capítulo anterior permiten asegurar que las actividades diseñadas, el material instruccional potencialmente significativo, los talleres de resolución de problemas, los foros de discusión respecto a las ayudantías presentadas, los mapas conceptuales, las pruebas oficiales y el pre-test y postest, fueron las apropiadas para lograr los objetivos propuestos. Esto quiere decir que estas actividades han permitido que los alumnos mejoren su rendimiento académico y logren construir aprendizaje significativo en los temas relativos a las Ondas Mecánicas. Debe quedar claro que todas las actividades, según los referentes teóricos, han cumplido con su labor. Por ejemplo, el pre-test y pos-test han servido para establecer los conceptos previos; la introducción del tema de ondas y su mapa conceptual han permitido, como organizadores previos, nivelar o consensuar los subsumidores para iniciar o interactuar con los nuevos conceptos. Los mapas conceptuales son un elemento evaluativo que permite ir detectando los procesos del aprendizaje significativo y como los conceptos están anclando. Las ayudantías y sus foros de discusión han permitido compartir significados. Los talleres han permitido poner en práctica habilidades de los alumnos en la resolución de problemas. La prueba integral ha cumplido con su rol de medir cómo ha afectado la propuesta metodológica de enseñanza en el rendimiento y en el aprendizaje.

### **Con relación a las normas de trabajo**

Desde el momento en que se llevó a cabo el contrato didáctico con los estudiantes, todas las normas de trabajo se cumplieron a cabalidad. Dentro de las normas de trabajo los estudiantes debían cumplir normas que compren la reglamentación oficial de la universidad y la reglamentación adicional necesaria para poder desarrollar en forma óptima la propuesta de enseñanza. Los estudiantes aceptaron gratamente estas normas, desde el momento en que supieron lo que esta propuesta podía significar para ellos, para la carrera y la universidad: una reforma en lo relativo a nuevas metodologías de enseñanza, más acorde a los tiempos en que vivimos y al manejo computacional que ellos manejan y que tanto les agrada utilizar.

Con relación a la entrega de los trabajos, los estudiantes respondieron satisfactoriamente siendo muy puntuales, respetuosos y responsables. No hubo ningún estudiante que rechazara las exigencias impuestas. La asistencia a los talleres se cumplió en un 100%, a pesar de que las normas oficiales de la universidad no lo obliga a asistir a la totalidad de las clases. Esto hace pensar y creer que, independientemente de la propuesta misma y del grado de cooperación con el trabajo del profesor, nació en ellos la necesidad de asistir a estas actividades, generándose en los alumnos la disposición a aprender.



A pesar de que no fue una exigencia que los mapas conceptuales se entregaran mediante el uso del Cmap, todos los realizaron con este recurso tecnológico. Por cierto, los estudiantes valoraron la actividad de construcción de mapas ya que a medida que tomaban un adiestramiento en su construcción, manifestaron que les servían para repasar los aspectos conceptuales de cada unidad didáctica. Por cierto; la meta-cognición fue realzando en ellos su seguridad mientras eran capaces de relacionar los conceptos en cada una de las tareas.

### **La experiencia del profesor**

Es indudable que la metodología de enseñanza EFABS, ambientada en Blended Learning, requiere de conocimientos básicos del uso y aprovechamiento de las TIC en el proceso educativo. La utilización de plataforma virtual Moodle es amigable y de fácil manejo y puede ser utilizada por cualquier profesor mediante una pequeña capacitación.

Dada esta experiencia, se puede concluir que no sólo los estudiantes debieron cumplir con conocimientos, fechas de entrega de trabajo, ETC., sino que el profesor también se encontró sometido a un training diferente de trabajo, al que no se puede renunciar en ningún momento. Entregar la revisión de tareas en forma continua, la revisión en el computador del cumplimiento de los foros de discusión en las fechas programadas y, en general, el control de toda la programación debe ser respetada por el profesor cronológicamente. El trabajo para el profesor es poder organizar el tiempo con antelación para dejar elaboradas todas las actividades a realizar y ponerlas en la plataforma, en el tiempo adecuado. Si bien es cierto, estas observaciones podrían interpretarse como un juicio de valor, pero es importante destacar que es el profesor quien lidera la metodología de enseñanza, y por ello, debe estar atento permanentemente a las necesidades de sus alumnos, quienes se manifiestan a través del correo electrónico o visitas personales.

### **7.2 Rendimiento académico de los estudiantes.**

El rendimiento académico es una variable educativa importante a considerar en el proceso de enseñanza - aprendizaje por tratarse de un indicador que se asocia ligeramente con calidad de enseñanza, con tasas de aprobación, con logros de objetivos educacionales, con la asignación de recursos, con calidad del docente, con el currículum, etc.

La metodología de enseñanza EFBAS plantea por construcción teórica, la hipótesis de que ésta afecta positivamente el rendimiento escolar. A la luz de los resultados, obtenidos a través de una metodología experimental usando grupo control (metodología enseñanza

tradicional) y experimental (metodología EFBAS), realizado en dos instancias en primer término como experimento piloto y luego como experimento definitivo, se puede concluir:

- a) En el experimento piloto los rendimientos mejoran en un 11% entre la metodología de enseñanza EFBAS y la tradicional. Los rendimientos medios logrados son de 4,5 (con varianza 1,0) para la metodología enseñanza EFBAS, y de 3,8 (con varianza 1,1) según metodología de enseñanza tradicional. La nota o calificación de aprobación es de 4,0. Se puede observar que las tasas de aprobación para la metodología de enseñanza EFBAS están por sobre 75% de los estudiantes aprobados. Sin embargo, para la metodología tradicional son inferiores al 50%. Por lo tanto, la metodología de enseñanza EFBAS, tiene una diferencia significativa en tasas de aprobación por sobre la metodología tradicional.
- b) En el experimento definido, donde la metodología de enseñanza EFBAS fue ajustada para una mejor eficacia, se logran mejoras del 24% a favor de la propuesta de enseñanza EFBAS. Los rendimientos medios obtenidos para la unidad de las Ondas Mecánicas son de 5,0 (varianza de 0,4) para la metodología de enseñanza EFBAS y un 3,6 (con varianza de 1,0) para la metodología de enseñanza tradicional. Al examinar las tasas de aprobación de una u otra metodología de enseñanza, la situación ahora es más beneficiosa. La metodología de enseñanza EFBAS tiene una tasa de aprobación para la unidad del 100%, en cambio la metodología tradicional se mantiene muy debajo del 50%.
- c) Además, se puede concluir que el ajuste realizado en el experimento piloto y definitivo fue relevante, no tan sólo en los resultados de rendimiento, sino en las tasas de aprobación de la unidad.

El ajuste permitió a la propuesta de enseñanza EFBAS una mejor aplicación de cada una de las actividades y un manejo de control de cómo los referentes teóricos están jugando un papel preponderante en el éxito de la propuesta. Por eso, el control de proceso es fundamental, porque permite ir monitoreando cómo van ocurriendo los procesos cognitivos en los alumnos.

### **7.3 Resultados de aprendizaje en los estudiantes.**

Para analizar el efecto de la metodología de enseñanza EFBAS en el aprendizaje, se plantea un estudio de seis casos en los que se consideraron: prueba integral, mapas conceptuales, foros de discusión y talleres de resolución de problemas, en los cuales se trata de establecer la formación de aprendizaje y si estos son de tipo significativo.

En primer término, respecto al análisis cognitivo de desarrollo de la *prueba integral*, se puede concluir: Los conceptos sobre ondas en cuerdas en todas sus dimensiones (conceptos

básicos, características, ondas estacionarias, reflexión y transmisión), han quedado muy bien asimilados, acomodados y anclados. Los procesos de diferenciación progresiva e integración reconciliada aparecen con mucha nitidez y sus aprendizajes significativos subordinados son aplicados con plena propiedad, es decir, el aprendizaje de las ondas en cuerdas se logran en los seis casos. En el tema de las ondas sonoras se aprecia un fenómeno parecido al anterior, pero existen conceptos que no quedaron anclados como se esperaba. Existen dificultades de aprendizaje significativo con algunos conceptos tales como: la amplitud de la onda de presión, asociación entre onda de presión y de desplazamiento y potencia de una ondas sonora. Sin embargo, los conceptos básicos de las ondas sonoras tanto en aire como en barra, los armónicos en tubos de aire y varillas metálicas y el fenómeno de la resonancia, han quedado asimilados, acomodados y anclados muy satisfactoriamente, asegurando un aprendizaje significativo.

En relación al uso y confección de *mapas conceptuales*, se desarrollan tres mapas durante la unidad. El primero, sobre una introducción que servía como organizador previo para nivelar los subsumidores de los estudiantes sobre las ondas mecánicas. Un segundo mapa abarca en forma completa las ondas en cuerdas de manera de incluir todos los conceptos que son abordados en ondas mecánicas. Finalmente, un tercer mapa sobre todas las Ondas Mecánicas, en el cual se aprecia una integración de conceptos para los diferentes medios por donde se propage una onda mecánica. De los resultados se puede concluir: Existen en cada caso analizado una buena calidad de los mapas construido. Valorado en calificación (1,0 a 7,0), en el primer mapa la media es de 6,4 (varianza 0,1), en el segundo mapa es de 5,6 (varianza 0,7) y en tercero 5,7 (varianza 0,6). En general se consideran los conceptos claves de cada situación, una buena jerarquización de ellos y una mejor vinculación, quedando proposiciones coherentes y con sentido físico. Las deficiencias corresponden al abuso de la cantidad de conceptos y niveles de jerarquía, pero todo dentro de un margen de aceptación. Los resultados de los mapas conceptuales permiten asegurar que los procesos de análisis que los estudiantes están aprendiendo influyen significativamente.

Los *foros de discusión* fueron creados como una manera de negociar significado, mediante un análisis cognitivo que se hace de las ayudantías (guías de problemas resueltos). En las ayudantías, los estudiantes deben discutir los conceptos y principios físicos involucrados en la resolución. Sus principales conclusiones apuntan a señalar que los promedios de calificación de estos son: foro 1 de 4,7 (varianza 0,1), foro 2 de 5,0 (varianza de 0,3), foro 5,3 (varianza 0,2). Esto asegura que la discusión es eficiente para conseguir lo deseado. Sólo cabe mencionar que las dificultades más notorias en esta actividad es la

omisión de los conceptos implícitos en la resolución de un problema, y que los principios que normalmente no los consideran son aquellos de carácter matemático.

En cuanto a los talleres de resolución de problemas, se trata de averiguar cómo los conocimientos adquiridos son puestos en práctica ante situaciones nuevas. El fin es saber si los aprendizajes han sido de tipo mecánico o significativo. Los resultados concluyen que los talleres tienen calificaciones promedios: taller 1 de 6,4 (varianza de 0,1), taller 2 de 6,3 (varianza de 0,2) y taller 3 de 5,7 (con varianza de 0,6). Es claro que las calificaciones son bastante aceptables, lo que indica que cumplen con el uso conceptual obtenido del proceso de enseñanza, donde se muestra en acción el aprendizaje significativo subordinado, producto de la integración y reconciliación lograda en la enseñanza. Por lo mismo, se están cumpliendo los referentes teóricos usados en esta metodología. Además, los talleres se complementan con el aprendizaje significativo de Ausubel, la Zona de Desarrollo Próximo de Vygotsky y las teorías sobre aprendizaje cooperativo de Johnson y Johnson.

#### **7.4 Grado de satisfacción con EFBAS**

Como metodología de enseñanza en el contexto de innovación, esperamos conseguir que EFBAS signifique o provoque un verdadero cambio y que sea recibida de buena manera por los estudiantes.

El grado de aceptación de la propuesta fue de 73%. La planificación, cuya aceptación fue del 90%, contribuyó a lograr el éxito esperado, además de la comunicación con el profesor (94%) y el trabajo en grupo (80%).

Respecto a la didáctica de la propuesta, los altos porcentajes demuestran el impacto logrado: rol de los conceptos previos (90%), calidad del material instruccional (67%), promoción de aprendizaje (80%), relevancia de los talleres realizados (90%) y sensación de un aprendizaje significativo (74%).

En consecuencia, es claro que la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS, tiene un alto grado de aceptación y beneficios para los estudiantes.

#### **7.5 Desarrollo de habilidades actitudinales y cognitivas.**

La organización y estructura de la metodología de enseñanza provoca en los estudiantes un conjunto de habilidades cognitivas y actitudinales, que son necesarias de detectar, examinar y concluir. También, interesan las habilidades como valor agregado de la formación profesional de una carrera universitaria.

Las habilidades desarrolladas por los alumnos producto de la aplicación de la propuesta en las siguientes tablas:

#### Habilidades actitudinales

N°	Habilidad	porcentaje
1	Tolerancia	80,0%
2	Planificación	76,6%
3	Comunicación	70,0%
4	Capacidad para trabajar en grupo	73,4%
5	Iniciativa	70,0%

#### Habilidades cognitivas

N°	Habilidad	porcentaje
1	Resolución de problemas	63,4%
2	Aprender-aprender	60,0%
3	Uso de teoría en resolución de problemas	60,0%
4	Estrategias de aprendizaje	47,0%
5	Automotivación	70,0%

En resumen, la propuesta de enseñanza EFBAS, desarrolla o potencia en gran parte las habilidades actitudinales y cognitivas competencias. Situación que era de esperar por las características que ella posee y actividades que tiene la metodología de enseñanza, basada en teorías cognitivas de enseñanza.

Después de llevar a cabo esta una nueva propuesta para enseñar las Ondas Mecánicas en cursos de carreras de pregrado universitario, de querer innovar y enriquecer el aprendizaje de las ciencias y en especial de la Física y de solventar las potencialidades de las teorías en que sustentan la investigación, me permito señalar algunas aseveraciones de valor, como acotaciones de su implementación:

- Utilizar las tecnologías en la educación en ciencias es más fácil de lo que parece.
- Usar las tecnologías no significa para el profesor menor trabajo.

- El uso de tecnología debe utilizarse siempre que sea un aporte al proceso enseñanza - aprendizaje de las ciencias, y por ningún motivo recurrir a ella por moda o por mera utilización.
- El uso de la tecnología necesita de un conocimiento de sus utilidades más que de un adiestramiento en su uso.
- Utilizar la tecnología supone un convencimiento real y austero de la persona.
- Cada profesor debe capacitarse en el uso y aplicación de las tecnologías en educación, sino pronto quedará fuera del sistema.
- Se puede sacar aún más partido a las TIC en el proceso enseñanza - aprendizaje.
- Es importante plantear a los alumnos una estrategia metodológica didáctica cuando sus resultados son exitosos.
- Es gratificante para el maestro que los alumnos aprecien los esfuerzos realizados que llevan al éxito de la propuesta.
- La propuesta metodológica didáctica de este trabajo de tesis engrandece y enorgullece al profesor, porque logra llegar con su mensaje.

### **PROYECCIONES**

Producto del desarrollo de este trabajo de tesis surgen nuevas ideas e interrogantes que pueden conducir a nuevas investigaciones, que se presentan como proyecciones del trabajo.

Las tecnologías de la Información y Comunicación, TIC, se han masificado y potenciado rápidamente, especialmente las plataformas virtuales, lo que hace que la propuesta se fortalezca aún más. Sin embargo, aparecen nuevas tecnologías de comunicación que impactan a la sociedad, como es el caso de la tecnología móvil. Por ello, sería interesante poder investigar la utilización de la propuesta EFBAS, en ambiente de Móvil Learning, o bien, integrar Blended Learning con Móvil Learning.

Otra proyección de esta tesis a tener en cuenta, es poder investigar la posibilidad de transferencia a otros contenidos de la Física u otras disciplinas científicas como la Química o Biología.

También es interesante averiguar el peso o aporte en la construcción de aprendizaje que tiene cada actividad que compone la propuesta metodológica de enseñanza EFBAS.

Es un aporte importante al proceso enseñanza- aprendizaje de la Física, y en especial, al estudio de las Ondas Mecánicas el modernizar la propuesta EFBAS. Para ello, queda abierta la posibilidad de incorporar nuevos sustentos teóricos a los ya existentes.

Al finalizar este trabajo de tesis, y a manera de síntesis, se presenta en la página siguiente una V epistemológica de Gowin, basada en la propuesta de investigación: un modelo de enseñanza de la Física, EFBAS, ambientada en Blended Learning.

Cabe aclarar que el dominio teórico conceptual específicos de las Ondas Mecánicas no se incluye en la V de Gowin, ya que la finalidad de la investigación es dar a conocer la metodología de enseñanza para que pueda ser aplicada a la teoría y análisis de la Física en general.

V DE GOWIN: INVESTIGACIÓN DE EFBAS EN BLENDED LEARNING

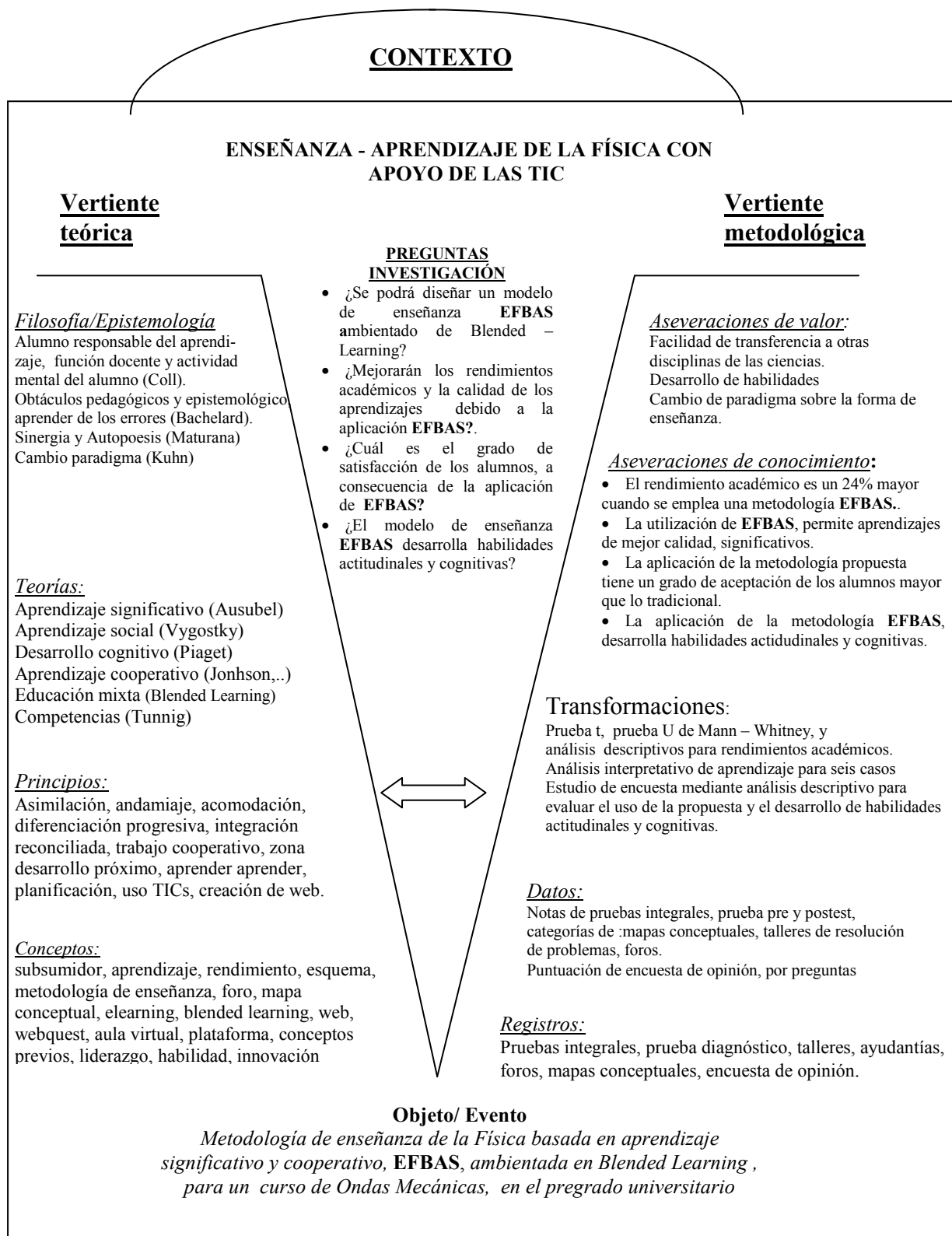


Figura 7.1: V de Gowin sobre la investigación EFBAS en Blended Learning. (Silva, 2009)



## **REFERENCIAS**



## REFERENCIAS

- ABBEY, B (2000). *Instructional and Cognitive Impacts of Web-Based Education*. London: IDEA GROUP PUB.
- ACHETEMEIER, S. D.; MORRIS, L.V. y FINNEGAN, C.L. (2003). Considerations for developing evaluations of online courses. *Journal of Asynchronous Learning Network*, 7(1). Obtenida el 1 de Junio de 2006 desde <http://www.sloan-c.org/publications/jaln/v7n1/pdf/v7n1achtemeier.pdf>
- AIELLO, M. (2004). El Blended Learning como práctica transformadora. *Revista Pixel Bit*, (23). Obtenida el 25 de marzo de 2009 desde <http://www.sav.us.es/pixelbit/pixelbit/articulos/n23art/art2302.htm>
- ALEMAÑY, C (2009). Blended Learning y sus aplicaciones en entornos educativos. Cuaderno de Educacion y desarrollo. *Revista Eumednet*, 1(2).
- ALONSO, J. (1995). *Motivación y aprendizaje en el aula*. Madrid: Santillana.
- ALONSO, M.; FINN, E. (2000). *Física*. Addison Wesley Iberoamericana S.A.
- ARGYLE, M. (1969). *Social Interaction*. Londres: Methuen.
- ARONSO, E. (1978). *The jigsaw classroom*. Beverly Hills: Sage.
- AUSUBEL, D. P. (2000). *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Dordrecht, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J. and HANESIAN, H. (1980). *Psicología educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J. and HANESIAN, H (1978). *Educational psychology: a cognitive view*. 2ª ed. New York: Holt, Rinehart and Winston.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J. and HANESIAN, H (1983). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- BACHELARD, G (2004). *La formación de espíritu científico*. México: SigloXXI.
- BARAJAS, M.; ALVAREZ, B (2003). *La Teconología Educativa en la Enseñanza Superior. Entorno virtuales de Aprendizaje*. Madrid: Mc Graw Hill.
- BARRON, A (1998). Designing Web-based Trainig. *British Journal of Educational Technology*. Vol 29, N° 4, pp. 335-370.
- BATES, A.W. (1991): Third generation distance education: the challenge of new technology.

*Research in Distance Education*, 3(2), pp. 10-16.

BAILEY, E. K. y COTLAR, M (1994). Teaching via the internet. *Communication Education*, 43 (2), pp. 184-193.

BERGE, Z. (1995). Facilitating computer conferencing: recomendations from the field, *Educational Technology*, 35, 1, pp. 22-30.

BRITAIN, S LIBER, O (1999). A Framework for Pedagogical Evaluation of Virtual Learning Environments, Report 41 to JISC Technology Applications Programme.

CABERO, J. (2000): El rol del profesor ante las nuevas tecnologías de la información y comunicación, *Agenda Académica*, v7, 1, 41-57.

CABERO, J. y GRSBERT, M. (2001). *Materiales formativos multimedia en la red Guía práctica para su diseño*. SAV de la Universidad de Sevilla, Sevilla.

CABERO, J. (2003). *Principios pedagógicos, psicológicos y sociológicos del trabajo colaborativo: su proyección en la teleenseñanza*, en MARTÍNEZ, F. (comp) (2003). *Redes de comunicación en la enseñanza. Las nuevas perspectivas del trabajo corporativo*, Barcelona: Paidós, pp. 129-156.

CABERO, J. (2004). *La función tutorial en la teleformación*, en MARTÍNEZ, F. y PRENDES, M.P. (coords). *Nuevas tecnologías y educación*, Madrid: Pearson-Prentice Hall, pp. 129-143

CABERO, J. y LLORENTE, M.C. (2005). Las plataformas virtuales en el ámbito de la teleformación. *Revista electrónica Alternativas de educación y comunicación*. Obtenida el 15 de Julio de 2005, de <http://www.e-alternativas.edu.ar>.

CARVAJAL, V. (2008). Maestría en educación rural centroamericana: hacia un modelo de educación flexible. *Revista Educare* Vol. XII, N° Extraordinario, 15-24.

CHANG, E. y SIMPSON, D. (1997). The Circle of Learning: Individual and Group Processes. *Educational Policy Analysis Archives*, 5 (7) [en línea], <http://epaa.asu.edu/ojs/article/viewFile/608/730>

CHICKERING, A. W. y GAMSON, Z. F. (1987). Seven principles for good practice in undergraduate education. *The Wingspread Journal*, 9(2), pp. 1-15.

CHICKERING, A. W. y EHRMANN, S. C (1996). Implementing the seven principles: technology as lever [en línea], <http://www.tltgroup.org/programs/seven.html>

COLL. C. y COLOMINA. R. (1990). Interacción entre alumnos y aprendizaje escolar. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (Comps.). *Desarrollo psicológico y educación II. Psicología de la Educación*. Madrid: Alianza Psicología.

- COLLINS, A. (1998). El potencial de las Tecnologías de la información para la educación. En C. Viscarro y J. León (Eds.). *Nuevas Tecnologías para el aprendizaje*. Madrid: Pirámide, pp. 29-51.
- COLLIS, B (1996). *Tele-learning in a digital world. The future of distance learning*. London: International Thomson Computer Press.
- COLLIS, B. y MONEEN, L. (2001). *Flexible Learning in a digital world*. Londres: Kogan Page.
- COLLIS, M. P. y BERGE, Z. (1995). Moderating online discussion groups. [http://www.emoderators.com/moderators/sur\\_aera97.html](http://www.emoderators.com/moderators/sur_aera97.html)
- CUNNINGHAM, D.; DUFFY, T. M. y KNUTH, R. (1993). Textbook of the Future. In C. McKnight (Ed.). *Hypertext: A psychological perspective*. London: Ellis Horwood Pubs.
- DAMON, W.; PHELPS, E. (1989). Three Approaches of Peer Learning and Their Educational Uses. Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans. Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans.
- DAMON, W. (1984). Peer education. The untapped potential. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 5, pp. 331-334.
- DANIEL, L. (1996): *Mega-universities and Knowledge Media: Technology strategies for higher education*. Londres: Kogan Page.
- DANSEREAU, D. (1985). Learning strategy research. En J.W. Segal, S.F. Chipman y R. Glaser (Eds.). *Thinking and learning skills*. Hillsdale, New Jersey: L. Erlbaum.
- DEDE, C. (1996). Emerging Technologies in Distance Education for Business. *Journal of Education For Business* 71, n° 4 , pp. 197-204.
- DE MIGUEL, T; TOMÉ, S; VEIGA-CRESPO, P; FEIJOO-SIOTA, L; BLASCO, L; VILLA, T G. (2009). Aplicación de la técnica de aprendizaje cooperativo *puzzle de Aronson* a las prácticas de microbiología. *Edusfarm, revista d'educació superior en Farmàcia*. Núm. 5
- DEUTSCH, M. (1949). A theory of competition. *Human Relations*. 2, pp. 129-151.
- DONATH, J. (1995). The illustrated conversation. In *Multimedia Tools and Applications*, Vol. 1, March 1995.

- DONATH, J.; ROBERTSON, N. (1994). The sociable web. In Proceedings of the 2nd International World Wide Web Conference, Chicago.
- DUGGLEY, J. (2001): *El tutor online. La enseñanza a través de Internet*. Bilbao: Deusto.
- ECHEITA, G. (1995). El aprendizaje cooperativo. Un análisis psicosocial de sus ventajas respecto a otras estructuras de aprendizaje. En P. Fernández y A. Melero (Comps). *La: interacción social en contextos educativos*. Madrid: Siglo XXI.
- ECHEITA, G. y MARTIN, E. (1990). Interacción social y aprendizaje. En A. Marchesi. C.Coll y J. Palacios (Eds.). *Desarrollo psicológico y educación III. Necesidades educativas especiales y aprendizaje escolar*. Madrid: Alianza Psicológica.
- FABRA, M.L. (1992). El trabajo cooperativo: revisión y perspectivas. *Aula de Innovación Educativa*, 9, pp. 5-12.
- FAINHOLC, B. (2008). Modelo tecnológico en línea de Aprendizaje electrónico mixto para el desarrollo profesional docente de estudiantes en formación, con énfasis [en el trabajo colaborativo virtual](#). *RED, Revista de Educación a Distancia*, 21.
- FIERRO, A. (1990). Personalidad y aprendizaje en el contexto escolar. En C. Coll, J. Palacios y A. Marchesi (Eds.), *Desarrollo psicológico y educación, Vol II, Psicología de la educación*. Madrid: Alianza Psicología.
- FRINDTE, W.; KOHLER, T.; STAUCHE, H.; SUCKFULL, M. and MARQUET, P. (2000). Psychological Evaluation of internet-based teaching and learning. *International Journal of Psychology*, 3(4).
- GAGE, N.L. y BERLINER, D.C. (1988). *Educational Psychology*. Boston: Houghton Mifflin.
- GANGOSO, Z. (1999) Investigaciones en resolución de problemas en ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências*. 4(1), pp. 7-50.
- GARCÍA ARETIO, L. (2003). Comunidades de aprendizaje en entornos virtuales. La comunidad iberoamericana de la CUED, en BARAJAS, M. (coord.): *La tecnología educativa en la enseñanza superior*. Madrid: McGraw-Hill, pp. 171-199.
- GARCIA BELTRAN, A.; MARTÍNEZ, R.; JAÉN, J.A.; TAPIA, S. (2006, Septiembre). La autoevaluación como actividad docente en entornos virtuales de aprendizaje/enseñanza. *RED. Revista de Educación a Distancia, número M6 (Número especial dedicado a la evaluación en entornos virtuales de aprendizaje)*. Obtenida el 3 de Septiembre de 2008, <http://www.um.es/ead/red/M6>
- GIANCOLI, D. (1997). *Física Principios y aplicaciones*. Mexico: Pearson Educación.

GISBERT, M.; ADELL, J.; RALLO, R.; BELLVER, T. (2001). Entornos Virtuales de Enseñanza Aprendizaje: El Proyecto GET, Universidad Rovira i Virgili. Tarragona, España.

GOKHALE, A. A. (1995). Collaborative learning enhances critical thinking. *Journal of Technology Education*, 7(1).

GOWIN, D. B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

GRECA, I (2000). Construindo significados em Mecânica Quântica: resultados de uma proposta didática aplicada a estudantes de Física Geral. Tese de Doutorado. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS.

HEGARTY, M.; PHELAN, A. and KILBRIDE, L. (Eds.). (1998). *Classroom for distance teaching and learning: A Blueprint*. Leuven: Leuven University Press.

JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R. (1992). Positive interdependence: Key to effective cooperation. En R. Hertz-Lazarowitz y N. Miller (Comps.).

JOHNSON, D.W. (1975). Cooperativeness and social perspective taking. *Journal of Personality and Social Psychology*, 312, pp. 241-244.

JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R. (1979). Conflict in the classroom. Controversy and learning. *Review of Educational Research*, 49, pp. 52-70.

JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R. (1982). *Joining together. Group theory and group skills*. N.J.: Prentice Hall.

JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R. (1983). The socialization and achievement crisis. Are cooperative learning experiences the solution? En L. Bickman (Ed.), *Applied social psychology annual*, 4, pp. 119-164.

JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R. (1984). Building acceptance of differences between handicapped and nonhandicapped students. The effects of cooperative and individualistic instruction. *Journal Social Psychology*, 122, pp. 257-267.

JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R. (1985). Motivational processes in cooperative, competitive and individualistic learning situations. En C. Ames (Comp.), *Research on motivation in education*. Vol 2, London: Academic Press.

JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R. (1987a). *A meta-analysis of cooperative, competitive and individualistic goal structures*. Hillsdale, N.J: Lawrence Erlbaum.

JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R. (1987b). *Learning together and alone*. N. J.: Prentice Hall:

Englewood Cliffs.

JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R. (1989). *Cooperation and competition*. Edina, Minnesota: Interaction Book Company.

JOHNSON, D.W. y JOHNSON, R. (1990). *Cooperation and competition. theory and research*. Hillsdale, N.J.: Addison-Wesley.

JOHNSON, D.W., JOHNSON, R., HOLUBEC, E. y ROV, P. (1984). *Circles elearning. cooperation in the classroom*. Alexandria, VA. Association for Supervision and Curriculum Development.

JOHNSON, D.W., JOHNSON, R., STANNE, M. y GARIBALDI, A. (1990). Impact of group processing on achievement in cooperative groups. *The Journal of Psychology*, 130(4), pp. 507-516.

JOHNSON, D.W., JOHNSON, R. y ANDERSON, D. (1976). Effects of cooperative versus individualized instruction on student prosocial behaviour, attitudes toward learning, and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 68, pp. 446-452.

JOHNSON, D.W., MARYUAMA, G., JOHNSON, R., NELSON, O. y SKON, L. (1981). Effects of cooperative, competitive and individualistic goal structures on achievement. A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 89, pp 47-62.

JOHNSON, D.W., SKON, L. y JOHNSON, R. (1980). Effects of cooperative and individualistic conditions of children's problem-solving performance. *American Education Research Journal*, 92, pp. 186-192.

JOHNSON, D.W., JOHNSON, R. y SCOTT, L. (1978). The effects of cooperative and individualized instruction on student attitudes and achievement. *The Journal of Social Psychology*, 104, pp, 207-216.

JOHNSON, D.W., JOHNSON, R. y MARUYANA, G. (1983). Interdependence and interpersonal attraction among heterogeneous and homogeneous individuals. A theoretical formulation and meta-analysis of the research. *Review Educational Research*, 53, pp. 5-54.

JONASSEN, D. (1997). *Cognitive Flexibility Hypertexts on the Web: Engaging Learners in Meaning Making*. En B. Khan (Edit.) *Web-Based Instruction*. Nueva Jersey: Englewood Cliffs, pp. 119-133.

KAMIL, C. (1985). *Piaget y la educación preescolar*. Madrid: Visor

KELLEY, H. y THIBAUT, J.W. (1969). Group problem solving: En G. Linzey y E. Aronson



- (Eds.). *Handbook of social psychology*. MA: Reading Addison-Wesley, 4, pp. 1-101.
- KHAN, B (2001). Web-Based Training: An introducción. Nueva Jersey: Education Technology Publications, pp. 5-12.
- KOLB, D.A. (1984). *Experientia learning: experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- KOSCHMANN, T. (1996). Paradigm shifts and instructional technology: An introduction. In T. Koschmann (Ed.). *Theory and practice of an emerging paradigm*, 1-23. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- LATCHMEN, C. (2001). Implementing computer supported cooperative learning. *Computers and Education*, 6, pp. 97-98.
- LEFLORE, D. (2000). Theory Supporting Design Guidelines for Web-Based Instruction. En B. Abbey (Edit.) *Instructional and Cognitive Impact of Web-Based Education*. Londres: IDEA Group Publishing, pp 102-117.
- LEHRER, R., ERICKSON, J. y CONNELL, J. (1994). Learning by designing hypermedia documents. *Computers in the Schools*, 10 (1/2), 227-254
- LEWIS, R. (2001). Grupos de trabajo en comunidades virtuales, Obtenida el 4 de Marzo de 2002, de [http://www.uoc.edu/web/esp/art/uoc/lewis\\_01\\_02/lewis\\_01\\_02.html](http://www.uoc.edu/web/esp/art/uoc/lewis_01_02/lewis_01_02.html)
- LOPEZ, E.; SILVA, R. (2001). El aprendizaje significativo de la Física desde la perspectiva de la teoría de los modelos mentales de Johnson- Laird. *Visiones Científicas*. V. 4, N° 2. Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.
- LOPEZ, E.; SILVA, R. (2001). La Uve de Gowin aplicada al Laboratorio de Física. XI Encuentro de Física Regional Norte. V Reunión Internacional Andina de Física. Universidad de Antofagasta, Chile, entre 10 al 12 de Octubre de 2001.
- LOPEZ, E.; SILVA, R. (2001). Aplicación de la técnica UVE como recurso metodológico y evaluativo para actividades experimentales en Física. *Visiones Científicas*. V. 4, N° 1. Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.
- MARCELO, C. (2000). Formación y Nuevas Tecnologías: posibilidades y condiciones de la Teleformación como espacio de aprendizaje, en ESTEBARANZ, A. (Coord.): *Construyendo el cambio: perspectivas y propuestas de innovación educativa*. Sevilla: Servicio de Publicaciones de la Universidad; 429-444.
- MARCELO, C.; PUENTE, D.; BALLESTEROS, M.; PALAZON, A. (2000). eLearning Teleformación. Diseño, desarrollo y evaluación de la Formación a través de Internet. Barcelona: Ediciones Gestión.

- MARTINEZ, F.; PRENDES, M. (2004). *Nuevas Tecnologías y Educación*. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- MASON, R. (1991). Moderating educational computer conference. *Deosnews*, 1, 19.
- MASON, R. y KAVE, T. (1990): Toward a New Paradigm for Distance Education. En Harasim, L.(ed.): *Online education. Perspectives on a New Environment*. Nueva York: Preager, pp. 15-38.
- MATURANA, H. y VARELA, F. (1984). *El árbol del conocimiento: las bases biológicas del conocimiento humano*, Madrid: Debate.
- McANANY, E. (1983). From modernization and diffusion to dependency and beyond: theory and practice in communication for social change in the 1980s. *Development Communications in the Third World, Proceedings of a Midwest Symposium*, University of Illinois.
- McKERSIE, R.B. and FONSTAD, N.O. (1997). Teaching negotiation theory and skills over the internet. *Negotiation Journal* 13 (4): 363-368.
- MORAN, L. (2001). *Review of flexible learning management at James Cook University*. James Cook University, Curtin (Au).
- MORAN, L. MYRLINGER, B (1999): Flexible learning and university change. En Harry, K. (ed.): *Higher Education Through Open and Distance Learning*. Routledge, Londres.
- MOREIRA, M.A. (1999). *Fundamentos Teóricos para la Investigación en Enseñanza de las Ciencias*, Actas del PIDECE, Universidad de Burgos, España.
- MOREIRA, M.A. (1994). Cambio conceptual: crítica a modelos actuales y una propuesta a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. Trabajo presentado en el “II Simposio sobre Investigación en Enseñanza de la Física”, Buenos Aires, Argentina, 3 al 5 de agosto, en la Conferencia Internacional “Science and Mathematics Education for the 21 st Century”, Concepción, Chile, 26 de septiembre a 1º de octubre y en el Seminario Taller sobre Innovaciones en Enseñanza de las Ciencias Naturales en la Educación Básica, Montevideo, Uruguay, 24 al 28 de octubre.
- MOREIRA, M. A. GRECA, I. (2000). *Introdução à Mecânica Quântica: seria o caso de evitar a aprendizagem significativa (subordinada)*. III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, Lisboa (Peniche), 11 a 15 de septiembre de 2000. Publicada en las Actas del III Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, p.p. 33-45.
- MOREIRA, M. A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB. 129 p.
- MOREIRA, M A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid: VISOR. 100 p.

- MOREIRA, M A. (2004). Investigación Básica en Ecuación en Ciencias: Una Visión Personal. *Revista Chilena de Educación Científica*, 3(1), p.10-17.
- MOREIRA, M A. (2005) Una Visión Toulminiana respecto a la disciplina Investigación Básica en Educación en Ciencias. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 181-190.
- MORENO, M.C. y CUBERO, R. (1990). Relaciones sociales. Familia, escuela y compañeros. Años preescolares. En J. Palacios, A. Marchesi y C. Coll (Comps.), *Desarrollo psicológico y educación, Vol II. Psicología Evolutiva*. Madrid: Alianza Psicología.
- NEIRA, D. (2000). Aprendizaje a través de una plataforma interactiva. *Revista Educación*, 19-20, pp. 43-47.
- NOVAK, J.D. (1997). Retorno a clarificar con mapas conceptuales. Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo. Universidad de Burgos. España
- NOVAK, J.D. (1991). Clarify with concept maps. *The science Teacher*, 58(7), pp. 45-49.
- NOVAK, J.D. (1998). *Conocimiento y Aprendizaje*. Madrid: Alianza Editorial.
- NOVAK, J.D. y GOWIN, D.B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press.
- NOVAK, J.D. GOWIN, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca.
- NOVAK, J.D. (1998). *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Madrid: Alianza Editorial.
- NOVAK, J.D. (2000). *Aprender, criar e utilizar o conhecimento. Mapas conceptuais como ferramentas de facilitação nas escolas e empresas*. Lisboa: Plátano Universitária. 252p.
- O'DONNELL, A y DANSEREAU, O. (1992). Scripted cooperation in student dyads. A method for analysing and enhancing academic learning and performance. En R. Hertz-Lazarowitz y N. Miller (Comps). *Interaction in cooperative groups*. The theoretical anatomy of group learning. Cambridge: Cambridge University Press.
- O'NEILL, D. K. y GÓMEZ, L. (1994). The Collaboratory Notebook: A distributed knowledge-building environment for project-enhanced learning. In T. Ottmann & I. Tomek (Eds.), *Educational Multimedia and Hypermedia, 1994: Proceedings of Ed-Media '94* (pp. 416-423). Charlottesville, VA: Association for the Advancement of Computing in Education.
- OVEJERO, A. (1993). *Las habilidades sociales y su entrenamiento en el ámbito escolar*. Libro de Comunicaciones del III Congreso de Psicología Social, Vol 1, pp. 381-388, Santiago de Compostela.

- PALAZON, A. (2002). *Indicadores y Criterios de Calidad, en el Diseño de la Teleformación en e-Learning: Teleformación*. Barcelona: Ediciones Gestión 2000.
- PALLOF, R. M. y PRATT, K. (1999). *Building learning communities in cyberspace*. San Francisco: Jossey-Bass.
- PARRA, L. (2008). Ingeniero de Sistemas, Docente Investigador, Universidad Libre. *Avances investigación en ingeniería*, 9.
- PARKER, K. (2001). Virtual reality - whose reality. *Physics education*, 36(2).
- PAULSE, M. (1995). Moderating educational computer conferences. Obtenida el 3 de septiembre de 2008, de <http://www.nettskolen.comlalle/forskning/20/moderating.html>
- PEREZ, A. (1997). DTTE: una experiencia de aprendizaje colaborativo a través del correo electrónico. *Píxel-Bit: Revista de medios y educación*, 9, pp. 71-80.
- PÉREZ, A.M.; LÓPEZ, M.P.; POVEDA, P. (2009). Aprendizaje cooperativo y formación del profesor. un estudio bibliométrico (1997-2008). *Anales de documentacion*, N° 12, 209-220.
- PIAGET, J. (1956). *The child's conception of space*. London: Routledgey Kegan Paul.
- POSTMAN, N. (1993). *Technopoly: the surrender of culture to technology*. New York: Vintage Books/Random House. 222 p.
- POSTMAN, N. (1996). *The end of education: redefining the value of school*. New York: Vintage Books/Random House. 208p.
- POZO, J. (1996) *Teorías cognitivas del aprendizaje*, Madrid: Morata.
- POZO, J. (2008). *Aprendices y Maestros. La Psicología Cognitiva del Aprendizaje*. Madrid: Alianza Editorial.
- RACE, P. (1994). *The Open Learning Handbook*. Kogan Page, Londres.
- RESNICK, R.; HALLIDAY, D.; KRANE, K. (1996). *Física. Volumen 1*. Mexico: CECSA.
- REWEY, K, DANSEREAU, D, DEES, S., SKAGGS, L. y PITRE, U. (1992). Scripted cooperation and knowledge map supplements. Effects on the recall Of " biological and statistical information. *Journal of Experimental - . Education*, 60(2), pp. 93-107.
- RODRIGUEZ PALMERO, M.L (2003). Aprendizaje significativo e interacción personal. Ponencia presentada en el IV Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, Maragogi, AL, Brasil, 8 a 12 de septiembre.
- RODRIGUEZ, M.; MOREIRA, M.A.; CABALLERO, C.; GRECA, I. (2008). La teoría del Aprendizaje Significativo en la perspectiva de la Psicología Cognitiva. Barcelona: Octaedro.

- Ryan, S.; Scott, B.; Freeman, H.; Patel D. (2000): *The virtual university. The Internet and resource-based learning*. Londres: Kogan Page.
- SALINAS, J. (1997). Enseñanza flexible, aprendizaje abierto. Las redes como herramientas para la formación, *Edutec* 10(2).
- SALINAS, J. (1999). Uso educativo de las redes informáticas. *Rev. Educar*, 25. Univ. Autónoma de Barcelona.
- SALINAS, J. (2000) *La utilización de la telemática en la formación presencial y a distancia*. En: CABERO, J. (coord.). *Las nuevas tecnologías en la formación flexible y a distancia*. Sevilla: Kronos.
- Salinas, J. (2003): Comunidades Virtuales y Aprendizaje digital. Ponencia. EDUTECH'03. VI Congreso Internacional de Tecnología Educativa y Nuevas Tecnologías aplicadas a la Educación: Gestión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación en los diferentes ámbitos educativos. Universidad Central de Venezuela, 24-27 nov. Caracas [http://gte.uib.es/pages/castella/comunidades\_virtuales.pdf]
- SALINAS, L (2004): ¿Qué se entiende por una institución de educación superior flexible? En Cabero, J. y otros (coord.): *Las Nuevas tecnologías para la mejora educativa*. Sevilla: Kronos, pp. 451-466.
- SALINAS, J. (2009). Modelos emergentes en entornos virtuales de aprendizaje. Trabajo presentado al Congreso Internacional Edutec 2009: Sociedade do Conhecimento e Meio Ambiente: Sinergia Científica realizado el 15, 16 y 17 de Septiembre del 2009 en Brasil.
- SALINAS, J.; DE BENITO, B.; MORENO, J.; NEGRE, F.; PÉREZ, A. Y URBINA, S. (2010). Estrategias didácticas utilizadas en e-learning en los estudios de postgrado: Análisis de estrategias y propuesta de nuevas metodologías. En Roig Vila, R. & Fioruci, M. (Eds.), *Claves para la investigación en innovación y calidad educativas. La integración de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y la Interculturalidad en las aulas. Strumenti di ricerca per l'innovazione e la qualità in ambito educativo. Le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione e l'Interculturalità nella scuola* (pp. 241-254). Alcoy - Roma: Marfil – TRE Università degli studi.
- SALMERON, H.; RODRIGUEZ, S. y GUTIERREZ, C. (2010). Metodologías que optimizan la comunicación en entornos de aprendizaje virtual. *Revista Científica de educomunicación*. ISSN 1134-3478. Páginas 163-171.
- SALMON, G. (1999). *Reclaiming the territory for the natives*. <http://www.emoderators.com/moderators/giliy/london99.html>
- SALMON, G. (2000). *E-moderating. The key to teaching and learning online*. London: Kogan Page.
- SANCHEZ, J. (2007) Efectos diferenciales de dos estrategias didácticas sobre el aprendizaje en estudiantes universitarios. *Suma Psicológica*, vol. 14, nº 2.

- SANCHEZ, R. y URQUIJO, S. (2003) Impacto de un programa de educación a distancia sobre el desempeño académico en alumnos universitarios. *Revista Irice*, nº 17.
- SANGRA, A y DUART, J (1999): Formació universitària per mitjà del web: un model integrador per a l'aprenentatge superior. En Duart, J. y Sangrà, A. (ed.): *Aprenentatge i virtualitat. Disseny pedagògic de material didactic per al www*. Barcelona: Edicions de la Universitat Oberta de Catalunya, Pòrtic, pp. 57-78.
- SCHRAMM, W. (1977). *The Beginnings of Communication Study in Americ. A Personal Memoir*, en Chaffe, S.H. y Rogers, E.M. (eds.), California: SAGE.
- SERWAY, R. (1997). *Física*. Tomo I. Mexico: Mc Graw Hill.
- SILVA, R.; LOPEZ, E. (2001). El uso de una herramienta virtual en el laboratorio de Física. XI Encuentro de Física Regional Norte. V Reunión Internacional Andina de Física. Universidad de Antofagasta, Chile, entre el 10 al 12 de Octubre 2001.
- SILVA, R.; LOPEZ, E. (2001). Laboratorio Virtual para un curso de Física Experimental. IX Encuentro de Informática y Computación en Educación. Universidad Las América, Santiago, Chile, Agosto 2001.
- SILVA, R.; LOPEZ, E. (2000) El uso de los modelos mentales en la resolución de problemas de Ondas. VI Congreso Nacional de Profesores de Ciencias, II Internacional de Profesores de Ciencias, a realizado entre el 12 al 15 de Agosto, del 2000, en la Universidad de Tarapacá, Arica.
- SILVA, R.; MEDINA, J.C.; LOPEZ, E.; GONZALEZ, R. (1992). Simulación Computacional de Experiencias de Física Moderna. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 5(2):147-151.
- SILVA, R.; LOPEZ, E. (2001). Un curso de Física experimental en una plataforma virtual. REF XII: Duodécima Reunión de Educación en Física. Universidad Nacional San Martín, Buenos Aires, Argentina. 20 al 22 de Septiembre de 2001.
- SILVA, R.; LOPEZ, E. (2001). Aprendizaje significativo bajo una plataforma virtual. VII Congreso Nacional y III Internacional de Profesores de Ciencias. Instituto Nacional, Santiago, Chile, desde 11 al 13 de Agosto, 2001.
- SILVA, R.; MEDINA, J.C.; LOPEZ, E. (2000). Laboratorio virtual de óptica basado en ambiente virtual. X Encuentro de Física Regional Norte. Universidad Arturo Prat de Iquique, entre el 11 al 13 de Octubre de 2000.
- SILVA, R.; LOPEZ, E. (2004). Metodología activa para la enseñanza de la Física con apoyo de elearning. *Visiones Científicas*(ISSN 0716-677X), 7(1). Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.

- SILVA, R.; LOPEZ, E. (2009). Modelo metodológico didáctico para la enseñanza de la Física Experimental ambientado en Blended Learning. *Visiones Científicas*(ISSN 0716-677X), 8(1). Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.
- SLAVIN, R.E. (1978). Student teams and comparison among equals. Effects on academic performance and student attitudes. *Journal of Educational Psychology*, 71 (3), pp. 381-387.
- SLAVIN, R.E. (1980). Cooperative learning. *Review of Educational Research*, 50, pp. 315-342.
- SLAVIN, R.E. (1983a). *Cooperative Learning*. New York: Longman. (Trad. cast.: La enseñanza y el método cooperativo. México: Edamex, 1985).
- SLAVIN, R.E. (1983b). When does cooperative learning increased student achievement? *Psychological Bulletin*, 94, pp. 429-445.
- SLAVIN, R.E. (1990). *Cooperative learning. Theory, research and practice*. New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- SLAVIN, R.E. (1991). Synthesis of research on cooperative learning. *Educational Leadership*, 48(5), pp. 71-82.
- SLAVIN, R.E.; LEAVEY, M. y MADDEN, N. A. (1984). Combining cooperative learning and individualized instruction. Effects on student mathematics achievement, attitudes and behaviours. *Elementary School Journal*, 84, pp. 409-422.
- SOLAZ, J. J. y SAN JOSÉ, V. (2008). Conocimiento previo, modelos mentales y resolución de problemas. Un estudio con alumnos de bachillerato. *Revista electrónica de investigación educativa* (REDIE), 10(1).
- TAYLOR, L. (1995). Distance education technologies: The fourth generation. *Australian Journal of Educational Technology*, 11 (2), pp. 1-7.
- TOMEI, L. A. (2003). *Challenges of teaching with technology across the curriculum: issues and solutions*. Londres: IRM Press (IGI Global).
- TRAPP, A. L., HAMMOND, N. V. and BRAY, D. (1996). Internet and the support of psychology education. The Higher Education Academy Psychology Network, Department of Psychology, Information Centre, University of York.
- TUCKER, B. (1997): A technology requirements specification for virtual class implemented with computer mediated communications. <http://masson.gmu.edu/l-rtucker/ttitle-page.html>
- TUNING AMERICA LATINA (2007) Reflexiones y perspectiva de la Educación Superior en America Latina. Universidad de Deusto, Universidad de Groningen.

<http://tuning.unideusto.org/tuningal>

TURPO GEBERA, O.W. (2010). Contexto y desarrollo de la modalidad educativa blended learning en el sistema universitario iberoamericano. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 15(45), pp.345-370.

USIP R. H. and BEE, E. E. (1998). A discriminant analysis of students' perceptions of Web-based learning. *Social Science Computer Review*, 16, 16-29

VALIATHAN, P (2009 ). Blended learning models.  
[http://www.astd.org/LC/2002/0802\\_valiathan.htm](http://www.astd.org/LC/2002/0802_valiathan.htm)

VAN DEN BRANDE, L. (1993). *Flexible and Distance Learning*. Chichester, United Kingdom: John Wiley Sons.

VYGOTSKY, L. (1995). *Pensamiento y lenguaje*. Ed. Paidós, Barcelona.

VYGOTSKY, L (1979). El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Barcelona: Crítica.

VILLA, A.; POBLETE, M. (2007). Aprendizaje basado en Competencias. Una propuesta para la evaluación de las competencias genéricas. Universidad de Deusto. Bilbao, España.

WAHL, R. y otros (1995): Moderating discussions in the electronic classroom. Obtenida el 10 de Septiembre de 2009, en <http://www-distance.syr.edu/moderating.html>

WARSCHAUER, M. (1997). Computer-Mediated Collaborative Learning: Theory and Practice. *Modern Language Journal*, 81(3), 470-481.

WEBB, N.M. (1989a). Guest editor's preface. *International Journal of Educational Research*, 13, pp. 5-7.

WEBB, N.M. (1989b). Peer interaction and learning in small group. *International Journal of Educational Research*, 13, pp. 21-39.

WEBB, N.M. (1992). Testing a theoretical model of student interaction and learning in small groups. En R. Hertz- Lazarowitz, y N. Miller (Comps.). *Interaction in cooperative groups. The theoretical anatomy of group learning in cooperative groups*. Cambridge: Cambridge University Press.

WEINER, B. (1986). *An attributional theory of motivation and emotion*. New York: Springer Verlag.

WILSON, B. G. (Ed.). (1996). *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional design*. Educational technology Publications. NJ: Englewood Cliffs.



## **ANEXOS**







## ANEXOS

### Anexo 1: Programas de los cursos

#### Curso usado como experimento piloto:

#### Programa

##### I. Identificación:

Nombre	Física General II: Calor y Ondas
Clave	IFC 2521
Períodos	3
Carrera	Ingeniería en Informática
Profesor del curso	Rafael Silva Córdova

**II. Descripción:** Curso teórico que le permite al alumno conocer, en la primera parte del curso, la calorimetría y las leyes fundamentales de la termodinámica y sus aplicaciones. En la segunda parte del curso se estudian los fenómenos oscilatorios y ondulatorios de tipo mecánico y electromagnético.

##### III. Objetivos:

- 1.- Conseguir que el estudiante maneje los conceptos y leyes fundamentales de la termodinámica.
- 2.- Dar una visión fenomenológica del equilibrio térmico en base principalmente, a resultados experimentales.
- 3.- Estudiar las propiedades generales de los sistemas físicos en equilibrio, basándose en las leyes de la termodinámica.
- 4.- Lograr una comprensión de los conceptos básicos de las oscilaciones de sistemas con un grado de libertad y de las ondas constatando los tipos de relaciones que existe entre un tipo de ondas y otro.

##### IV. Contenidos

###### Unidad Temática I: Leyes de la Termodinámica

- 1.1.- Temperatura.
- 1.2.- Sistemas y procesos termodinámicos.
- 1.3.- Ecuaciones de estado.
- 1.4.- Trabajo.
- 1.5.- Calor y primera ley de la termodinámica
- 1.6.- Entropía y La segunda ley de la termodinámica

###### Unidad Temática II: Oscilaciones

- 2.1.- Oscilaciones libres de sistemas con un grado de libertad.
- 2.2.- Movimiento armónico simple
- 2.3.- Consideraciones de energía en el M.A.S.
- 2.4.- M.A.S. y su relación con el movimiento circular uniforme: vectores rotatorios.
- 2.5.- Superposición de M.A.S.

- 2.6.- Movimiento armónico amortiguado.
- 2.7.- Oscilaciones forzadas y resonancia.

#### Unidad Temática III: Ondas Mecánicas

- 3.1.- Concepto y clasificación de ondas.
- 3.2.- Ondas progresivas en una dimensión.
- 3.3.- Superposición de ondas.
- 3.4.- Ecuación de la onda.
- 3.5.- Ondas longitudinales.
- 3.6.- Energía de una onda mecánica
- 3.7.- Ondas estacionarias
- 3.8.- Efecto Doppler

#### V.- Metodología:

Todas las clases serán de tipo expositivo. Se desarrollarán ejercicios de aplicación de cada una de las unidades temáticas

#### VI.- Evaluación: Se efectuarán como mínimas tres evaluaciones de coeficiente dos.

#### VII.-Bibliografía

##### **Fundamental**

- 1.- Halliday, Resnick y Krane. Física. Cuarta edición Volumen 1 Versión ampliada. Editorial CESCOA. 1994
- 2.- Serway. Física. Volumen I. Cuarta Edición. Mc Graw Hill, 1997.

##### **Complementaria**

- 1.- Alonso M y Finn E. Física. Volumen I y II: . Editorial Fondo Educativo Interamericano. S.A.
- 2.- Bueche F. J. Física Para Estudiantes de Ciencias e Ingeniería. Tomo I y II Cuarta edición. Editorial McGraw - Hill
- 3.- Rojo A. Física: Campos y Ondas. Addison-Wesley Iberoamericana. 1981
- 4.- F. W. Sears y G. L. Salinger. "Termodinámica, Teoría Cinética y Termodinámica Estadística". Editorial Reverte 1980.
- 5.- M. W. Zemansky y R. H. Dittman. "Calor y Termodinámica". Mc. Graw-Hill. 1985
- 6.- M. W. Zemansky. "Calor y Termodinámica". De. Aguilar. 1979.
- 7.- F. W. Sears . "Introducción a la Termodinámica, Teoría Cinética de Gases y Mecánica Estadística".
- 8.- A.P. French .Vibraciones y Ondas. Editorial Reverté. 1980

**Curso usado como experimento definitivo****Programa****I) Identificación de la asignatura:**

Nombre de asignatura	: Oscilaciones, Ondas, Electricidad y Magnetismo
Clave	: CQU 3412
<b>Núcleo curricular</b>	<b>: Formación Profesional y Disciplinaria</b>
Taller / Curso	: Curso
Semestre	: Tercero
Facultad	: Ciencias Naturales y Exactas
Nombre Profesor	: Rafael Silva Córdova

**II) Descripción de la asignatura:**

- 1) Esta asignatura entregará al alumno una visión global, de conjunto, a la vez integradora referente a los temas que incluye el programa. Los núcleos problemáticos que desarrolla son: Fenómenos Ondulatorios, Eléctricos y Magnéticos y Física Experimental, y las características del Perfil que desarrolla son: 1.6, 1.7, 2.1, 2.3, 2.6, 2.7, 4.1, 5.1, 6.1, 8.1 y 9.1.
- 2) Esta asignatura tiene como requisito la asignatura CQU 2312 Mecánica de la Partícula.

**III) Objetivos Generales:**

- 1) Comprender y aplicar los conceptos y leyes provenientes de la asignatura, para ser estudiados en los fenómenos naturales y en el medio en que se desenvuelven.
- 2) Reconocer y manejar diferentes instrumentos de laboratorio, experimentar en cuanto a la observación, medición y formulación, en los núcleos problemáticos planteados.

**IV) Objetivos Específicos:**

- 1) Estudiar el movimiento periódico.
- 2) Estudiar las bases teóricas para las ondas mecánicas.
- 3) Explicar las bases teóricas del electromagnetismo.

**V) Unidades Temáticas:**

- 1) Unidad I: Oscilaciones.
  - i) Movimiento armónico simple
  - ii) Estudio de la energía en el movimiento armónico simple
  - iii) Aplicaciones
  - iv) Relación entre el movimiento armónico simple y el movimiento circular uniforme
  - v) Oscilaciones de dos cuerpos
  - vi) Movimiento armónico amortiguado

vii) Oscilaciones forzadas y resonancia

2) Unidad II: Ondas mecánicas.

- i) Ondas mecánicas
- ii) Principio de superposición
- iii) Interferencia de las ondas
- iv) Ondas estacionarias
- v) Resonancia
- vi) Ondas audibles, ultrasónicas e infrasonicas
- vii) Rapidez de las ondas longitudinales
- viii) Ondas longitudinales estacionarias
- ix) Sistemas vibrantes y la fuente del sonido
- x) El efecto Doppler

3) Unidad III: Electricidad y magnetismo.

- i) Carga eléctrica
- ii) Ley de Coulomb
- iii) El campo eléctrico
- iv) Ley de Gauss
- v) Potencial eléctrico
- vi) Capacitancia y dieléctricos
- vii) Corriente y resistencia
- viii) Campos magnéticos
- ix) Fuentes de campo magnético
- x) Ley de Faraday

## VI) Metodología:

Se aplica una metodología activa que promueva el aprendizaje significativo, con sesiones teóricas sobre conceptualización de los contenidos, con talleres de resolución de problemas en forma grupal, con ayudantías y foros de discusión sobre conceptos y principios involucrados en su resolución, y mapas conceptuales. Además, se proponen dos experimentos por cada una de las unidades. Todo ello complementado con Web, aula virtual de la Upla, y plataforma virtual Moodle.

## VII) Evaluación:

Se realizarán evaluaciones de pruebas integrales de resolución de problemas, foros de discusión, talleres grupales, mapas conceptuales todos estos ponderados con una nota parcial. Estas evaluaciones son por cada una de las unidades temáticas.



**VII) Bibliografía:**

## 1) Mínima Obligatoria

- Resnick; R. Halliday, D. Krane. K.S. 1997. Física. 4ª Edición. Continental. México.
- Serway, R.A. 1997. Física. 4ª Edición. McGraw-Hill. México, Santiago.Sears; F.W. Zemansky; M.W. Young, H.D. 1998. Física Universitaria. 6ª Edición. Addison Wesley Iberoamericana. Wilmington.
- Silva, R. 2006. Material instruccional elaborado por el profesor. Universidad de Playa Ancha.

## 2) Complementaria

- Cromer. Alan H. 1985(\*). Física para las Ciencias de la Vida. 2ª Edición. Reverté. Barcelona.
- Goldemberg, José. 1972(\*). Física General y Experimental. 1ª Edición. Interamericana. México.
- Kramer, Craig. 1995. Prácticas de Física. McGraw- Hill. México.
- Larose, L. Porras, N. Muzzio, T. 1990. Conceptos y Magnitudes Físicas. 1ª Edición. U.T.F.S.M. Valparaíso.
- Mirabent, D.J. Llebot, J.E. Rabagliati, García, C.P. 1986(\*). Física para las Ciencias de la vida. 1ª Edición. McGraw-Hill. Madrid.
- Murphy, James y otros. 1989(\*). Física una ciencia para todos. Merriu P.C. Columbus Ohio.
- Schaum, D. 1970(\*). Teoría y problemas de Física general. 1ª Edición. McGraw-Hill. México.
- Sears; F.W. Zemansky; M.W. Young, H.D. 1998. Física Universitaria. 6ª Edición. Addison Wesley Iberoamericana. Wilmington.

## Anexo 2: Problemas Propuestos

Resnick, R Halliday, D. Krane, K. Física. Volumen I Cuarta Edición

### Capítulo 19

8. La ecuación de una onda transversal que viaja a lo largo de una cuerda está dada por:  
 $y = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ sen}(18,2 x - 588 t)$   
 donde,  $x$  e  $y$  están en metros y  $t$  está en segundos. Halle: (a) La amplitud, (b) La frecuencia. (c) La velocidad, (d) La longitud de onda de la onda, y (e) La velocidad transversal máxima de una partícula de la cuerda.
15. Una onda transversal armónica simple se está propagando a lo largo de una cuerda hacia la izquierda (ó  $-X$ ). La figura 26 muestra un trazo del desplazamiento de la función de la posición en el tiempo  $t = 0$ . La tensión de la cuerda es de  $3,6[\text{N}]$  y su densidad lineal es de  $25[\text{g/m}]$ . Calcule: (a) La amplitud, (b) La longitud de onda, (c) La velocidad de la onda, (d) El período, (e) La velocidad máxima de una partícula de la cuerda, y (f) Escriba una ecuación que describa a la onda viajera.
18. En la figura 27a, la cuerda 1 tiene una densidad de masa lineal de  $3,31[\text{g/m}]$ , y la cuerda 2 tiene una densidad de masa lineal de  $4,87[\text{g/m}]$ . Están bajo tensión debido al bloque colgante de masa  $M=511[\text{g}]$ . (a) Calcule la velocidad de la onda en cada cuerda. (b) El bloque se divide ahora en dos bloques (siendo  $M_1+M_2=M$ ) y el aparato se modifica como se muestra en la figura 27b. Halle  $M_1$  y  $M_2$ , de modo que las velocidades de onda de las dos cuerdas sean iguales.

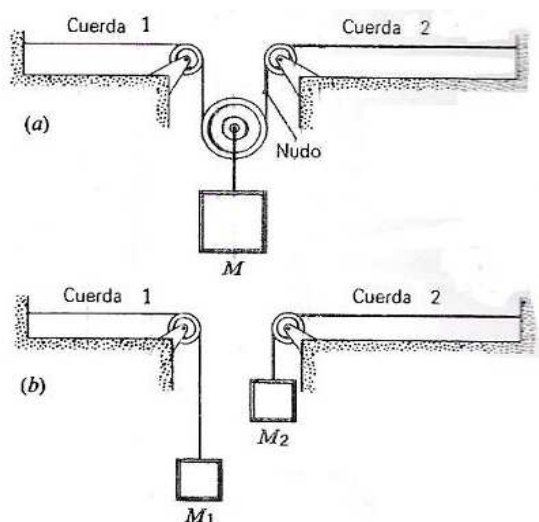


Figura 27 Problema 18

25. Una cuerda de  $2,72[\text{m}]$  de longitud tiene una masa de  $263[\text{g}]$ . La tensión en la cuerda es de  $36,1[\text{N}]$ . ¿Cuál debe ser la frecuencia de las ondas viajeras de amplitud de  $7,70 [\text{mm}]$  para que la potencia promedio transmitida sea de  $85,5[\text{W}]$ ?

40. Una cuerda de guitarra de nilón tiene una densidad de masa lineal de  $7,16[\text{g/m}]$  y está bajo una tensión de  $152[\text{N}]$ . Los soportes fijos están separados por  $89,4[\text{cm}]$ . La cuerda vibra según el patrón de onda estacionaria que se muestra en la figura 32. Calcule: (a) La velocidad, (b) La longitud de onda, y (c) La frecuencia de las ondas componentes cuya superposición da lugar a esta vibración.

42. Una cuerda vibra según la ecuación:

$$y = 0,520 \text{ sen}(1,14x) \cos(137 t)$$

donde  $x$  e  $y$  están en centímetros  $t$  en segundos. (a) ¿Cuáles son la amplitud y la velocidad de las ondas componentes cuya superposición pueda dar lugar a esta vibración?, (b) Halle la distancia entre nodos, y (c) ¿Cuál es la velocidad de una partícula de la cuerda en posición  $x=1,47[\text{cm}]$  en el tiempo  $t=1,36[\text{s}]$ ?

54. Un alambre de aluminio de longitud  $L = 60,0[\text{cm}]$  y área de sección transversal  $1,00 \times 10^{-2}[\text{cm}^2]$  esta conectado a un alambre de acero de la misma área de su sección transversal. El alambre compuesto, cargado con un bloque de  $10,0[\text{Kg}]$  de masa  $m$ , esta dispuesto como muestra la figura 35 de modo que la distancia  $L_2$  desde la junta a la polea de soporte es de  $86,6[\text{cm}]$ . Se inducen ondas transversales en el alambre usando una fuente externa de frecuencia variable. (a) Halle la frecuencia de excitación de ondas estacionarias más baja observada de modo que la unión del alambre sea un nodo. (b) ¿Cuál es el número de nodos observados a esta frecuencia, excluyendo los dos de los extremos del alambre? La densidad del aluminio es de  $2,60[\text{g/m}^3]$  y la del acero es de  $7,80[\text{g/m}^3]$ .

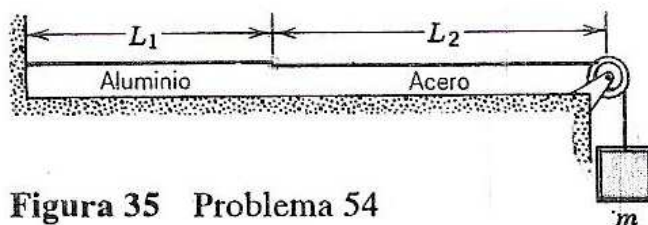


Figura 35 Problema 54

55. Una cuerda de piano de  $1,4[\text{m}]$  de longitud está hecha de acero con una densidad de  $7,8[\text{g/m}^3]$  y un módulo de Young de  $220[\text{MPa}]$ . La tensión en la cuerda produce una deformación de  $1,0\%$ . Calcule la frecuencia de resonancia más baja de la cuerda.

## Capítulo 20

11. La presión de una onda sonora viajera esta dada por la ecuación:

$$\Delta p = 1.48 \text{ Pa} \sin(1.07\pi x - 334\pi t)$$

donde,  $x$  está dada en metros y  $t$  en segundos. Halle: (a) La amplitud de la presión. (b) La frecuencia. (c) La longitud de onda, y (d) La velocidad de la onda.

13. Una fuente emite ondas esféricas isotrópicamente (es decir, con igual intensidad en todas las direcciones). La intensidad de la onda a 42,5[m] de la fuente es de 197[ $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ]. Halle la salida de potencia de la fuente.

14. Una nota de 313[Hz] de frecuencia tiene una intensidad de 1,13[ $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ]. ¿Cuál es la amplitud de las vibraciones del aire causadas por este sonido?

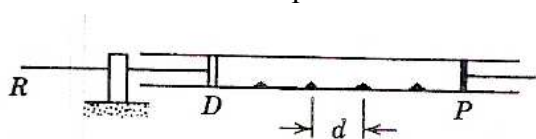
15. Una onda de sonido de 1,60[ $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ] de intensidad atraviesa una superficie de 4,70[ $\text{cm}^2$ ] de área. ¿Cuánta energía pasa por la superficie en 1[H]?

26. Suponga que el nivel de sonido promedio de la conversación humana es de 65[dB]. ¿Cuántas personas se necesitan para producir un nivel de sonido de 80[dB] en un salón donde todos hablan al mismo tiempo a 65[dB]?

43. En la figura 24, una barra esta sujeta en su centro; un disco D colocado en su extremo se proyecta de un tubo de vidrio que tiene granulillos de corcho esparcidos en su interior. El tubo esta provisto de un embolo P en el otro extremo. La barra se pone en vibración longitudinal y el embolo se mueve hasta que los granulillos de corcho forman un patrón de nodos y antinodos (los granulillos forman bordes bien definidos en los antinodos de presión). Se conocemos la frecuencia  $f$  de la vibraciones longitudinales de la barra, una medición de la distancia promedio  $d$  entre antinodos sucesivos determina la velocidad del sonido  $v$  en el gas contenido en el tubo. Demuestre que:

$$v = 2fd$$

Este es el método de Kundt para determinar la velocidad del sonido en diversos gases.



**Figura 24** Problema 43

55. ¿A que frecuencia se oye el chillido de 15,8[kHz] de las turbinas de los motores de un aeroplano que vuela a una velocidad de 193[m/s] por el piloto de un segundo aeroplano que trata de adelantar al primero con una velocidad de 246[m/s]?

56. Una ambulancia que emite un chillido de  $1602[\text{Hz}]$  se empareja y rebasa a un ciclista que pedalea una bicicleta a  $2,63[\text{m/s}]$ . Después de haberlo rebasado, el ciclista oye una frecuencia de  $1590[\text{Hz}]$ . ¿A que velocidad se mueve la ambulancia?

**Serway, R. Física. Tomo I Cuarta Edición**

Capítulo 16

5. Las ondas en el océano con una distancia cresta a cresta de  $10[\text{m}]$  pueden describirse mediante:

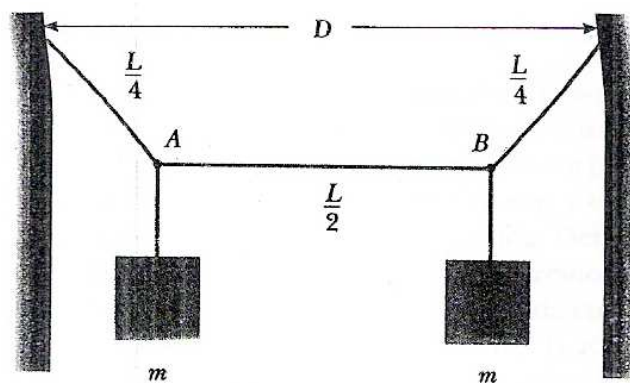
$$y(x,t) = 0,8(\text{m}) \sin(0.63(x-vt))$$

donde  $v = 1,2[\text{m/s}]$ . (a) Dibuje  $y(x, t)$  en  $t = 0$ . (b) Dibuje  $y(x, t)$  en  $t = 2,0[\text{s}]$ . Advierta como toda la forma de la onda se ha movido  $2,4[\text{m}]$  en la dirección  $x$  positiva en este intervalo de tiempo.

8. Dos ondas viajan en la misma dirección a lo largo de una cuerda estirada. Cada una tiene una amplitud de  $4,0[\text{cm}]$ , y están  $90^\circ$  fuera de fase. Encuentre la amplitud de la onda resultante.

16. Una cuerda ligera de  $10,0[\text{g}]$  de masa y longitud  $L = 3,00[\text{m}]$  tiene sus extremos sujetos a dos paredes que están separadas por una masa de  $M = 2,00[\text{kg}]$ , están suspendida de esta cuerda como en la figura 16.16. Si un pulso de onda se envía desde el punto A. ¿Cuánto tarda en viajar hasta el punto B?

16A. Una cuerda ligera de masa  $m$  y longitud  $L$  tiene sus extremos sujetos a dos paredes que están separadas por una distancia  $D$ . Dos masas, cada una de masa  $M$ , están suspendidas de esta cuerda como lo indica la figura P16.16. Si un pulso de onda se envía desde el punto A, ¿cuánto tarda en viajar hasta el punto B?



**FIGURA P16.16**

20. Para cierta onda transversal, la distancia entre dos máximos sucesivos es de  $1,2[\text{m}]$  y ocho máximos pasan por un punto dado a lo largo de la dirección de propagación cada  $12[\text{s}]$ . Calcule la velocidad de onda.

20A. Para cierta onda transversal la distancia entre dos máximos sucesivos es  $\lambda$  y  $N$  máximos pasan por un punto dado a lo largo de la dirección de propagación cada  $t$  s. Calcule la velocidad de onda.

32. Una onda senoidal en una cuerda se describe por medio de:

$$y = 0.51(\text{cm}) \sin(kx - \omega t).$$

donde  $k = 3,1$  (rad/cm) y  $\omega = 9,3$  (rad/s). ¿Qué distancia se mueve la cresta en 10 (s)? ¿Se mueve en la dirección  $x$  positivo o negativa?

38. Se desea transmitir ondas de 5,00[cm] de amplitud a lo largo de una cuerda que tiene una densidad lineal de  $4,00 \times 10^{-2}$ [kg/m]. Si la máxima potencia entregada por la fuente es de 300[W] y la cuerda está sometida a una tensión de 100[N], ¿Cuál es la frecuencia de vibración más alta a la cual puede operar la fuente?

39. Una onda senoidal sobre una cuerda se describe por medio de la ecuación:

$$y(x,t) = 0,15(\text{m}) \sin(0.80x - 50t)$$

donde  $x$  e  $y$  están en metros y  $t$  en segundos. Si la masa por longitud unitaria de esta cuerda es 12[g/m], determine: (a) La velocidad de la onda. (b) La longitud de onda. (c) La frecuencia. (d) La potencia transmitida a la onda.

44. Una onda viajera se propaga de acuerdo con la expresión:

$$y(x,t) = 4,0(\text{cm}) \sin(2.0x - 3.0t)$$

donde  $x$  se mide en centímetros y  $t$  en segundos. Determine: (a) La amplitud. (b) La longitud de onda. (c) La frecuencia. (d) El periodo. (e) La dirección de propagación de la onda.

## Capítulo 17

10. Calcule la amplitud de presión de una onda sonora de 2,0[kHz] en el aire si la amplitud de desplazamiento es igual a  $2,0 \times 10^{-8}$ [m].

11. Una onda sonora en el aire tiene una amplitud de presión igual a  $4,0 \times 10^{-3}$ [Pa]. Calcule la amplitud de desplazamiento de la onda a una frecuencia de 10,0[kHz].

14. Una onda sonora en el aire tiene una amplitud de presión de 4,0[Pa] y una frecuencia de 5,0 [kHz].  $\Delta p = 0$  en el punto  $x = 0$  cuando  $t = 0$ . (a) ¿Cuál es el valor de  $\Delta p$  en  $x = 0$   $t = 2,0 \times 10^{-4}$  [s]? (b) ¿Cuál es el valor de  $\Delta p$  en  $x = 0,020$  [m] cuando  $t = 0$ ?

19. Calcule el nivel sonoro en dB de una onda sonora que tiene una intensidad de  $4,0$ [ $\mu\text{W}/\text{m}^2$ ].

23. Un altavoz se coloca entre dos observadores separados por una distancia de 110[m], a lo largo de la línea que los une. Si un observador registra un nivel de intensidad de 60[dB] y

el otro registra un nivel de intensidad 80[dB], ¿a qué distancia está el altavoz de cada observador?

28. Una fuente de sonido (1000[Hz]) emite uniformemente en todas las direcciones. Un observador a 3,0[m] de la fuente mide un nivel sonoro de 40[dB]. Calcule la salida de potencia promedio de la fuente.

37. Al estar parado en el cruce de una calle usted escucha una frecuencia de 560[Hz] proveniente de la sirena de un carro de policía que ese acerca. Después de que este vehículo pasa, la frecuencia observada de la sirena es 480[Hz]. Determinar la velocidad del carro de acuerdo con estas observaciones.

39. Un tren se mueve a 20[m/s] paralelo a una autopista. Un auto viaja en la misma dirección que la del tren a 40[m/s]. La bocina del auto suena a 510[Hz], y el silbato del tren, a 320[Hz]. (a) Cuando el carro está detrás del tren, ¿qué frecuencia del silbato del tren percibe un ocupante del auto? (b) Cuando el carro esta frente al tren, ¿Qué frecuencia percibe el pasajero en el tren del claxon del carro del carro cuando acaba de pasarlo?

## Capítulo 18

12. Dos ondas armónicas que se propagan en direcciones opuestas interfieren para producir una onda estacionaria descrita por:

$$y = 1.50 \text{ (m)} \sin(0.400x) \cos(200t)$$

donde  $x$  está en metros y  $t$  en segundos. Determine la longitud, frecuencia y velocidad de las ondas que interfieren.

13. Una onda estacionaria se forma por medio de la interferencia de dos ondas viajeras, cada una de las cuales tiene una amplitud  $A=\pi$ [cm], número de onda angular  $k=(\pi/2)$ [cm<sup>-1</sup>] y frecuencia angular  $\omega=10\pi$ [rad/s]. (a) Calcule la distancia entre los dos primeros antinodos. (b) ¿Cuál es la amplitud de la onda estacionaria en  $x=0,25$ [cm]?

18. Una cuerda alargada tiene 160[cm] de largo y una densidad lineal de 0,015[g/cm]. ¿Qué tensión en la cuerda producirá un segundo armónico de 460[Hz]?

21. Encuentre la frecuencia fundamental y las siguientes tres frecuencias que podrían ocasionar un patrón de ondas estacionarias en un cuerda de 30[m] de largo, con una masa por unidad de longitud de  $9,0 \times 10^{-3}$ [kg/m] y alargada hasta una tensión de 20[N].

26. En el arreglo mostrado en la figura 18.23 puede colgarse una masa de una cuerda (con una densidad de masa lineal  $\mu=0,0020$ [kg/m]) alrededor de una polea ligera. La cuerda se conecta a un vibrador (de frecuencia constante  $f$ ), y la longitud de la cuerda entre el punto P y la polea es  $L=2,0$ [m]. Cuando la masa  $m$  es de 16[kg] o de 25[kg], se observan ondas estacionarias, pero no se observan ese tipo de ondas para cualquier otro tipo de masa entre los estos valores. (a) ¿Cuál es la frecuencia del vibrador? (Sugerencia: A mayor tensión en la

cuerda, menor número de nodos en la onda estacionaria). (b) ¿Cuál es la masa más grande para la cual podrían observarse ondas estacionarias?

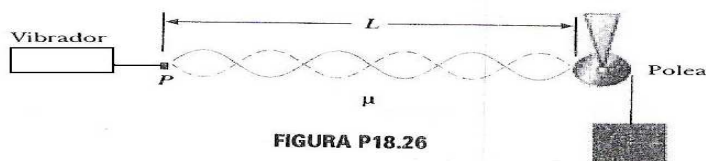


FIGURA P18.26

27. Una cuerda de guitarra de  $60[\text{cm}]$  bajo una tensión de  $50[\text{N}]$  tiene una masa por unidad de longitud de  $0,10[\text{g/cm}]$ . ¿Cuál es la frecuencia resonante más alta que puede escuchar una persona capaz de oír frecuencia de  $20000[\text{Hz}]$ ?

31. Un tubo abierto de  $0,40[\text{m}]$  de largo se coloca verticalmente en una cubeta cilíndrica que tiene una área en el fondo de  $0,10[\text{m}^2]$ . Se vierte agua dentro de la cubeta hasta que un diapasón vibrando de  $440[\text{Hz}]$  de frecuencia, situado sobre el tubo, produce resonancia. Encuentre la masa del agua de la cubeta en este momento.

32. Si un tubo de órgano resuena a  $20[\text{Hz}]$ , ¿Cuál es la longitud requerida si está: (a) Abierto en ambos extremos. (b) Cerrado en un extremo.

61. Una masa de  $12[\text{kg}]$  cuelga en equilibrio de una cuerda de longitud total  $L=5,0[\text{m}]$  y densidad de masa lineal  $\mu=0,0010[\text{kg/m}]$ . La cuerda pasa por dos poleas ligeras sin fricción que están separadas por una distancia  $d=2,0[\text{m}]$  (Figura 18.16a). (a) Determine la tensión de la cuerda. (b) ¿A qué frecuencia debe vibrar la cuerda entre las poleas para formar el patrón de onda estacionaria mostrado en la figura 18.16b?

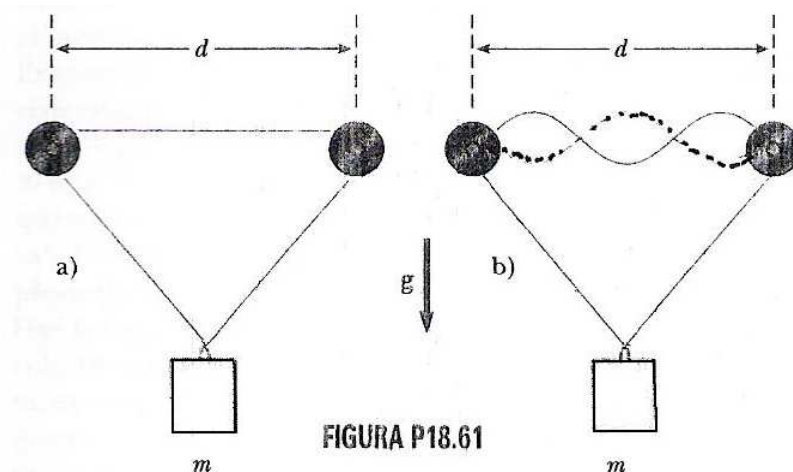


FIGURA P18.61

63. Una cuerda (masa  $=4,8[\text{g}]$ , longitud  $=2,0[\text{m}]$  y tensión  $=48[\text{N}]$ ), fija en ambos extremos vibra en su segundo modo natural ( $n=2$ ). ¿Cuál es la longitud de onda en el aire del sonido emitido por esta cuerda vibrante?

67. Dos alambres se sueldan entre sí. Son del mismo material, pero uno tiene el doble del diámetro que el otro. Se someten a una tensión de  $4,6[\text{N}]$ . El alambre delgado tiene una



longitud de 40[cm] y una densidad de masa lineal de 2,0[g/m]. La combinación se fija en ambos extremos y se hace vibrar de manera tal que se presentan dos antinodos con el nodo central ubicado a la derecha de la unión: (a) ¿Cual es la frecuencia de vibración? (b) ¿Cual es la longitud del alambre grueso?

### Anexo 3. Evaluaciones de rendimiento académico

#### Cursos utilizados en el experimento piloto

FISICA GENERAL II : CALOR Y ONDAS

IFC 2521

INGENIERIA EN INFORMATICA

Calificaciones de las tres prueba integrales

	CURSO EXPERIMENTAL					CURSO CONTROL			
	2° SEMESTRE 2003					2° SEMESTRE 2002			
	Alumno	1PI	2PI	3PI		Alumno	1PI	2PI	3PI
1	E1	1,7	2,5	2,1		C1	4,6	2,4	4,7
2	E2	1,2	3,5	4,1		C2	3,4	4,6	3,9
3	E3	3,3	3,4	4,5		C3	4,5	2,9	3,3
4	E4	4,2	2,6	3,8		C4	4,5	3,5	4,8
5	E5	2,6	5,4	4,7		C5	3,7	3,8	3,3
6	E6	2	2,5	5		C6	4,9	2,3	4
7	E7	4,1	4	5,8		C7	1	1,7	4,3
8	E8	5,6	3,7	3,5		C8	4,9	4,9	4
9	E9	3,6	4	5,5		C9	2,4	3,7	1,6
10	E10	4,2	5,1	5,1		C10	3,5	3,1	2,5
11	E11	2,5	3,2	3,9		C11	4,1	4,8	6,1
12	E12	3,7	3,6	5,1		C12	4,5	3,4	3,9
13	E13	3	3,4	2,5		C13	2,1	2,6	4,3
14	E14	2,1	2,1	3,7		C14	3,2	3,5	3,3
15	E15	2,5	3,8	4,5		C15	2,8	4,3	4,1
16	E16	1	3,2	5,5		C16	2,4	3,7	2,6
17	E17	4,5	2,4	5,1		C17	4,1	4	5,4
18	E18	2,3	4,6	3,7		C18	2,6	4,2	3,7
19	E19	2,1	4,7	5,5		C19	1,7	2,5	2,3
20	E20	4,4	4,5	5,3		C20	2,4	4	5,1
21	E21	2,6	1,2	3,6		C21	1,9	1,9	2,2
22	E22	1,9	3,6	5,1		C22	1,9	3,5	3,8
23	E23	5,4	3,9	5		C23	1	2,1	3,7

### Cursos utilizados en el experimento definitivo

OSCILACIONES, ONDAS Y ELECTROMAGNETISMO

CQU 3412

PEDAGOGIA EN QUIMICA Y CIENCIAS

Calificaciones de dos pruebas integrales

	CURSO CONTROL				CURSO EXPERIMENTAL			
	1° SEMESTRE 2007				1° SEMESTRE 2008			
	Alumno	1PI	2PI		Alumno	1PI	2PI	
1	C1	3,0	1,4		E1	3,2	4,8	
2	C2	5,3	5,1		E2	3,2	6,2	
3	C3	4,1	3,7		E3	4,2	5,7	
4	C4	3,3	3,8		E4	1,5	4,3	
5	C5	3,3	3,8		E5	4,4	5,2	
6	C6	5,0	4,1		E6	4,4	5,3	
7	C7	2,6	4,3		E7	3,6	5,5	
8	C8	3,8	4,0		E8	4,3	4,1	
9	C9	4,7	3,6		E9	3,9	5,2	
10	C10	2,1	3,7		E10	3,2	5,3	
11	C11	3,8	3,3		E11	3,3	5,1	
12	C12	4,3	3,9		E12	4,7	4,2	
13	C13	3,7	4,0		E13	4,4	4,8	
14	C14	3,8	4,3		E14	2,9	6,2	
15	C15	3,5	4,0		E15	4,0	4,4	
16	C16	3,2	3,0		E16	2,4	5,1	
17	C17	3,0	3,6		E17	4,0	5,5	
18	C18	2,8	3,0		E18	4,9	5,1	
19	C19	4,6	5,3		E19	3,0	5,2	
20	C20	4,7	3,4		E20	2,6	4,0	
21	C21	3,2	3,7		E21	3,9	4,1	
22	C22	4,7	3,4		E22	2,8	5,5	
23	C23	4,2	1,2		E23	5,5	4,9	
24	C24	2,8	1,5		E24	3,0	4,5	
25	C25	4,2	4,1		E25	5,6	5,7	
26					E26	4,3	4,6	
27					E27	5,4	4,9	
28					E28	4,5	5,5	
29					E29	3,7	4,7	
30					E30	3,1	4,0	

**Pretest - Postest**

Conteste las preguntas según sus conocimientos que actualmente tiene del tema de ondas, tratando en forma breve de justificar sus repuestas. Su opinión será fundamental para el manejo de la unidad.

- 1.- ¿Qué es un onda?
- 2.- ¿Cuáles son las características más importantes que tienen las ondas?
- 3.- ¿Cómo varía la amplitud y la intensidad de las ondas con la distancia a la fuente?
- 4.- ¿Qué ocurre con la energía y el momentum en una onda?
- 5.- ¿Cuándo dos ondas interfieren existe pérdida de energía?
- 6.- ¿Por qué el sonido no viaja en el vacío?
- 7.- ¿Cómo se podría reducir el nivel de ruido en un taller mecánico?
- 8.- ¿Qué significa el cero decibel?
- 9.- ¿Qué significa el efecto Doppler?

### Resultados del pretest y postest: Experimento piloto

Los alumnos disponen de 30 minutos para su desarrollo. Según la claridad de sus conceptos, se califica cada pregunta en escala de 1 a 5. A los sujetos del curso experimental, respetando su identificación, son codificados como E1, E2, .... E23, . A continuación se muestra un tabla con los puntajes obtenidos por los alumnos para cada una de las preguntas, como P1,P2,....P9, en la prueba de pretest y postest. Así como, los puntajes totales por alumno en el pretest y postest, codificados como ppr y ppo y además las en calificaciones en escala de 1 a 7, de cada alumno en el pretest y postest, codificado como npr y npo, respectivamente.

#### FISICA GENERAL II CALOR Y ONDAS 2º SEMESTRE 2003

CIF 2321-00-2

#### INGENIERIA EN INFORMATICA

no	PRUEBA PRETEST									PRUEBA POSTEST												
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	ppr	npr	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	ppo	Npo
E1	3	2	1	1	3	2	2	2	1	17	2,3	4	3	3	2	3	2	2	2	3	24	3,5
E2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	13	1,7	4	4	4	2	4	2	1	1	1	23	3,3
E3	3	2	2	2	3	2	3	2	1	20	2,8	4	4	4	4	3	3	4	3	3	32	4,8
E4	3	2	2	1	3	2	3	2	2	20	2,8	5	4	4	4	5	5	4	3	3	37	5,7
E5	3	2	2	3	2	2	2	2	2	20	2,8	4	3	3	3	3	4	4	4	3	31	4,7
E6	2	3	3	2	2	2	2	2	3	21	3,0	5	3	3	3	2	2	3	2	4	27	4,0
E7	3	3	3	2	2	2	2	3	2	22	3,2	4	4	3	4	4	5	1	4	4	33	5,0
E8	1	2	1	1	3	3	3	2	1	17	2,3	4	3	4	1	3	4	3	4	3	29	4,3
E9	2	2	3	1	2	3	2	2	1	18	2,5	4	3	4	2	3	4	3	4	3	30	4,5
E10	2	2	3	1	3	2	1	3	1	18	2,5	4	3	3	1	3	2	1	3	3	23	3,3
E11	2	3	3	2	2	2	2	2	2	20	2,8	4	4	4	4	2	3	3	5	1	30	4,5
E12	3	3	3	1	1	3	2	1	2	19	2,7	3	4	4	3	2	4	3	4	4	31	4,7
E13	3	3	3	2	2	2	2	2	1	20	2,8	4	4	4	2	4	4	3	4	3	32	4,8
E14	3	3	3	2	2	2	3	2	2	22	3,2	5	4	3	4	4	4	3	3	3	33	5,0
E15	3	3	3	1	1	2	3	2	2	20	2,8	4	3	4	4	2	3	4	4	4	32	4,8
E16	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18	2,5	4	3	4	4	1	2	1	2	4	25	3,7
E17	2	2	1	1	1	1	1	2	1	12	1,5	4	4	4	4	4	4	3	4	4	35	5,3
E18	2	2	1	2	3	2	2	3	1	18	2,5	4	4	3	2	3	3	3	3	2	27	4,0
E19	1	2	1	1	1	1	1	2	1	11	1,3	4	4	4	1	1	4	3	4	4	29	4,3
E20	3	3	3	2	2	2	2	3	2	22	3,2	5	4	3	4	4	4	3	3	4	34	5,2
E21	2	2	2	1	2	2	2	2	2	17	2,3	4	4	3	1	2	3	2	4	3	26	3,8
E22	2	2	2	1	2	2	1	1	1	14	1,8	4	3	4	5	4	4	2	4	4	34	5,2
E23	3	2	2	3	2	2	2	2	2	20	2,8	4	4	3	3	4	3	2	4	3	30	4,5

Con los resultados de la aplicación de las pruebas de pretest y postest, representados en la tabla 5.1.8, se hace una estadística descriptiva, cuyo análisis se muestra en el siguiente cuadro.

### Estadísticos descriptivos

		<b>Puntaje del pretest</b>	<b>Puntaje del postest</b>
N	Válidos	23	23
<b><i>Media de puntaje</i></b>		18,22	29,87
Desv. típ.		3,12	3,89
Varianza		9,72	15,12
		<b>Calificación del pretest</b>	<b>Calificación del postest</b>
<b><i>Media de calificación</i></b>		2,54	4,48
Desv. típ.		0,52	0,65
Varianza		0,27	0,42

Se puede observar un mejoramiento en el rendimiento, visto como conceptualización, en valores medios de **2,54** a **4,48**, producto de la aplicación del modelo metodológico didáctico, lo que es bastante aceptable y satisfactorio, con dispersiones que no superan el 15 %. Curiosamente la media en calificaciones en la prueba de postest es de 4,5 y coincide con la media de las calificaciones de la tercera prueba integral que también es 4,5.

## Resultados del pretest y postest: Experimento definitivo

## PEDAGOGIA EN QUIMICA Y CIENCIAS NATURALES

no	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	ppr	npr	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	ppo	npo
E1	3	2	1	1	3	2	2	2	1	17	<b>2,3</b>	4	3	3	2	3	2	2	2	3	24	<b>3,5</b>
E2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	13	<b>1,7</b>	4	4	4	2	4	2	1	1	1	23	<b>3,3</b>
E3	3	2	2	2	3	2	3	2	1	20	<b>2,8</b>	4	4	4	4	3	3	4	3	3	32	<b>4,8</b>
E4	3	2	2	1	3	2	3	2	2	20	<b>2,8</b>	5	4	4	4	5	5	4	3	3	37	<b>5,7</b>
E5	3	2	2	3	2	2	2	2	2	20	<b>2,8</b>	4	3	3	3	3	4	4	4	3	31	<b>4,7</b>
E6	2	3	3	2	2	2	2	2	3	21	<b>3,0</b>	5	3	3	3	2	2	3	2	4	27	<b>4,0</b>
E7	3	3	3	2	2	2	2	3	2	22	<b>3,2</b>	4	4	3	4	4	5	1	4	4	33	<b>5,0</b>
E8	1	2	1	1	3	3	3	2	1	17	<b>2,3</b>	4	3	4	1	3	4	3	4	3	29	<b>4,3</b>
E9	2	2	3	1	2	3	2	2	1	18	<b>2,5</b>	4	3	4	2	3	4	3	4	3	30	<b>4,5</b>
E10	2	2	3	1	3	2	1	3	1	18	<b>2,5</b>	4	3	3	1	3	2	1	3	3	23	<b>3,3</b>
E11	2	3	3	2	2	2	2	2	2	20	<b>2,8</b>	4	4	4	4	2	3	3	5	1	30	<b>4,5</b>
E12	3	3	3	1	1	3	2	1	2	19	<b>2,7</b>	3	4	4	3	2	4	3	4	4	31	<b>4,7</b>
E13	3	3	3	2	2	2	2	2	1	20	<b>2,8</b>	4	4	4	2	4	4	3	4	3	32	<b>4,8</b>
E14	3	3	3	2	2	2	3	2	2	22	<b>3,2</b>	5	4	3	4	4	4	3	3	3	33	<b>5,0</b>
E15	3	3	3	1	1	2	3	2	2	20	<b>2,8</b>	4	3	4	4	2	3	4	4	4	32	<b>4,8</b>
E16	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18	<b>2,5</b>	4	3	4	4	1	2	1	2	4	25	<b>3,7</b>
E17	2	2	1	1	1	1	1	2	1	12	<b>1,5</b>	4	4	4	4	4	4	3	4	4	35	<b>5,3</b>
E18	2	2	1	2	3	2	2	3	1	18	<b>2,5</b>	4	4	3	2	3	3	3	3	2	27	<b>4,0</b>
E19	1	2	1	1	1	1	1	2	1	11	<b>1,3</b>	4	4	4	1	1	4	3	4	4	29	<b>4,3</b>
E20	3	3	3	2	2	2	2	3	2	22	<b>3,2</b>	5	4	3	4	4	4	3	3	4	34	<b>5,2</b>
E21	2	2	2	1	2	2	2	2	2	17	<b>2,3</b>	4	4	3	1	2	3	2	4	3	26	<b>3,8</b>
E22	2	2	2	1	2	2	1	1	1	14	<b>1,8</b>	4	3	4	5	4	4	2	4	4	34	<b>5,2</b>
E23	3	3	3	2	2	2	2	2	1	20	<b>2,8</b>	4	4	4	2	4	4	3	4	3	32	<b>4,8</b>
E24	3	3	3	2	2	2	3	2	2	22	<b>3,2</b>	5	4	3	4	4	4	3	3	3	33	<b>5,0</b>
E25	3	3	3	1	1	2	3	2	2	20	<b>2,8</b>	4	3	4	4	2	3	4	4	4	32	<b>4,8</b>
E26	2	2	2	2	2	2	2	2	2	18	<b>2,5</b>	4	3	4	4	1	2	1	2	4	25	<b>3,7</b>
E27	2	2	1	1	1	1	1	2	1	12	<b>1,5</b>	4	4	4	4	4	4	3	4	4	35	<b>5,3</b>
E28	2	2	1	2	3	2	2	3	1	18	<b>2,5</b>	4	4	3	2	3	3	3	3	2	27	<b>4,0</b>
E29	1	2	1	1	1	1	1	2	1	11	<b>1,3</b>	4	4	4	1	1	4	3	4	4	29	<b>4,3</b>
E30	3	3	3	2	2	2	2	3	2	22	<b>3,2</b>	5	4	3	4	4	4	3	3	4	34	<b>5,2</b>

**Anexo 4. Encuestas****ENCUESTA DE EVALUACION DE GRADO DE SATISFACCION**

Nos interesa saber su opinión sobre los procesos enseñanza aprendizaje en la Unidad “*Ondas Mecánicas*”. Para ello, responde el siguiente cuestionario marcando un número al finalizar cada una de las frases.

La valoración es:

(1: muy poco; 2: poco; 3:normal; 4:mucho; 5:muchísimo)

**EVALUACION DE LA EXPERIENCIA ACADEMICA**

1.- ¿En general, consideras novedosa la propuesta virtual?	1	2	3	4	5
2.-¿El material entregado por el profesor te ayuda a entender el tema?	1	2	3	4	5
3.- ¿La unidad tenía planificación de actividades?	1	2	3	4	5
4.- ¿Se conocían los contenidos o programa de la unidad?	1	2	3	4	5
5.- ¿Estaban claros los objetivos de la unidad?	1	2	3	4	5
6.- ¿Crees que fácil comunicarse con el profesor?	1	2	3	4	5
7.- ¿La comunicación fue la apropiada?	1	2	3	4	5
8.- ¿Se explica con claridad la evaluación de la unidad?	1	2	3	4	5
9.- ¿Le gusto el trabajo en grupo?	1	2	3	4	5
10.- ¿El profesor atendía las dudas a los alumnos?	1	2	3	4	5

**Comentarios** y observaciones que quisiera agregar o complementar

.....

.....

.....

.....

**EVALUACION DE LA DIDACTICA PROPUESTA**

11.- ¿Se consideraron los conceptos previos?	1	2	3	4	5
12.- ¿Las actividades estaban relacionadas con los contenidos?	1	2	3	4	5
13.- ¿La evaluación de contenidos fue la adecuada?	1	2	3	4	5
14.- ¿El módulo de aprendizaje eran claro y preciso?	1	2	3	4	5
15.- ¿Los problemas propuestos eran del nivel adecuado?	1	2	3	4	5
16.- ¿Los textos complementarios fueron consultados?	1	2	3	4	5
17.- ¿La forma de presentar el módulo promovía el aprendizaje?	1	2	3	4	5

- |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 18.- ¿Las ayudantías fueron útiles para el aprendizaje?                 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 19.-¿Los foros de discusión fueron un elemento de apoyo al aprendizaje? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 20.- ¿El trabajo en grupo promueve el aprendizaje?                      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

**Comentarios** y observaciones que quisiera agregar o complementar

.....

.....

.....

.....

### EVALUACION DE LA PRÁCTICA DOCENTE

- |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 21.- ¿Te sientes cómodo con esta propuesta educativa?                             | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 22.- ¿Esta propuesta metodológica la encuentras mejor que la forma tradicional?   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 23.- ¿La planificación de la unidad te mantuvo en estudio durante toda la unidad? | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 24.- ¿La evaluación está de acuerdo con lo tratado en la unidad?                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 25.- ¿El trabajo en grupo fue realmente cooperatvo?                               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 26.- ¿Sentiste el apoyo y motivación permanente del profesor?                     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 27.- ¿Crees que se aprende en los talleres?                                       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 28.- ¿Piensas que tu aprendizaje ha sido más significativo?                       | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 29.- ¿La materia presentada en la WEB y en el aula virtual fue adecuada?          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 30.- ¿Recomendaría esta experiencia a otras unidades o cursos?                    | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

**Comentarios** y observaciones que quisiera agregar o complementar

.....

.....

.....

.....



## ENCUESTA DE EVALUACION SOBRE HABILIDADES

Nos interesa saber su opinión sobre el desarrollo de habilidades actitudinales y cognitivas que promueven la aplicación de la propuesta metodológica de enseñanza, utilizada en la Unidad “*Ondas Mecánicas*”. Para ello, responda el siguiente cuestionario marcando un número al finalizar cada una de los indicadores.

La valoración es:

(1: muy poco; 2: poco; 3:normal; 4:mucho; 5:muchísimo)

### HABILIDADES ACTITUDINALES Y COGNITIVAS ASOCIADAS A LA METODOLOGIA DE ENSEÑANZA

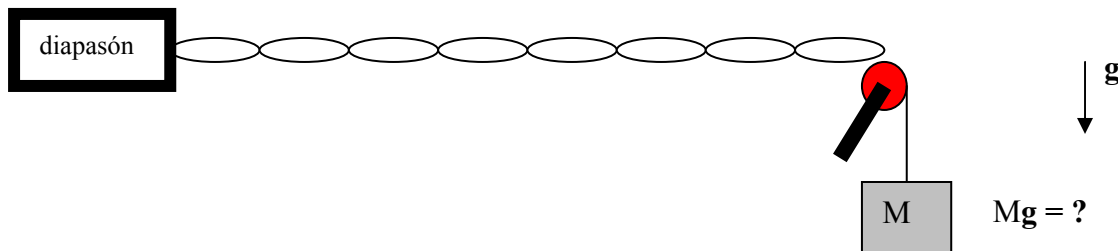
	<b>Habilidades</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	Analizas la coherencia de los juicios propios y ajenos, y valoras las implicaciones personales y sociales de los mismos.					
2	Defines y jerarquizas objetivos y planificas la actividad individual a corto, mediano y largo plazo					
3	Identificas y analizas un problema para generar alternativas de solución, aplicando los métodos aprendidos					
4	Incorporas los aprendizajes propuestos por el profesor y muestras una actitud activa para su asimilación					
5	Integras diversas teorías o modelos haciendo una síntesis personal y creativa de tus objetivos de aprendizaje					
6	Preguntas para aprender y te interesas por aclarar dudas					
7	Tienes conciencia de los recursos personales y limitaciones (personales, entorno, etc.) para aprovecharlos en el óptimo desempeño de las tareas asignadas					
8	Adaptas tus argumentaciones a los diferentes grupos y/o situaciones preestablecidas					
9	Introduces nuevos procedimientos y acciones en el proceso de trabajo para responder mejor a las limitaciones y problemas					
10	Tomas iniciativas que se saben comunicar con convicción y coherencia estimulando a los demás					

## Anexo 5. Prueba integral, mapas conceptuales, foros, talleres

### 5.1 Prueba Integral sobre Ondas Mecánicas:

#### Pauta de Corrección de la Prueba Integral (validada con profesores expertos)

1.- Determine el peso que debe colgarse a la cuerda de densidad lineal de masa  $1,23 \cdot 10^{-4}$  (Kg/m), para que se produzcan 8 semilongitudes de onda entre el diapasón eléctrico y la polea. La frecuencia del diapasón es de 100 (Hz). El largo de la cuerda entre diapasón y polea es 4 (m).



$$\mu = 1,23 \cdot 10^{-4} \text{ (Kg/m)} \quad n(\lambda/2) = L \quad \lambda = 2L/n \quad \lambda = 1 \text{ (m)} \quad (5)$$

$$n = 8 \quad \lambda f = v \quad v = 100 \text{ (m/s)} \quad (5)$$

$$F = 100 \text{ (Hz)} \quad v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad T = v^2 \mu = 1,23 \text{ (Nt)} \quad (5)$$

$$L = 4 \text{ (m)}$$

$$Mg = T$$

2.- Dos alambres uno de cobre y el otro de acero, del mismo radio se unen formando un alambre más largo. Encontrar los coeficientes de reflexión y transmisión en el punto de unión para ondas que se propagan a lo largo del alambre. Halle la amplitud de la onda transmitida y la onda reflejada, si la amplitud de la onda incidente es de 2 (cm). La densidades del cobre y del acero son  $8,85 \cdot 10^3$  (Kg/m<sup>3</sup>),  $7,8 \cdot 10^3$  (Kg/m<sup>3</sup>), respectivamente.

$$\rho_1 \quad \rho_2 \quad \rho = \sqrt{\frac{m}{Al}} = \sqrt{\frac{\mu}{A}} \quad \mu = \rho A \quad (3)$$

$$\rho_1 = 8,85 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m)} \quad \underline{\rho_2}$$

$$\rho_2 = 7,8 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m)} \quad R = \frac{\sqrt{\mu_1} - \sqrt{\mu_2}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}} = \frac{\sqrt{A}(\sqrt{\rho_1} - \sqrt{\rho_2})}{\sqrt{A}(\sqrt{\rho_1} + \sqrt{\rho_2})} = \frac{94 - 88,3}{94 + 88,3} = 0,03$$

$$y_{01} = 2 \text{ (cm)} \quad R = (y_{01'} / y_{01}) \quad y_{01'} = R y_{01} = 0,06 \text{ (cm)} \quad (6)$$

$$T = \frac{2\sqrt{\mu_1}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}} = \frac{2\sqrt{A}(\sqrt{\rho_1})}{\sqrt{A}(\sqrt{\rho_1} + \sqrt{\rho_2})} = \frac{2 \cdot 94}{94 + 88,3} = 1,03$$

$$T = (y_{02} / y_{01}) \quad y_{02} = T y_{01} = 2,06 \text{ (cm)} \quad (6)$$

3.- Una onda sonora de 1000 (Hz) produce un nivel de presión sonora de 80 (dB) a 3 (m) de una fuente de emisión sonora. Determine la potencia de la fuente y la amplitud de la sobrepresión en ese punto. Considere condiciones normales.  $p_0 = 1,013 \cdot 10^5$  (Nt/m<sup>2</sup>),  $\rho_0 = 1,29$  (Kg/m<sup>3</sup>)  $v = 340$  (m/seg)

$$\begin{aligned} F &= 1000 \text{ (Hz)} \\ B_1 &= 80 \text{ (dB)} & I_1 &= I_0 10^{B_1/10} = 10^{-12} 10^8 = 10^{-4} \text{ (W/m}^2\text{)} & \textcircled{4} \\ R_1 &= 3 \text{ (m)} \\ I_0 &= 10^{-12} \text{ (W/m}^2\text{)} & P_1 &= I_1 A_1 = I_1 4\pi r_1^2 = 1,13 \cdot 10^{-2} \text{ (W)} & \textcircled{6} \\ I_1 &= \frac{P_0^2}{2\rho_0 v} & P_0 &= \sqrt{2\rho_0 v I_1} = 2,9 \cdot 10^{-1} \text{ (Nt/m}^2\text{)} & \textcircled{5} \end{aligned}$$

4.- Determinar en qué punto(s) debe pivotearse una barra de cobre, y qué largo debe tener, para que una onda provocada en esa barra, se encuentre en el estado fundamental, y entre en resonancia con un tubo de aire abierto de longitud 20,4 (cm) que se encuentra en el cuarto armónico.

Para el cobre  $Y = 1,2 \cdot 10^{11}$  (Kg/m<sup>2</sup>)  $\rho = 8,5 \cdot 10^3$  (Kg/m<sup>3</sup>).

$$\begin{aligned} \text{--- Tubo de aire} \\ n &= 4 & f_n &= n \frac{v}{2L} \rightarrow f_4 = \frac{4v_a}{2L_a} = 2 \frac{v_a}{L_a} = 3333,3 \text{ (Hz)} & \textcircled{6} \\ v_a &= 340 \text{ (m/s)} \\ L_a &= 20,4 \text{ (cm)} & v_m &= \sqrt{\frac{Y}{\rho}} = 3757 \text{ (m/s)} \\ \text{--- Metal} \\ f_m &= f_4 = \frac{v_m}{\lambda_m} \rightarrow \lambda_m = \frac{v_m}{f_4} = 1,127 \text{ (m)} & \textcircled{4} \\ \rho &= 8,5 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3\text{)} & n(\lambda/2) &= L & n = 1 & \textcircled{5} \\ Y &= 1,2 \cdot 10^{11} \text{ (Kg/m}^2\text{)} \\ n &= 1 & L &= (\lambda/2) = 0,56 \text{ (m)} \end{aligned}$$

## Desarrollo de la prueba integral, alumno 1.

Prueba Ondas

Nota 55

$n \cdot \frac{\lambda}{2} = L$  P.P. 10  
 $8 \cdot \frac{\lambda}{2} = 4$   
 $\lambda = \frac{8}{8} = 1$   
 $\lambda = 1 \text{ m}$


$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow T = v^2 \cdot \mu$   
 $v = \lambda \cdot f = 1 \cdot 100 = 100 \text{ m/s}$   
 $T = v^2 \cdot \mu = 100^2 \cdot 1,23 \cdot 10^{-4}$   
 $T = 1,23 \text{ nt}$

$\Sigma \uparrow: T - W = 0$   
 $\Sigma \uparrow: T = mg$   
 $1,23 = m \cdot g$   
 $W = 1,23 \text{ nt}$

**Conceptos**  
 $W = \text{Peso}$   
 $\mu = \text{densidad lineal de masa}$   
 $f = \text{frecuencia de vibración}$   
 $\lambda = \text{longitud de onda}$   
 $n = \text{número de semilongitudes de onda}$   
 $L = \text{longitud cuerda}$

**Principios**  
 $n \cdot \frac{\lambda}{2} = L$   
 $v = \lambda \cdot f$   
 $T = v^2 \cdot \mu$

2)



$R = ?$   
 $T = ?$   
 $\gamma_{01} = ?$   
 $\gamma_{02} = ?$   
 $\gamma_{01} = 2 \text{ cm} \rightarrow 0,02 \text{ m}$   
 $\rho_{\text{Cu}_1} = 8,85 \cdot 10^3 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$   
 $\rho_{\text{Alu}_2} = 2,8 \cdot 10^3 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

$\mu = \rho \cdot A = \rho \cdot \pi r^2$   
 $r_1 = r_2$   
 $R = \frac{\gamma_{01}'}{\gamma_{01}} = \frac{\sqrt{\mu_1} - \sqrt{\mu_2}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}} = \frac{\frac{1}{2} \sqrt{\rho_1 \pi} - \frac{1}{2} \sqrt{\rho_2 \pi}}{\frac{1}{2} \sqrt{\rho_1 \pi} + \frac{1}{2} \sqrt{\rho_2 \pi}}$

$R = \frac{\sqrt{8,85 \cdot 10^3 \cdot \pi} - \sqrt{2,8 \cdot 10^3 \cdot \pi}}{\sqrt{8,85 \cdot 10^3 \cdot \pi} + \sqrt{2,8 \cdot 10^3 \cdot \pi}} = \frac{166,74 - 156,54}{166,74 + 156,54}$

$R = \frac{10,16}{323,24} = 0,031$   
 $R = 0,031$

$\gamma_{01} + \gamma_{01}' = \gamma_{02}$   
 $0,02 + 6,28 \cdot 10^{-4} = \gamma_{02}$   
 $\gamma_{02} = 0,021$

$R = \frac{\gamma_{01}'}{\gamma_{01}} = 0,031$   
 $\gamma_{01}' = 0,031 \times \gamma_{01}$   
 $\gamma_{01}' = 0,031 \times 0,02$   
 $\gamma_{01}' = 6,28 \cdot 10^{-4}$

$T = \frac{2\sqrt{\mu_1}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}} = \frac{2 \times \sqrt{\rho_1 \pi}}{\sqrt{\rho_1 \pi} + \sqrt{\rho_2 \pi}} = \frac{2 \cdot \sqrt{8,85 \cdot 10^3 \cdot \pi}}{\sqrt{8,85 \cdot 10^3 \cdot \pi} + \sqrt{2,8 \cdot 10^3 \cdot \pi}}$

$T = \frac{166,74 \cdot 2}{166,74 + 156,54} = \frac{333,48}{323,28} = 1,03$   
 $T = 1,03$

$T - R = 1$   
 $1,03 - 0,03 = 1$   
 $1 = 1$

Principio  
 $\gamma_{01} + \gamma_{01}' = \gamma_{02}$   
 $R = \frac{\gamma_{01}'}{\gamma_{01}} = \frac{\sqrt{\mu_1} - \sqrt{\mu_2}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}}$   
 $T = \frac{2\sqrt{\mu_1}}{\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}}$   
 $T - R = 1$

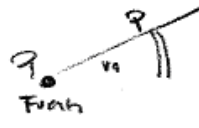
Comptes:  
 $R =$  Coef. de Reflexion  
 $T =$  Coef. de Transmissio  
 $\gamma_{01} =$  Onda Incidente  
 $\gamma_{01}' =$  Onda reflectada  
 $\gamma_{02} =$  Onda transmissada  
 $\mu =$  densitat linear de masses

*manera reflexio*

③

onda sonora

$f = 1000 \text{ Hz}$   
 $P_0 = 1,013 \cdot 10^5$   
 $D_0 = 80 \text{ dB}$   
 $\rho = 1,29$   
 $v = 340 \text{ m/s}$



$\omega = 2\pi f$   
 $\omega = 2\pi \cdot 1000$   
 $\omega = 6283,18$

~~$k = \frac{\omega}{v} = \frac{6283,18}{340} = 18,47$~~

$I = I_0 \cdot 10^{\frac{D_0}{10}}$   
 $I = 10^{-12} \cdot 10^8$   
 $I = 10^{-4} \left[ \frac{\text{Watt}}{\text{m}^2} \right]$

~~$\xi = \frac{P_0}{\rho \omega^2 k}$~~   
 ~~$\xi = \frac{1,013 \cdot 10^5}{1,29 \cdot 340^2 \cdot 18,47}$~~   
 ~~$\xi = 0,037 \text{ m}$~~

~~$I = \frac{P}{A} = \frac{P_0^2}{2 \rho_0 v} = \frac{(1,013 \cdot 10^5)^2}{1,29 \cdot 2 \cdot 340} = 1,16 \cdot 10^9$~~

$\langle P \rangle = \frac{1}{2} \omega^2 \rho_0 v A \xi^2$   
 ~~$\langle P \rangle = \frac{1}{2} \cdot 6283,18^2 \cdot 1,29 \cdot 340 \cdot \pi r^2 \cdot 0,037^2$~~   
 ~~$\langle P \rangle = \frac{1}{2} \cdot 6283,18^2 \cdot 1,29 \cdot 340 \cdot \pi \cdot 3^2 \cdot 0,037^2$~~   
 ~~$\langle P \rangle = 1,34 \cdot 10^9 \text{ [Watt]}$~~

~~$I = \frac{P_0^2}{2 \rho_0 v}$~~

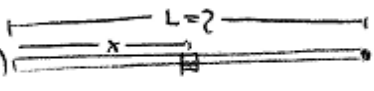
~~$I = \frac{P_0^2}{2 \rho_0 v}$~~   
 ~~$10^{-4} \cdot 2 \cdot 1,29 \cdot 340 = P_0^2$~~

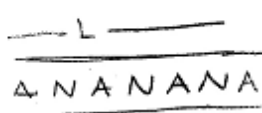
~~$10^{-4} \cdot 2 \cdot 1,29 \cdot 340 = P_0^2$~~   
 ~~$P_0 = 0,29 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$~~

- Concepts
- $P_0$  = Sobre presión
  - $I$  = Intensidad
  - $\langle P \rangle$  = Potencia media
  - $\xi$  = Amplitud de desplazamiento
  - $\rho_0$  = Amplitud sobre presión

- Principios
- $I = I_0 \cdot 10^{\frac{D_0}{10}}$
  - $I_0 = 10^{-12}$
  - $P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0$
  - $I = \frac{P_0^2}{2 \rho_0 v}$
  - $\langle P \rangle = \frac{1}{2} \omega^2 \rho_0 v A \xi^2$

4


 $n \cdot \frac{\lambda}{2} = L$  con  $n = 1$   
 $\lambda = 2L$


 tubo Abierto (2)  
 $L = 0,204$   
 $v_{\text{air}} \rightarrow 100 \text{ cm} = 20,4 \text{ m}$

$f_1 = \frac{v}{2L}$

$v = \sqrt{\frac{\gamma}{\rho}} = \sqrt{\frac{1,2 \cdot 10^4}{8,1 \cdot 10^3}}$   
 $v = 3753,35 \text{ (u/s)}$

$f_n = 4 \frac{v}{2L} = \frac{2v}{L}$   
 $f_2 = \frac{2v}{L}$

en Resonancia -  
 $f_1 = f_2$   
 $\frac{v_1}{2L} = \frac{2v_2}{L}$   
 $\frac{340}{2 \cdot 0,204} = \frac{2 \cdot 3753,35}{L}$   
 $L = 9,08 \text{ m}$

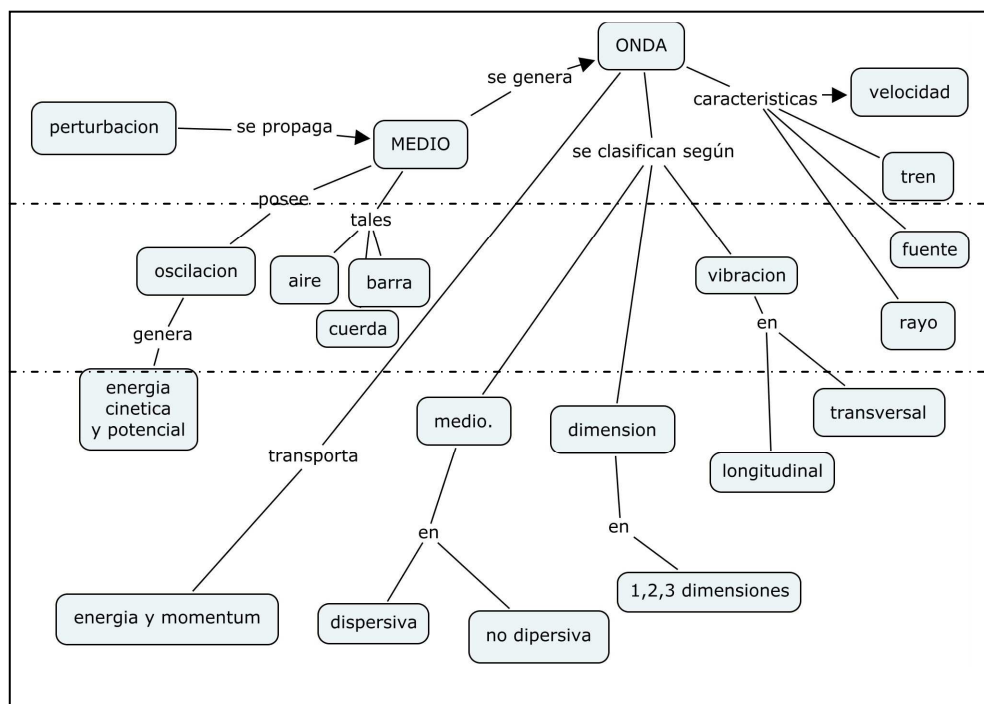
con  $n = 1$   
 $\lambda = 2L$   
 $\lambda = 2 \cdot 9,08$   
 $1 \lambda = 18,16 \text{ m}$

Conceptos  
 $\gamma$  = módulo de Young  
 $v$  = velocidad  
 $f$  = frecuencia  
 $L$  = largo  
 $\lambda$  = longitud de onda  
 $n$  = número de superpulsos

Principios  
 $f_1 = f_2$  Resonancia  
 $v = \lambda \cdot f \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda}$   
 $v = \sqrt{\frac{\gamma}{\rho}}$

## 5.2 Mapas conceptuales

### Mapa conceptual alumno 1 sobre la Introducción



Conceptos del alumno 1. Introducción

Proposiciones del alumno 1. Introducción

Desglose del Cmap

Proposiciones | Esquema del Cmap

Conceptos | Palabras de Enlace

Escriba un Concepto y presione Entrada

Concepto	Entr...	Sali...
dimension	1	1
medio.	1	1
cuerda	1	0
perturbacion	0	1
fuerza	1	0
aire	1	0
tren	1	0
longitudinal	1	0
transversal	1	0
energía cinética y potencial	1	0
MEDIO	1	3
velocidad	1	0
oscilacion	1	1
energía y momento	1	0
ONDA	1	3
no dispersiva	1	0
rayo	1	0
barra	1	0
vibracion	1	1
1,2,3 dimensiones	1	0
dispersiva	1	0

Desglose del Cmap

Conceptos | Palabras de Enlace

Proposiciones | Esquema del Cmap

Escriba una Proposición y presione Entrada

Concepto	Palabra de...	Concepto
MEDIO	tales	aire
MEDIO	tales	barra
ONDA	se clasifican s...	dimension
ONDA	características	fuerza
perturbacion	se propaga	MEDIO
ONDA	características	tren
MEDIO	se genera	ONDA
oscilacion	genera	energía cineti...
ONDA	transporta	energía y mo...
ONDA	se clasifican s...	vibracion
medio.	en	no dispersiva
dimension	en	1,2,3 dimensi...
medio.	en	dispersiva
ONDA	se clasifican s...	medio.
vibracion	en	transversal
MEDIO	tales	cuerda
ONDA	características	velocidad
MEDIO	posee	oscilacion
ONDA	características	rayo
vibracion	en	longitudinal



A continuación se presenta la pauta usada para evaluar el mapa conceptual sobre la Introducción, es validada por expertos.

Pauta mapaconceptual:  
Introducción

	<b>Conceptos</b>	<b>relevancia</b>	<b>jerarquía</b>
1	Ondas	2	3
2	Perturbación	2	3
3	Medio	2	3
4	Energía	2	3
5	Momentum	2	3
6	velocidad de propagación	2	2
7	Frecuencia	2	2
8	longitud de onda	2	2
9	Oscilación	1	2
10	Dispersivo	1	1
11	no dispersivo	1	1
12	Transversal	1	1
13	Longitudinal	1	1
14	Aire	1	1
15	Cuerda	1	1
16	Barra	1	1
17	Dimensión	1	1
	total puntaje	<b>25</b>	<b>31</b>

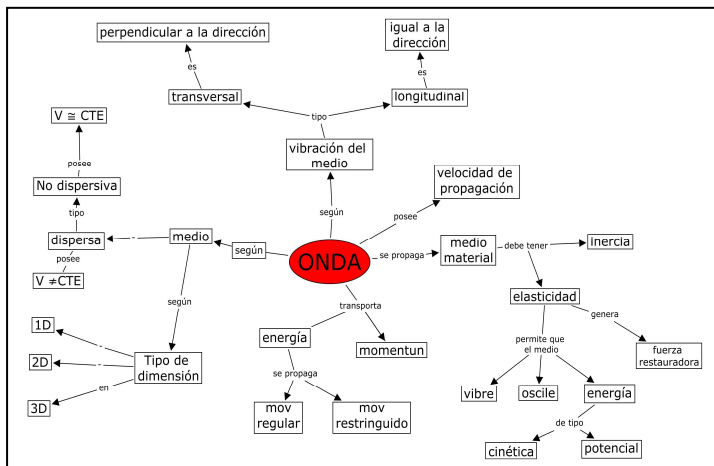
La aplicación de la pauta y el criterio del cmap, conduce a los resultados para los seis casos, para el primer mapa conceptual, sobre la introducción.

#### **Evaluación sobre mapa conceptual sobre la Introducción**

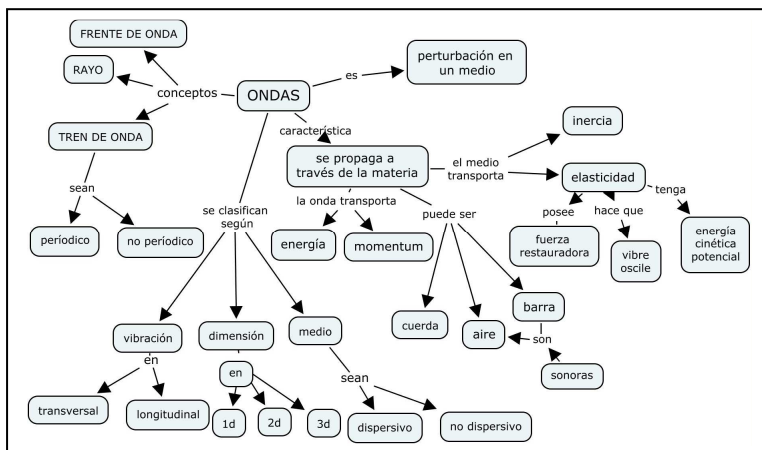
Alumno	Conceptos 25	Jerarquía 31	Proposiciones 25	Nota
Alumno1	22	23	19	<b>5,8</b>
Alumno2	16	16	13	<b>4,4</b>
Alumno3	17	19	19	<b>5,1</b>
Alumno4	22	24	16	<b>5,6</b>
Alumno5	24	25	12	<b>5,5</b>
Alumno6	18	21	16	<b>5,1</b>

A continuación se muestran los restantes mapas conceptuales de la introducción.

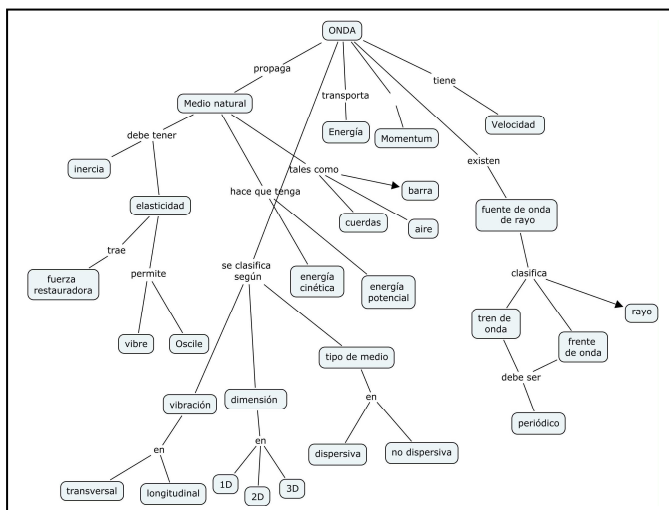
Mapa conceptual alumno 2.



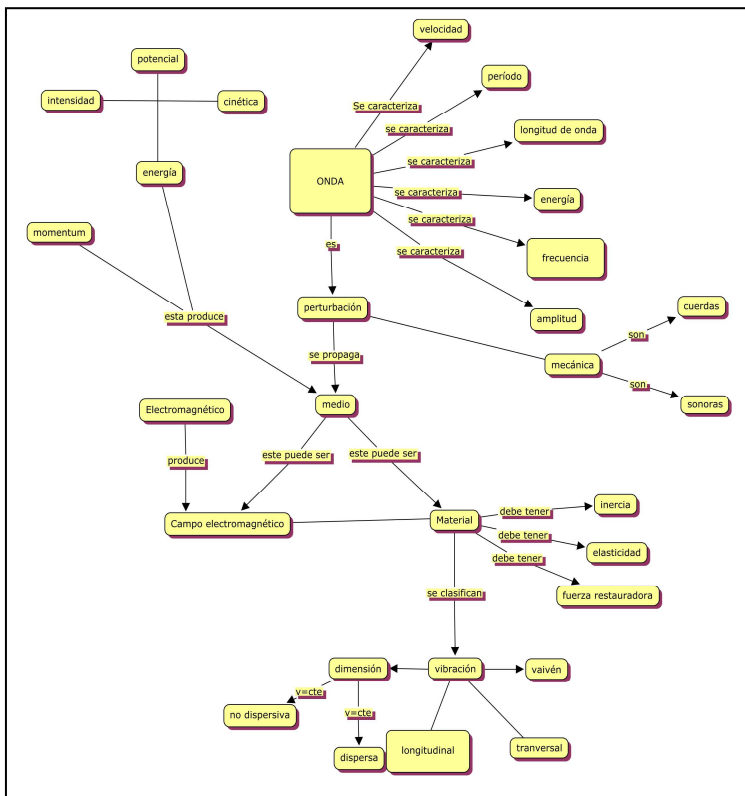
Mapa conceptual sobre Introducción: alumno3



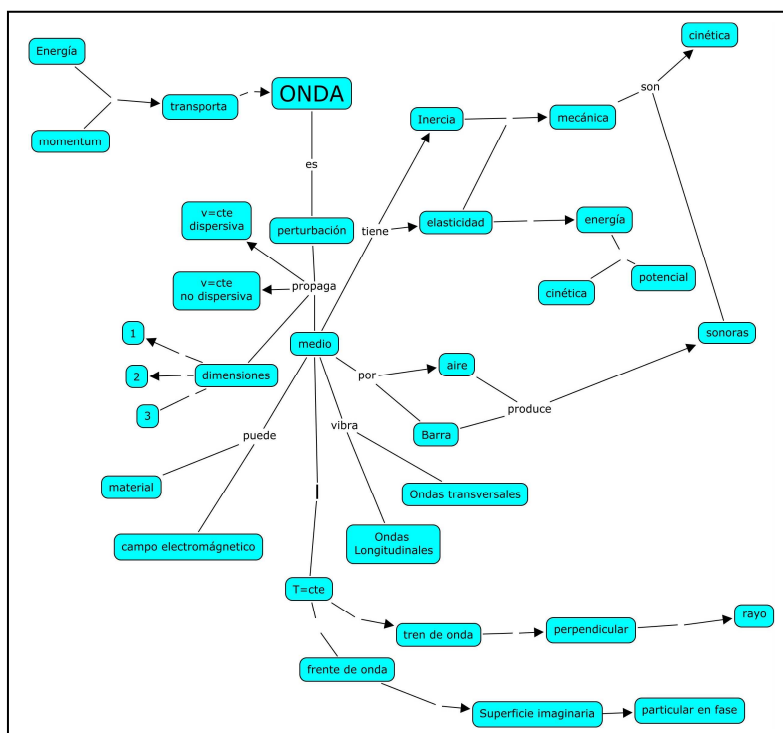
Mapa conceptual sobre Introducción: alumno 4



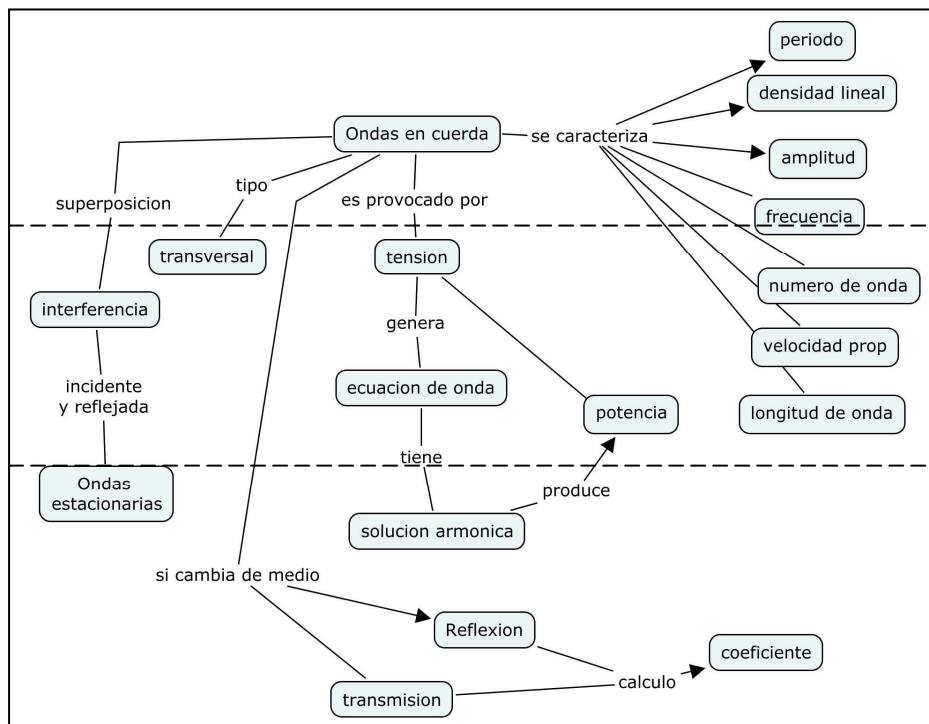
Mapa conceptual sobre Introducción: alumno 5



Mapa conceptual sobre Introducción: alumno 6



Mapa conceptual alumno 1 sobre las Ondas en cuerdas.



Conceptos del alumno 1.  
Ondas cuerdas

Proposiciones del alumno 1.  
Ondas en cuerdas

Desglose del Cmap

Concepto	Palabra de enlace	Concepto
solucion armonica	produce	potencia
Ondas en cuerda	se caracteriza	longitud de onda
Ondas en cuerda	se caracteriza	numero de onda
tension	.	potencia
Reflexion	calculo	coeficiente
Ondas en cuerda	superposicion	interferencia
Ondas en cuerda	se caracteriza	amplitud
transmision	calculo	coeficiente
Ondas en cuerda	se caracteriza	frecuencia
Ondas en cuerda	se caracteriza	densidad lineal
Ondas en cuerda	si cambia de medio	Reflexion
Ondas en cuerda	es provocado por	tension
Ondas en cuerda	se caracteriza	velocidad prop
ecuacion de onda	tiene	solucion armonica
Ondas en cuerda	si cambia de medio	transmision
Ondas en cuerda	tipo	transversal
Ondas en cuerda	se caracteriza	periodo
interferencia	incidente y reflej...	Ondas estaciona...
tension	genera	ecuacion de onda

Desglose del Cmap

Concepto	Entradas	Salidas
Ondas en cuerda	0	5
numero de onda	1	0
amplitud	1	0
transmision	1	1
periodo	1	0
densidad lineal	1	0
tension	1	2
Ondas estacionarias	1	0
transversal	1	0
potencia	2	0
solucion armonica	1	1
coeficiente	1	0
velocidad prop	1	0
frecuencia	1	0
longitud de onda	1	0
Reflexion	1	1
ecuacion de onda	1	1
interferencia	1	1

A continuación se presenta la pauta usada para evaluar el mapa conceptual sobre Ondas en cuerdas, es validada por expertos.

Pauta mapa conceptual: Ondas en cuerdas

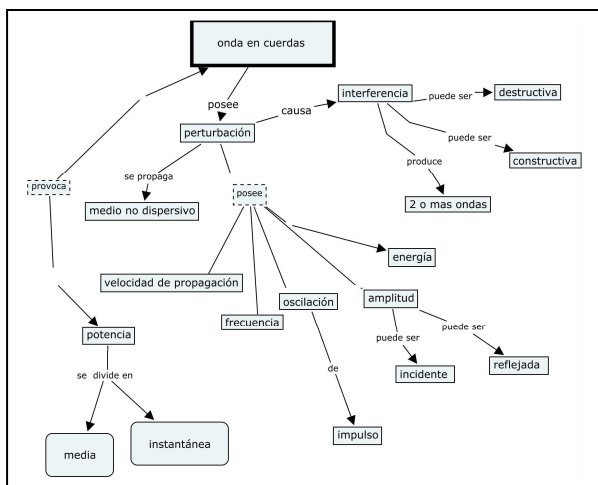
	<b>Conceptos</b>	<b>relevancia</b>	<b>jerarquía</b>
1	Energía	2	3
2	Ondas	2	3
3	Perturbación	2	3
4	Cuerda	2	3
5	Frecuencia	2	2
6	interferencia	2	2
7	longitud de onda	2	2
8	ondas estacionarias	2	2
9	Elongación	2	2
10	Potencia	2	2
11	velocidad de propagación	2	2
12	Antinodos	1	1
13	densidad lineal	1	1
14	Elasticidad	1	1
15	fuerza	1	1
16	no dispersivo	1	1
17	Nodos	1	1
18	Reflexión	1	1
19	Tensión	1	1
20	Transmisión	1	1
21	Transversal	1	1
	<b>total puntaje</b>	<b>32</b>	<b>36</b>

La aplicación de la pauta y el criterio del cmap, conduce a los resultados para los seis casos, para el segundo mapa conceptual, sobre las Ondas en cuerdas.

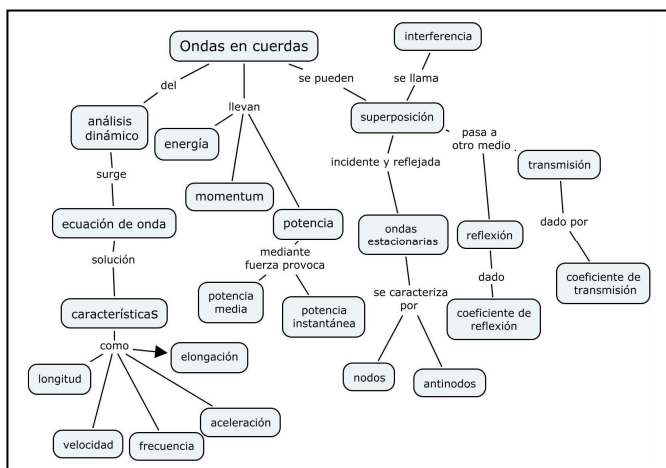
#### **Evaluación sobre mapa conceptual sobre Ondas en cuerdas**

Alumno	Conceptos	Jerarquía	Proposiciones	Nota
	32	36	16	
Alumno1	21	22	15	<b>5,4</b>
Alumno2	21	23	10	<b>4,8</b>
Alumno3	27	26	15	<b>6,0</b>
Alumno4	18	17	12	<b>4,6</b>
Alumno5	26	27	15	<b>6,0</b>
Alumno6	22	24	13	<b>5,3</b>

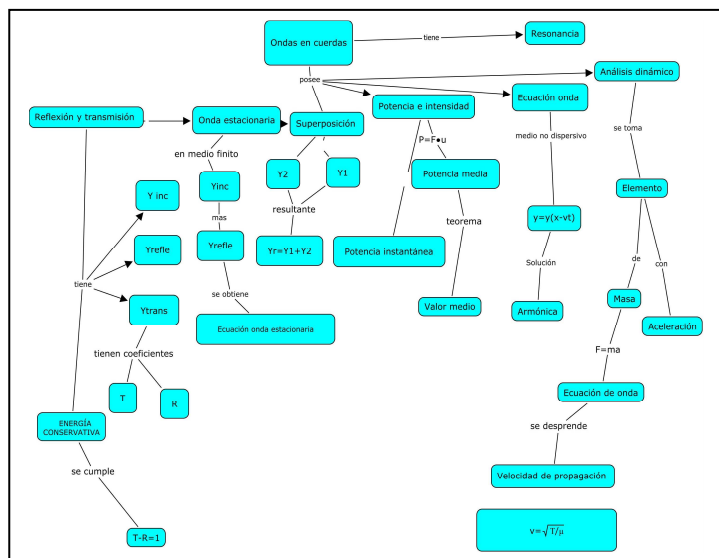
A continuación se muestran los restantes mapas conceptuales de Ondas en cuerdas.



Mapa conceptual sobre Ondas en cuerdas: alumno 2

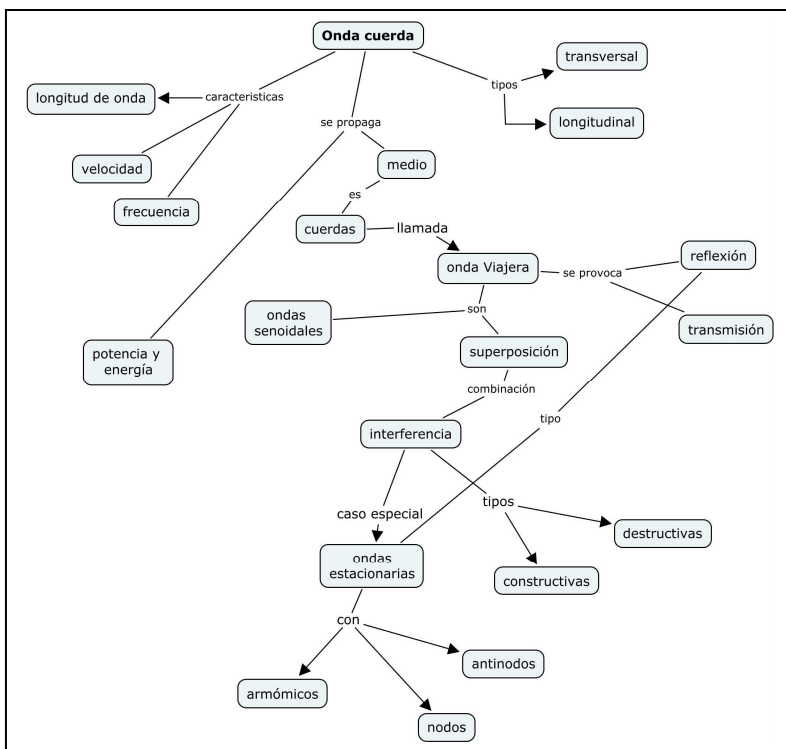


Mapa conceptual sobre Ondas en cuerdas: alumno 3

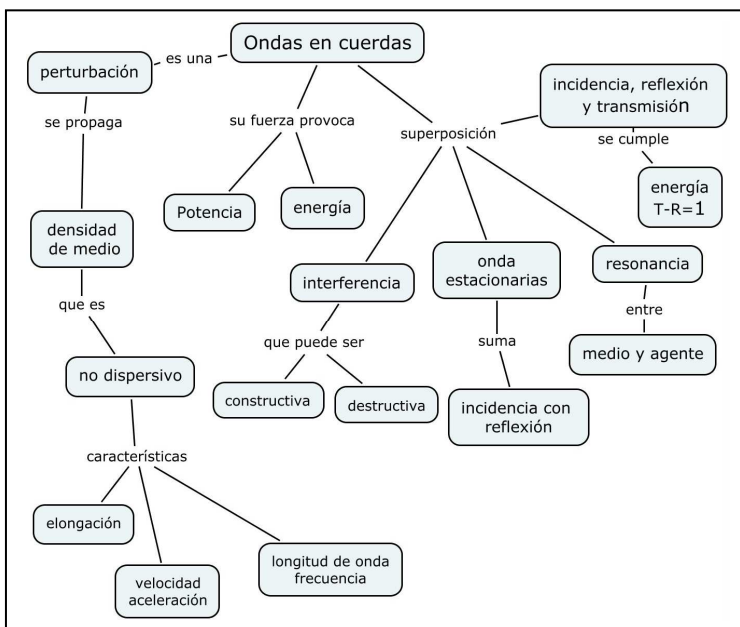


Mapa conceptual sobre Ondas en cuerdas: alumno 4

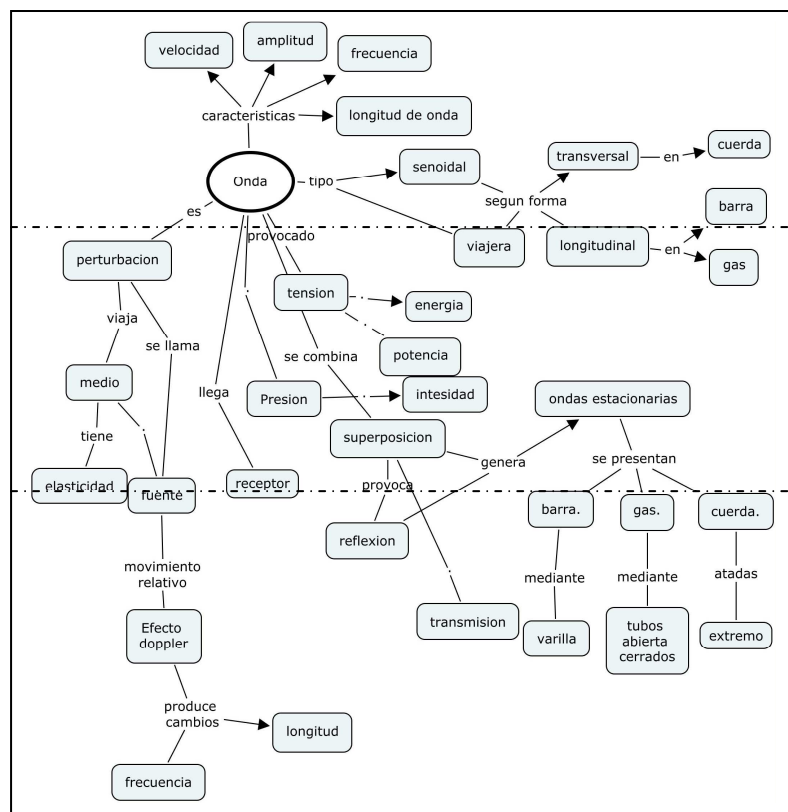
Mapa conceptual sobre Ondas en cuerdas: alumno 5



Mapa conceptual sobre Ondas en cuerdas: alumno 6



Mapa conceptual alumno 1 sobre las Ondas en mecánicas



Conceptos del alumno 1.  
Ondas mecánicas

Proposiciones del alumno 1.  
Ondas mecánicas

Desglose del Cmap

Concepto	Entradas	Salidas
amplitud	1	0
senoidal	1	1
Onda	0	7
viejera	1	1
transmision	1	0
longitud	1	0
superposicion	1	3
elasticidad	1	0
Fuente	2	1
receptor	1	0
perturbacion	1	2
potencia	1	0
varilla	1	0
reflexion	1	1
tension	1	2
frecuencia	1	0
extremo	1	0
barra	1	0
longitud de onda	1	0
transversal	1	1
Efecto doppler	1	1
medio	1	2
cuerda.	1	1
tubos abierta cerrados	1	0
intensidad	1	0
frecuencia	1	0
energia	1	0
cuerda	1	0
gas.	1	1
gas	1	0
longitudinal	1	1
velocidad	1	0
barra.	1	1
ondas estacionarias	1	1
Presion	1	1

Desglose del Cmap

Concepto	Palabra de enlace	Concepto
viejera	segun forma	longitudinal
longitudinal	en	barra
Presion	.	intensidad
medio	.	fuente
Efecto doppler	produce cambios	frecuencia
perturbacion	se llama	fuente
transversal	en	cuerda
Onda	provocado	tension
senoidal	segun forma	transversal
Efecto doppler	produce cambios	longitud
Onda	caracteristicas	frecuencia
gas.	mediante	tubos abierta cerrados
superposicion	genera	ondas estacionarias
reflexion	genera	ondas estacionarias
senoidal	segun forma	longitudinal
Onda	tipo	viejera
Onda	llega	receptor
ondas estacionarias	se presentan	gas.
tension	.	potencia
Onda	.	Presion
tension	.	energia
ondas estacionarias	se presentan	barra.
Onda	se combina	superposicion
viejera	segun forma	transversal
superposicion	provoca	reflexion
medio	tiene	elasticidad
superposicion	.	transmision
ondas estacionarias	se presentan	cuerda.
Onda	es	perturbacion
longitudinal	en	gas
Fuente	movimiento relativo	Efecto doppler
barra.	mediante	varilla
Onda	caracteristicas	longitud de onda
Onda	tipo	senoidal
Onda	caracteristicas	amplitud
Onda	caracteristicas	velocidad
cuerda.	atadas	extremo
perturbacion	vija	medio



A continuación se presenta la pauta usada para evaluar el mapa conceptual sobre Ondas en mecánicas, es validada por expertos.

**Pauta mapa conceptual: Ondas mecánicas**

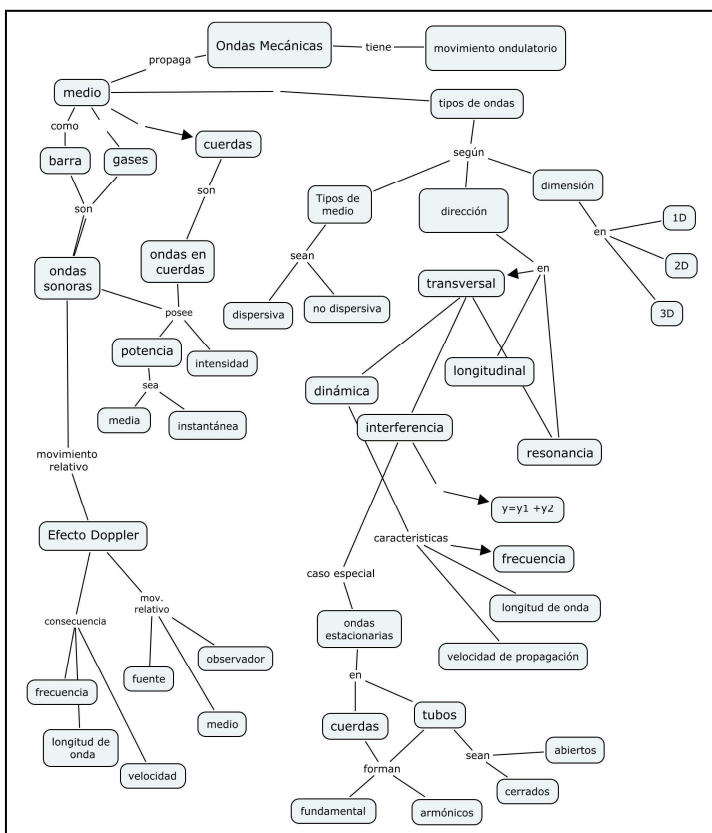
	<b>Conceptos</b>	<b>relevancia</b>	<b>jerarquía</b>
1	Energía	2	3
2	Ondas	2	3
3	Perturbación	2	3
4	Cuerda	2	3
5	Frecuencia	2	2
6	interferencia	2	2
7	longitud de onda	2	2
8	ondas estacionarias	2	2
9	Elongación	2	2
10	Potencia	2	2
11	velocidad de propagación	2	2
12	Tranversal	2	2
13	Longitudinal	2	2
14	Antinodos	1	1
15	densidad lineal	1	1
16	Elasticidad	1	1
17	fuerza	1	1
18	no dispersivo	1	1
19	Nodos	1	1
20	Reflexión	1	1
21	Tension	1	1
22	Transmisión	1	1
23	Doppler	1	1
24	Sobrepresión	1	1
25	Dispersivo	1	1
	<b>total puntaje</b>	<b>38</b>	<b>42</b>

La aplicación de la pauta y el criterio del cmap, conduce a los resultados para los seis casos, para el tercer mapa conceptual, sobre las Ondas mecánicas.

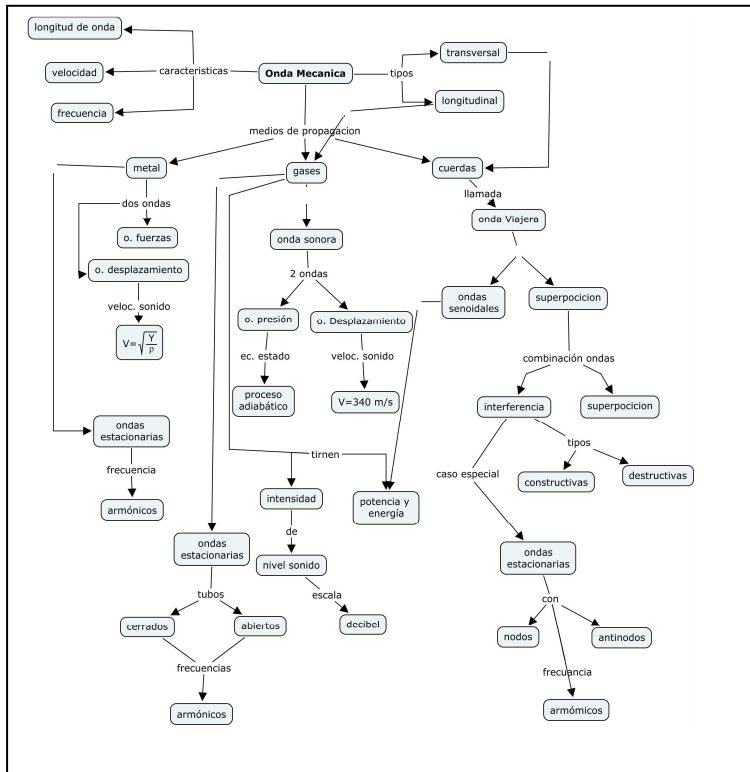
**Evaluación mapa conceptual: Ondas mecánicas**

Alumno	Conceptos	Jerarquía	Proposiciones	Nota
	38	42	24	
Alumno1	36	34	22	<b>6,3</b>
Alumno2	26	25	14	<b>4,7</b>
Alumno3	35	31	10	<b>5,2</b>
Alumno4	29	28	15	<b>5,1</b>
Alumno5	30	28	17	<b>5,3</b>

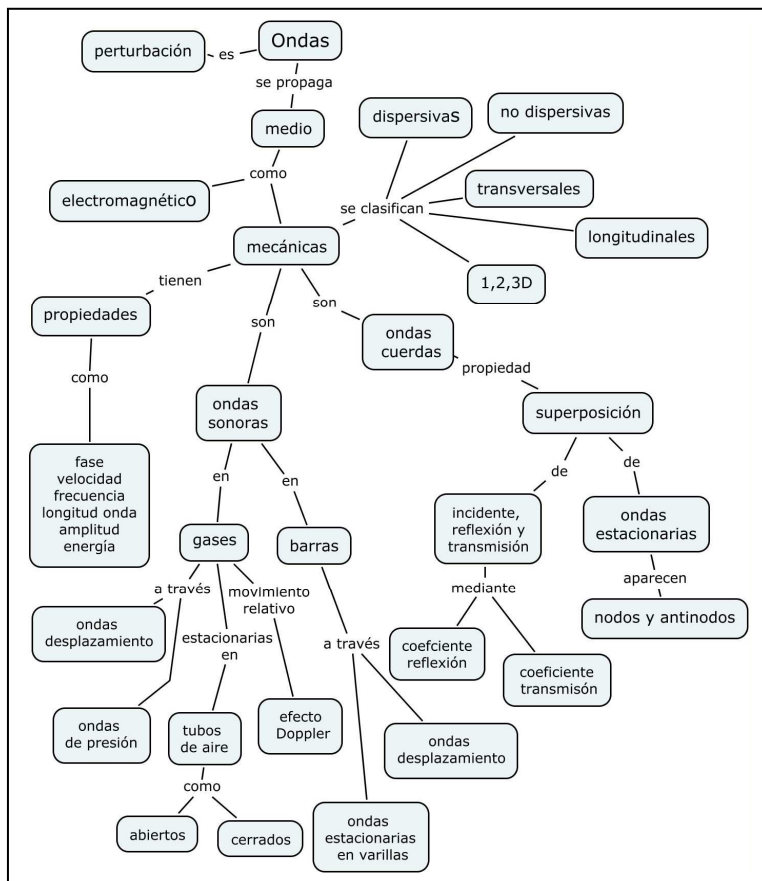




Mapa conceptual sobre Ondas mecánicas: alumno 4



Mapa conceptual sobre Ondas meccánicas: alumno 5



Mapa conceptual sobre Ondas mecánicas: alumno 6

### 5.3 Foros de discusión producto de las ayudantías

#### Ayudantía 1

- 1.- Una onda senoidal en una cuerda se describe por medio de la ecuación:  
 $y = 0.50 \text{ sen } (\pi x - 3\pi t)$ , donde  $x$  e  $y$  están en (cm) y  $t$  en (seg). ¿Qué distancia se mueve un punto de la cresta en 2.8 seg?

$$y_m = 0,5 \text{ (cm)}$$

$$k = \pi \text{ (1/cm)}$$

$$w = 3 \pi \text{ (rad/7)}$$

$$y = y_m \text{ sen}(kx - wt)$$

En la cresta  $y = y_m = 0,5 \text{ (cm)} = y_0$

$$0,5 = 0,5 \text{ sen}(\pi x) \Rightarrow \text{sen}(\pi x) = 1$$

$$(\pi x) = \pi/2, 5\pi/2, \dots \Rightarrow x = 1/2, 5/2, \dots \text{ (cm)}$$

para  $t = 2,8 \text{ (s)}$   $x = 1/2$

$$y_1 = 0,5 \text{ sen } (\pi \cdot 1/2 - 3\pi \cdot 2,8) = 0,155 \text{ (cm)}$$

$$d = y_0 - y_1 = 0,5 - 0,155 = 0,345 \text{ (cm)}$$

2.- La diferencia de fase en una onda de propagación transversal, en una cuerda, entre dos puntos separados 2 (m) es de  $5\pi$  (rad). Si la cuerda tiene una densidad lineal de masa de  $3 \cdot 10^{-4}$  (Kg/m) y esta sometida a una tensión de 1,96 (nt). Determine la velocidad de propagación y la frecuencia de la onda.

$$\begin{aligned} \Delta x &= 2 \text{ (m)} & \Delta \phi_{\Delta x} &= k \Delta x \\ \Delta \phi_{\Delta x} &= 5 \pi \text{ (rad/s)} & k &= 5\pi/2 = 2,5 \pi \text{ (m}^{-1}\text{)} & \lambda &= (2\pi/k) = 0,8 \text{ (m)} \\ \mu &= 3 \cdot 10^{-4} \text{ (Kg/m)} & v &= \sqrt{\frac{T}{\mu}} = \sqrt{\frac{1,96}{0,0003}} = 80 \text{ (m/s)} \\ T &= 1,96 \text{ (nt)} \\ v &= ? \\ f &= ? & v &= \lambda f & f &= v/\lambda = 80/0,8 = 100 \text{ (Hz)} \end{aligned}$$

3.- La aceleración de cada punto de una cuerda, de una onda transversal, está dado por la siguiente ecuación:  $a(x,t) = -400 \cos(0,3x - 40t)$  en (m/seg<sup>2</sup>), x en (m), t en seg. Encontrar la longitud de la onda y la elongación de un punto de la cuerda ubicado a 2 (m) en  $t = 4$  seg.

$$\begin{aligned} Y_m w^2 &= 400 & y_m &= 400/40^2 = 0,25 \text{ (m)} \\ w &= 40 \text{ (rad/s)} \\ k &= 0,3 \text{ (m}^{-1}\text{)} & y &= y_m \sin(0,3 \cdot 2 - 40 \cdot 4) = -0,18 \text{ (m)} \\ y &= ? \text{ cuando } x=2 \text{ (m), } t=4 \text{ (s)} \\ \lambda &= 2\pi/k = 20,9 \text{ (m)} \end{aligned}$$

4.- Una cuerda tensa tiene una masa de 0.18 Kg y una longitud de 3,6 (m). ¿Qué potencia debe suministrarse para generar ondas senoidales con amplitud de 0,10 (m) y una longitud de onda de 0,5 (m), y cuya velocidad sea de 30 (m/seg).

$$\begin{aligned} m &= 0,18 \text{ (Kg)} & k &= 2\pi/\lambda = 4\pi \text{ (m}^{-1}\text{)} \\ L &= 3,6 \text{ (m)} & kv = w &\Rightarrow w = 4\pi \cdot 30 = 120 \pi \text{ (rad/s)} \\ P &= ? & \mu &= m/L = 0,18 / 3,6 = 0,05 \text{ (Kg/m)} \\ y_m &= 0,1 \text{ (m)} & v &= \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow T = v^2 \mu = 30^2 \cdot 0,05 = 45 \text{ (nt)} \\ \lambda &= 0,5 \text{ (m)} & P &= \frac{1}{2} y_m^2 k w T = 1064,8 \text{ (w)} \\ v &= 30 \text{ (m/s)} \end{aligned}$$

## Resultados de Foro 1

## Pregunta 1

Alumnos	Conceptos (8)	Principios (3)
<b>Pauta</b>	Amplitud, elongación, número de onda, frecuencia angular, posición, tiempo, onda, diferencia fase	$y = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$ , $\text{sen}(\pi x) = 1$ , $d = y_0 - y_1$
<i>Alumno 1</i>	Amplitud, número de onda, frecuencia angular, elongación, diferencia fase	$y = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$
<i>Alumno 2</i>	Elongación, longitud de onda, amplitud, fase	$y = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$
<i>Alumno 3</i>	Amplitud, número de onda, fase inicial, frecuencia	$y = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$
<i>Alumno 4</i>	Amplitud, número de onda, fase, diferencia de elongación	Solución de ecuación de onda
<i>Alumno 5</i>	Número de onda, Ecuación de onda, frecuencia, elongación	$y = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$
<i>Alumno 6</i>	Frecuencia, número de onda, longitud de onda	Solución de ecuación de onda

## Pregunta 2

Alumno	Conceptos (7)	Principios (4)
<b>Pauta</b>	Diferencia de fase de movimiento, número de onda, frecuencia, tensión, longitud de onda, densidad lineal, separación espacial.	$\Delta\phi_{\Delta x} = k \Delta x$ , $v = \sqrt{T/\mu}$ $v = \lambda f$ $\lambda = (2\pi/k)$
<i>Alumno 1</i>	Diferencia de fase de movimiento, número de onda, frecuencia, tensión, longitud de onda, densidad lineal	$\Delta\phi_{\Delta x} = k \Delta x$ , $v = \sqrt{T/\mu}$ $v = \lambda f$
<i>Alumno 2</i>	fase de movimiento, número de onda, velocidad, frecuencia, tensión, longitud de onda, densidad lineal	$\Delta\phi_{\Delta x} = k \Delta x$ , $v = \sqrt{T/\mu}$ $v = \lambda f$
<i>Alumno 3</i>	número de onda, velocidad, frecuencia, tensión, longitud de onda, densidad lineal de masa, diferencia de fase	$\Delta\phi_{\Delta x} = k \Delta x$ , $v = \sqrt{T/\mu}$ $v = \lambda f$
<i>Alumno 4</i>	Diferencia fase de movimiento, número de onda, velocidad, frecuencia, tensión, longitud de onda, densidad lineal	$\Delta\phi_{\Delta x} = k \Delta x$ , $v = \sqrt{T/\mu}$ $v = \lambda f$
<i>Alumno 5</i>	Diferencia de fase de movimiento, número de onda, velocidad, frecuencia, longitud de onda,	$\Delta\phi_{\Delta x} = k \Delta x$ , $v = \lambda f$
<i>Alumno 6</i>	Velocidad, tensión, longitud de onda, densidad lineal, frecuencia	$v = \sqrt{T/\mu}$ $v = \lambda f$

## Pregunta 3

Alumno	Conceptos (9)	Principios (3)
<b>Pauta</b>	Amplitud, número de onda, fase, elongación, frecuencia, aceleración, longitud de onda, posición, tiempo.	$y = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$ , $\lambda = (2\pi/k)$ $a = -\omega^2 y$
<i>Alumno 1</i>	Amplitud, número de onda, frecuencia angular, elongación, aceleración	$y = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$ $a = -\omega^2 y$
<i>Alumno 2</i>	Elongación, longitud de onda, amplitud, aceleración, frecuencia angular,	$a = -\omega^2 y_m \text{sen}(kx - \omega t)$ $y = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$
<i>Alumno 3</i>	Amplitud, número de onda, frecuencia angular,	$y = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$
<i>Alumno 4</i>	Amplitud, número de onda, fase, elongación, frecuencia, aceleración, longitud de onda	$y = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$ $a = -\omega^2 y$
<i>Alumno 5</i>	Número de onda, Ecuación de onda, frecuencia, elongación, longitud de onda	$y = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$ $a = -\omega^2 y_m \text{sen}(kx - \omega t)$
<i>Alumno 6</i>	Frecuencia, número de onda, longitud de onda, amplitud, aceleración	$a = -\omega^2 y_m \text{sen}(kx - \omega t)$

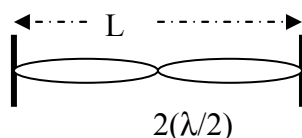
**Pregunta 4**

Alumno	Conceptos (9)	Principios (5)
<b>Pauta</b>	Frecuencia, número de onda, longitud de onda, tensión, densidad lineal, velocidad, potencia, masa, amplitud.	$k = 2\pi/\lambda$ , $kv = w$ , $\mu = m/L$ , $v = \sqrt{T/\mu}$ , $P = \frac{1}{2} y_m^2 k w T$
Alumno 1	número de onda, velocidad, frecuencia angular, elongación, densidad lineal de masa, potencia,	$k = 2\pi/\lambda$ , $kv = w$ , $\mu = m/L$ , $v = \sqrt{T/\mu}$ , $P = \frac{1}{2} y_m^2 k w T$
Alumno 2	Elongación, longitud de onda, amplitud, aceleración, frecuencia angular, potencia	$P = \frac{1}{2} y_m^2 k w T$ , $kv = w$ $\mu = m/L$ , $v = \sqrt{T/\mu}$
Alumno 3	Amplitud, número de onda, frecuencia angular, potencia, tensión, densidad de masa	$k = 2\pi/\lambda$ , $kv = w$ $v = \sqrt{T/\mu}$ , $P = \frac{1}{2} y_m^2 k w T$
Alumno 4	Amplitud, número de onda, fase, elongación, frecuencia, potencia, longitud de onda	$P = \frac{1}{2} y_m^2 k w T$ $\mu = m/L$ , $v = \sqrt{T/\mu}$
Alumno 5	Número de onda, frecuencia, elongación, longitud de onda, potencia, amplitud	$k = 2\pi/\lambda$ , $kv = w$ , $v = \sqrt{T/\mu}$ $P = \frac{1}{2} y_m^2 k w T$
Alumno 6	Frecuencia, número de onda, longitud de onda, tensión, densidad lineal, velocidad, potencia	$kv = w$ , $v = \sqrt{T/\mu}$ $P = \frac{1}{2} y_m^2 k w T$

**Ayudantía 2**

1.- Determinar la tensión que debe aplicarse a una cuerda de largo 4 (m) para que se produzca una onda estacionaria en el segundo armónico. La cuerda está vibrando con frecuencia de 100 (Hz), tiene una densidad lineal de masa  $\mu = 0,0010$  (Kg/m)

Segundo armónico



$$\lambda = L = 4$$

$$L = 4 \text{ (m)}$$

$$f = 100 \text{ (Hz)}$$

$$\mu = 0,001 \text{ (Kg/m)}$$

$$v = \lambda f = 4 \cdot 100 = 400 \text{ (m/s)}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}, \quad T = v^2 \mu = (400)^2 \cdot 10^{-3}$$

$$T = 160 \text{ (Nt)}$$



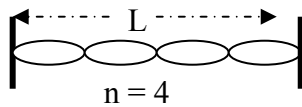
2.- La velocidad de cualquier punto de una onda estacionaria está dado por la ecuación:  $u(x,t) = - 70 \text{ sen}(0,25 x) \text{ sen}(140 t)$ , en (cm/seg), donde  $x$  en cm  $t$  en seg. Determine la longitud que debe tener la cuerda para que esta tenga cuatro vientre, y la velocidad de propagación de la onda.

$$u(x,t) = - 70 \text{ sen}(0,25 x) \text{ sen}(140 t)$$

$$n = 4$$

$$L = ?$$

$$v = ?$$



$$y = y(x,t) = y_m \text{ sen } kx \cos wt$$

$$u = u(x,t) = - w \cdot 2 y_m \text{ sen } kx \text{ sen } wt$$

$$k = 0,25 \text{ (1/cm)}, \quad w = 140 \text{ (rad/s)}$$

$$2 y_m = \pm 70 \text{ (cm/s)}$$

$$\lambda = 2\pi/k = 2 \cdot 3,14 / 0,25 = 25,1 \text{ (cm)}$$

$$kv = w$$

$$0,25 \cdot v = 140$$

$$v = 560 \text{ (cm/s)}$$

$$n (\lambda/2) = L$$

$$L = 4 (25,1/2) = 50,2 \text{ (cm)}$$

3.- Desde una cuerda (1) incide un pulso de amplitud  $A$ , y se genera un pulso reflejado en la cuerda (1) y uno transmitido en la cuerda (2). El coeficiente de transmisión es 1,5. Determinar la amplitud de la onda reflejada y la transmitida.

$$y_{01} = A$$

$$y_{01}' = ?$$

$$y_{02} = ?$$

$$T = 1,5$$

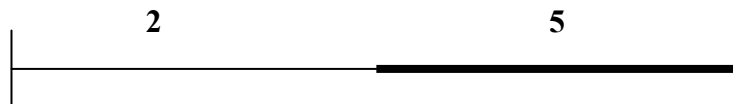
$$T = (y_{02} / y_{01})$$

$$y_{02} = T y_{01} = 1,5 A$$

$$y_{01} + y_{01}' = y_{02}$$

$$y_{01}' = y_{02} - y_{01} = 1,5A - A = 0,5 A$$

4.- Determinar el coeficiente de reflexión y transmisión para una onda estacionaria que se produce en dos cuerda unidas, del mismo largo, de manera tal, que en la primera cuerda existen dos semilongitudes de onda y en la otra 5 semilongitudes de onda. El nudo coincide con un nodo. La frecuencia para esta onda 100 (Hz).



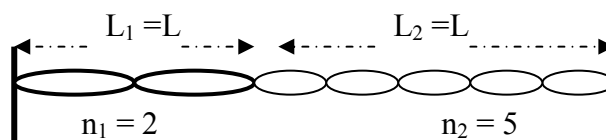
$$f_1 = f_2 = f$$

$$n_1 = 2$$

$$n_2 = 5$$

$$f = 100 \text{ (Hz)}$$

$$L_1 = L_2 = L$$



$$n_1 (\lambda_1/2) = L, \quad 2((\lambda_1/2) = L, \quad \lambda_1 = L$$

$$n_2 (\lambda_2/2) = L, \quad 5((\lambda_2/2) = L, \quad \lambda_2 = (2/5) L$$

$$v_1 = \lambda_1 f_1 \quad v_2 = \lambda_2 f_2$$

$$R = (v_2 - v_1) / (v_2 + v_1) = (\lambda_2 - \lambda_1) / (\lambda_2 + \lambda_1)$$

$$R = - (3/7)$$

$$T = (2v_2) / (v_2 + v_1) = (2\lambda_2) / (\lambda_2 + \lambda_1)$$

$$T = (4/7)$$

## Resultados de Foro 2

### Pregunta 1

Alumno	Conceptos (8)	Principios (3)
<b>Pauta</b>	velocidad, frecuencia , tensión, densidad lineal de masa, número de semi longitud de onda, nodos, armónicos, ondas estacionarias	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ , $n\lambda/2 = L$
<i>Alumno 1</i>	velocidad, frecuencia , tensión, densidad lineal de masa, número de semi longitud de onda, nodos, armónicos, ondas estacionarias	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ , $n\lambda/2 = L$
<i>Alumno 2</i>	longitud de onda, tensión, densidad lineal de masa, frecuencia, velocidad, número de semi longitudes de onda, largo cuerda, ondas estacionarias	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ , $n\lambda/2 = L$
<i>Alumno 3</i>	frecuencia, tensión, densidad de masa, nodos, longitud de onda, largo cuerda, ondas estacionarias	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$
<i>Alumno 4</i>	frecuencia, velocidad, longitud de onda, número de nodos, largo cuerda, tensión, densidad de masa	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ , $n\lambda/2 = L$
<i>Alumno 5</i>	frecuencia, longitud de onda, velocidad, tensión, densidad de masa, ondas estacionarias	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ ,
<i>Alumno 6</i>	Velocidad, frecuencia, longitud de onda, velocidad, tensión, densidad de masa, onda estacionarias	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ ,

**Pregunta 2**

Alumno	Conceptos (9)	Principios (6)
<b>Pauta</b>	velocidad, frecuencia, tensión, densidad lineal de masa, número de semi longitud de onda, nodos, armónicos, ondas estacionarias.	$y = y_m \text{sen} kx \cos \omega t$ , $w = kv$ $u = -w y_m \text{sen} kx \text{sen} \omega t$ , $k = 2\pi/\lambda$ $v = \lambda f$ , $n\lambda/2 = L$
<i>Alumno 1</i>	velocidad, frecuencia, tensión, densidad lineal de masa, número de semi longitud de onda, nodos, armónicos, ondas estacionarias	$y = y_m \text{sen} kx \cos \omega t$ $u = -w y_m \text{sen} kx \text{sen} \omega t$ $V = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ , $n\lambda/2 = L$
<i>Alumno 2</i>	longitud de onda, tensión, densidad lineal de masa, frecuencia, velocidad, número de semi longitudes de onda, largo cuerda, ondas estacionarias	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ , $n\lambda/2 = L$ $u = -w y_m \text{sen} kx \text{sen} \omega t$ $y = y_m \text{sen} kx \cos \omega t$
<i>Alumno 3</i>	frecuencia, tensión, densidad de masa, nodos, longitud de onda, largo cuerda, ondas estacionarias	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ $y = y_m \text{sen} kx \cos \omega t$
<i>Alumno 4</i>	frecuencia, velocidad, longitud de onda, número de nodos, largo cuerda, tensión, densidad de masa	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ , $n\lambda/2 = L$ $y = y_m \text{sen} kx \cos \omega t$
<i>Alumno 5</i>	frecuencia, longitud de onda, velocidad, tensión, densidad de masa, ondas estacionarias	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ , $u = -w y_m \text{sen} kx \text{sen} \omega t$
<i>Alumno 6</i>	Velocidad, frecuencia, longitud de onda, velocidad, tensión, densidad de masa, onda estacionarias	$v = \sqrt{T/\mu}$ , $v = \lambda f$ , $u = -w y_m \text{sen} kx \text{sen} \omega t$

**Pregunta 3**

Alumno	Conceptos (6)	Principios (3)
<b>Pauta</b>	Pulso, amplitud, reflexión, transmisión, coeficiente de reflexión, coeficiente de transmisión.	$R = y_{01}'/y_{01}$ , $T = y_{02}/y_{01}$ $y_{01} + y_{01}' = y_{02}$
<i>Alumno 1</i>	amplitud, reflexión, transmisión, coeficiente de reflexión, coeficiente de transmisión.	$R = y_{01}'/y_{01}$ , $T = y_{02}/y_{01}$ $y_{01} + y_{01}' = y_{02}$
<i>Alumno 2</i>	amplitud, coeficiente de reflexión, transmisión, coeficiente de transmisión.	$T = y_{02}/y_{01}$ , $y_{01} + y_{01}' = y_{02}$
<i>Alumno 3</i>	amplitud, transmisión, coeficiente de transmisión.	$T = y_{02}/y_{01}$ $y_{01} + y_{01}' = y_{02}$
<i>Alumno 4</i>	amplitud, reflexión, transmisión, coeficiente de reflexión, coeficiente de transmisión.	$T = y_{02}/y_{01}$ $y_{01} + y_{01}' = y_{02}$
<i>Alumno 5</i>	amplitud, coeficiente de transmisión.	$T = y_{02}/y_{01}$ , $y_{01} + y_{01}' = y_{02}$
<i>Alumno 6</i>	amplitud, transmisión, coeficiente de transmisión.	$T = y_{02}/y_{01}$ , $y_{01} + y_{01}' = y_{02}$

**Pregunta 4**

Alumno	Conceptos (9)	Principios (4)
<b>Pauta</b>	Reflexión, transmisión, coeficiente de reflexión, coeficiente de transmisión, nodos, longitud de onda, velocidad, frecuencia, ondas estacionarias	$R = (v_2 - v_1)/(v_1 + v_2)$ , $T = 2v_2/(v_1 + v_2)$ $V = \lambda f$ , $n(\lambda/2) = L$
<i>Alumno 1</i>	reflexión, transmisión, coeficiente de reflexión, coeficiente de transmisión, nodos, longitud de onda,	$R = (v_2 - v_1)/(v_1 + v_2)$ , $T = 2v_2/(v_1 + v_2)$ $V = \lambda f$ , $n(\lambda/2) = L$

	velocidad, frecuencia, ondas estacionarias.	
<i>Alumno 2</i>	coeficiente de reflexión, coeficiente de transmisión, nodos, longitud de onda, velocidad, frecuencia, ondas estacionarias.	$R = (v_2 - v_1)/(v_1 + v_2)$ $T = 2v_2/(v_1 + v_2)$ $V = \lambda f$ , $n(\lambda/2) = L$ , $T - R = 1$
<i>Alumno 3</i>	reflexión, transmisión, nodos, longitud de onda, velocidad, frecuencia, ondas estacionarias.	$R = (v_2 - v_1)/(v_1 + v_2)$ $T = 2v_2/(v_1 + v_2)$ $V = \lambda f$ , $n(\lambda/2) = L$
<i>Alumno 4</i>	coeficiente de reflexión, coeficiente de transmisión, nodos, longitud de onda, velocidad, frecuencia	$R = (v_2 - v_1)/(v_1 + v_2)$ $T = 2v_2/(v_1 + v_2)$ $V = \lambda f$ , $n(\lambda/2) = L$
<i>Alumno 5</i>	coeficiente de reflexión, coeficiente de transmisión, longitud de onda, velocidad, frecuencia, ondas estacionarias.	$R = (v_2 - v_1)/(v_1 + v_2)$ $T = 2v_2/(v_1 + v_2)$ $V = \lambda f$ , $n(\lambda/2) = L$
<i>Alumno 6</i>	coeficiente de reflexión, coeficiente de transmisión, velocidad, frecuencia, ondas estacionarias.	$R = (v_2 - v_1)/(v_1 + v_2)$ $T = 2v_2/(v_1 + v_2)$ $V = \lambda f$ ,

**Ayudantía 3**

1.- El nivel de presión de sonido de una onda a 2(m) de una fuente sonora es de 80 dB. Determine a que distancia de la fuente el nivel de presión de sonido es 50 dB.

$$R_1 = 2 \text{ (m)} \quad I_1 = I_0 10^{(B_1/10)} = 10^{-12} \cdot 10^{(80/10)} = 10^{-4} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

$$B_1 = 80 \text{ (dB)} \quad I_2 = I_0 10^{(B_2/10)} = 10^{-12} \cdot 10^{(50/10)} = 10^{-7} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

$$r_2 = ? \quad P = 4 \pi r_1^2 I_1 = 4 \pi r_2^2 I_2$$

$$B_2 = 50 \text{ (dB)} \quad r_2 = r_1 \sqrt{\frac{I_1}{I_2}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{10^{-4}}{10^{-7}}} = 63,2 \text{ (m)}$$

$$I_0 = 10^{-12} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

2.- Determinar la amplitud de desplazamiento de una onda sonora, de frecuencia 1000 (Hz), y que tiene un nivel de presión de sonido de 70 decibeles. Considere para el aire  $\rho_o = 1,29 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$ ,

$$\rho_o = 1,29 \text{ (Kg/m}^3\text{)} \quad I = I_0 10^{(B/10)} = 10^{-12} \cdot 10^{(70/10)} = 10^{-5} \text{ (w/m}^2\text{)}$$

$$f = 1000 \text{ (Hz)} \quad I = \frac{P_0^2}{2\rho_o v}$$

$$\xi_0 = ? \quad P_0 = \sqrt{2Iv\rho_o} = \sqrt{2 \cdot 10^{-5} \cdot 340 \cdot 1,29} = 9,4 \cdot 10^{-2} \text{ (Nt/m}^2\text{)}$$

$$B = 70 \text{ (dB)} \quad \lambda = (v/f) = (340/1000) = 0,34 \text{ (m)}$$

$$v = 340 \text{ (m/s)} \quad k = (2\pi/\lambda) = (6,28/0,34) = 18,5 \text{ (m)}$$

$$P_0 = \rho_o v^2 k \xi_0$$

$$9,4 \cdot 10^{-2} = 1,29 \cdot (340)^2 \cdot 18,5 \cdot \xi_0$$

$$\xi_0 = 3,4 \cdot 10^{-8} \text{ (m)}$$

3.- Un tubo de aire abierto de largo 1(m) se encuentra en el segundo armónico, está en resonancia con una varilla de largo 2 (m), en su estado fundamental. Determine la velocidad del sonido en el metal (varilla).

Tubo de aire abierto	<u>tubo de aire abierto:</u> $f_n = n(v/2L)$
$L_1 = 1$ (m)	$f_{2a} = 2(340/2 \cdot 1) = 340$ (Hz)
$v_a = 340$ (m/s)	
$n = 2$ (segundo armónico)	
	<u>varilla:</u> $f_n = n(v/2L)$
Varilla	$f_{1v} = 1(v_m/2 \cdot 2) = (v_m / 4)$
$L_2 = 2$ (m)	$f_{2a} = f_{1v}$
$n = 1$ (fundamental)	$340 = (v_m / 4)$
$v_m = ?$	$v_m = 1340$ (m/s)

4.- Un vehículo que se mueve a 20 (m/seg), y se acerca a una pared reflectante. Si desde el vehículo se emite una onda sonora de frecuencia de 500 (Hz). Determine la frecuencia a la que recibe la onda reflejada en el vehículo.

$v = 340$ (m/s)	<u>1ª recepción:</u> $f' = f ( (v + v_0) / (v - v_s) )$ se acerca
$v_v = 20$ (m/s)	$v_s = 20$ (m/s), $v_0 = 0$ , $f = 500$ (Hz), $v = 340$ (m/s).
$f = 500$ (Hz)	$f' = 500( (340 + 0) / (340 - 20) ) = 531,3$ (Hz)
$f_{rec} = ?$	<u>2ª recepción:</u> $f' = f ( (v + v_0) / (v - v_s) )$ se acerca
	$f = 531,3$ (Hz), $v_0 = 20$ (m/s), $v_s = 0$ , $v = 340$ (m/s)
	$f' = 531,3 ( (340 + 20) / (340 - 0) ) = 562,5$ (Hz)

## Resultados de Foro 3

## Pregunta 1

Alumno	Conceptos (7)	Principios (4)
<b>Pauta</b>	Nivel de presión sonora, distancia, fuente sonora, intensidad, energía, área, potencia.	$P = I A$ , $I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ , $B = 10 \log I/I_0$ Conservación energía.
Alumno 1	Nivel de presión sonora, distancia, fuente sonora, intensidad, energía, área.	$P = I A$ , $I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ , $B = 10 \log I/I_0$ Conservación energía
Alumno 2	Nivel de presión sonora, distancia, intensidad, energía, área.	$P = I A$ , $B = 10 \log I/I_0$ , $I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ Conservación energía
Alumno 3	Nivel de presión sonora, distancia, fuente, intensidad, energía.	$P = I A$ , $I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ Conservación energía
Alumno 4	Nivel de presión sonora, distancia, fuente, intensidad, energía, área.	$P = I A$ , $I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ , $B = 10 \log I/I_0$ Conservación energía
Alumno 5	Nivel de presión sonora, distancia, fuente sonora, intensidad, área.	$P = I A$ , $I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ , $B = 10 \log I/I_0$
Alumno 6	Nivel de presión sonora, distancia, fuente, intensidad, área.	$P = I A$ , $I = I_0 \cdot 10^{B/10}$

## Pregunta 2

Alumno	Conceptos (9)	Principios (5)
<b>Pauta</b>	Amplitud de desplazamiento, amplitud de presión, frecuencia, nivel de presión sonora, intensidad, densidad, velocidad, longitud de onda, número de onda.	$I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ , $I = P_0^2 / 2\rho_0 v$ $P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0$ , $v = \lambda f$ , $k = 2\pi / \lambda$
Alumno 1	Amplitud de desplazamiento, amplitud de presión, frecuencia, nivel de presión sonora, intensidad, densidad, velocidad, longitud de onda	$I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ , $I = P_0^2 / 2\rho_0 v$ $P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0$ , $v = \lambda f$
Alumno 2	Amplitud de desplazamiento, frecuencia, nivel de presión sonora, intensidad, densidad, velocidad, longitud de onda	$I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ , $I = P_0^2 / 2\rho_0 v$ $P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0$ , $v = \lambda f$
Alumno 3	Amplitud de desplazamiento, frecuencia, nivel de presión sonora, intensidad, densidad, velocidad, longitud de onda número de onda	$I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ , $I = P_0^2 / 2\rho_0 v$ $P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0$ , $v = \lambda f$
Alumno 4	Amplitud de desplazamiento, amplitud de presión, frecuencia, nivel de presión sonora, intensidad, densidad, velocidad, longitud de onda	$I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ , $I = P_0^2 / 2\rho_0 v$ $P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0$ ,
Alumno 5	Amplitud de desplazamiento, frecuencia, nivel de presión sonora, densidad, velocidad, longitud de onda	$I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ , $I = P_0^2 / 2\rho_0 v$ $P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0$ , $v = \lambda f$
Alumno 6	Amplitud de desplazamiento, frecuencia, nivel de presión sonora, intensidad, velocidad, longitud de onda	$I = I_0 \cdot 10^{B/10}$ , $I = P_0^2 / 2\rho_0 v$ $P_0 = \rho_0 v^2 k \xi_0$ ,

**Pregunta 3**

<b>Alumno</b>	<i>Conceptos (9)</i>	<i>Principios (3)</i>
<b>Pauta</b>	Tubo de aire, varillas metálicas, armónicos, resonancia, ondas estacionarias, frecuencia, velocidad, estado fundamental, longitud de onda,	$f = v/\lambda$ , $f_n = n v/2L$ , resonancia
<i>Alumno 1</i>	Tubo de aire, armónicos, resonancia, frecuencia, velocidad, estado fundamental, longitud de onda	$f = v/\lambda$ , $f_n = n v/2L$ , resonancia,
<i>Alumno 2</i>	Tubo de aire, varillas metálicas, armónicos, resonancia, ondas estacionarias, frecuencia, velocidad, estado fundamental, longitud de onda,	$f = v/\lambda$ , $f_n = n v/2L$ , resonancia
<i>Alumno 3</i>	Tubo de aire, varillas metálicas, armónicos, resonancia, ondas estacionarias, frecuencia, velocidad, estado fundamental, longitud de onda	$f_n = n v/2L$ , resonancia
<i>Alumno 4</i>	Tubo de aire, varillas metálicas, armónicos, resonancia, velocidad, estado fundamental	$f = v/\lambda$ , $f_n = n v/2L$ , resonancia
<i>Alumno 5</i>	Tubo de aire, varillas metálicas, armónicos, resonancia, frecuencia, velocidad, estado fundamental,	$f_n = n v/2L$ , resonancia
<i>Alumno 6</i>	Tubo de aire, varillas metálicas, armónicos, resonancia, frecuencia, velocidad, longitud de onda,	$f_n = n v/2L$ , resonancia

**Pregunta 4**

<b>Alumno</b>	<i>Conceptos (7)</i>	<i>Principios (2)</i>
<b>Pauta</b>	velocidad, frecuencia, efecto doppler, fuente, receptor, reflexión, movimiento relativo.	$f' = f (v+v_0) / (v-v_s)$ se acerca $f' = f (v-v_0) / (v+v_s)$ se aleja
<i>Alumno 1</i>	velocidad, frecuencia, efecto doppler, fuente, receptor, reflexión	$f' = f (v+v_0) / (v-v_s)$ se acerca $f' = f (v-v_0) / (v+v_s)$ se aleja
<i>Alumno 2</i>	velocidad, frecuencia, efecto doppler, fuente, receptor, reflexión, movimiento relativo	$f' = f (v+v_0) / (v-v_s)$ se acerca $f' = f (v-v_0) / (v+v_s)$ se aleja
<i>Alumno 3</i>	velocidad, frecuencia, fuente emisora, receptor, reflexión, movimiento relativo	$f' = f (v+v_0) / (v-v_s)$ se acerca
<i>Alumno 4</i>	velocidad, frecuencia, efecto doppler, fuente, receptor, reflexión.	$f' = f (v+v_0) / (v-v_s)$ se acerca
<i>Alumno 5</i>	velocidad, frecuencia, efecto doppler, fuente, receptor, reflexión	$f' = f (v+v_0) / (v-v_s)$ se acerca $f' = f (v-v_0) / (v+v_s)$ se aleja
<i>Alumno 6</i>	velocidad, frecuencia, fuente, receptor, reflexión.	$f' = f (v+v_0) / (v-v_s)$ se acerca



Evaluación de los foros de discusión. Se determina considerando los conceptos y principios por cada pregunta, de cada alumno. Se evalúan la cantidad de conceptos y se le asigna una nota (escala de 1,0 a 7,0). De igual manera, se realiza con los principios. La nota de cada foro por alumno, en consecuencia, es mediante el promedio de la nota de los conceptos y los principios.

EVALUACION DE FOROS					
	conceptos		principios		
<b>foro1</b>	33		15		
		nota 1		nota 2	nota
alumno1	22	5,0	12	5,8	<b>5,4</b>
alumno 2	22	5,0	10	5,0	<b>5,0</b>
alumno 3	20	4,6	9	4,6	<b>4,6</b>
alumno 4	26	5,7	9	4,6	<b>5,2</b>
alumno 5	20	4,6	9	4,6	<b>4,6</b>
alumno 6	20	4,6	7	3,8	<b>4,2</b>
<b>foro 2</b>	31		16		
alumno1	30	6,8	15	6,6	<b>6,7</b>
alumno 2	27	6,2	15	6,6	<b>6,4</b>
alumno 3	24	5,6	10	4,8	<b>5,2</b>
alumno 4	25	5,8	12	5,5	<b>5,7</b>
alumno 5	20	4,9	11	5,1	<b>5,0</b>
alumno 6	22	5,3	10	4,8	<b>5,0</b>
<b>foro 3</b>	32		14		
alumno1	27	6,1	13	6,6	<b>6,3</b>
alumno 2	28	6,3	13	6,6	<b>6,4</b>
alumno 3	27	6,1	10	5,3	<b>5,7</b>
alumno 4	27	6,1	11	5,7	<b>5,9</b>
alumno 5	24	5,5	11	5,7	<b>5,6</b>
alumno 6	23	5,3	8	4,4	<b>4,9</b>

#### 5.4 Talleres

##### Talleres realizado por el alumno 1

##### Pauta de corrección del Taller 1 (validada por expertos):

1.- La diferencia de fase en una onda de propagación transversal entre dos puntos separados 1(m) es de  $\pi$  (rad), y la diferencia de fase para esa onda en cualquier punto de la onda cuando el intervalo de tiempo es 3(seg) es  $6\pi$  (rad). Determine la velocidad de propagación de esa onda. Si la tensión en la cuerda es de 20 (nt), calcule la densidad lineal de masa de la cuerda.

$$\Delta x = 1 \text{ (m)} \quad k \Delta x = \Delta \phi_x \Rightarrow k \cdot 1 = \pi, \quad k = \pi \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$\Delta \phi_x = \pi \text{ (rad/s)} \quad w \Delta t = \Delta \phi_t \Rightarrow w \cdot 3 = 6\pi, \quad w = 2\pi \text{ (rad/s)} \quad (10)$$

$$\Delta t = 3 \text{ (s)} \quad k v = w \Rightarrow v = w/k = 2\pi/\pi = 2 \text{ (m/s)} \quad (10)$$

$$\Delta \phi_t = 6\pi \text{ (rad/s)} \quad v = ?$$

$$T = 20 \text{ (nt)} \quad v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow \mu = T/v^2 = 20/4 = 5 \text{ (Kg/m)} \quad (10)$$

$$\mu = ?$$

2.- La velocidad de cada punto de una cuerda, de una onda transversal, está dado por la siguiente ecuación:  $u(x,t) = -10 \cos(0,3x - 40t)$  en (m/seg), x en (m), t en seg. Encontrar la longitud de la onda y la elongación de un punto de la cuerda ubicado a 2 (m) en  $t = 4$  seg.

$$y_m w = 10 \quad \lambda = 2\pi/k = 2\pi/0,3 = 20,9 \text{ (m)} \quad (8)$$

$$w = 40 \text{ (rad/s)} \quad y_m = 10/w = 10/40 = 1/4 = 0,25 \text{ (m)}$$

$$k = 0,3 \text{ (m}^{-1}\text{)} \quad y = y_m \text{ sen}(kx - wt) \quad (7)$$

$$y = ? \text{ para } x = 2 \text{ (m)} \quad t = 4 \text{ (s)} \quad y = 0,25 \text{ sen}(0,3 \cdot 2 - 40 \cdot 4)$$

$$y = -0,18 \text{ (m)} \quad (15)$$

**Evaluación del taller 1, del alumno 1. 56 puntos, nota 6,6**

**Pregunta 1**

$$\Delta \phi = k(x_2 - x_1), \quad \pi = k(1)$$

$$\Delta \phi = w(t_2 - t_1), \quad 6\pi = w(3)$$

$$k = \pi$$

$$w = 2\pi \quad (10)$$

$$k v = w$$

$$v = \frac{w}{k} = \frac{2\pi}{\pi} = 2 \text{ [m/s]} \quad T = 20 \text{ [N]}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \quad v^2 = \frac{T}{\mu}$$

$$\mu = \frac{T}{v^2} = \frac{20 \text{ [N]}}{2^2 \text{ [m}^2/\text{s}^2]} = 5 \text{ [kg/m]} \quad (10)$$

∴ La velocidad de propagación es de 2 (m/s) (10)

y la densidad lineal de la masa es de 5 (kg/m)

**Pregunta 2**

$$y_m w = 10 \quad y_m = \frac{10}{w} = \frac{10}{40} = \frac{1}{4} = 0,25 \text{ [m]}$$

$$w = 40 \text{ [rad/s]} \quad k = 0,3 \text{ [1/m]}$$

$$y = y_m \text{ sen}(kx - wt)$$

$$y = 0,25 \text{ sen}(0,3 \cdot 2 - 40 \cdot 4)$$

$$y = 0,25 \text{ sen}(0,6 - 160)$$

$$y = 0,25 \text{ sen}(-159,4)$$

$$y = 0,25 \text{ sen}(0,732)$$

$$y = -0,183 \text{ [m]} \quad (5)$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{k} = \frac{2\pi}{0,3} = 20,9 \text{ [m]} \quad (8)$$

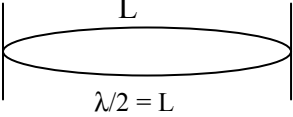
∴ la longitud de la onda es de  $\lambda = 20,9 \text{ [m]}$

y la elongación de un punto de la cuerda ubicado a 2 [m] en  $t = 4 \text{ [seg]}$  es  $y = -0,18 \text{ [m]}$  (13)

**Pauta de corrección del Taller 2 (validada por expertos):**

1.- Determinar la tensión que debe aplicarse a una cuerda de largo 4 (m) para que se produzca una onda estacionaria en el estado fundamental. La cuerda está vibrando con frecuencia de 100 (Hz), tiene una densidad lineal de masa  $\mu = 0,0020$  (Kg/m)

$T = ?$   
 $L = 4$  (m)  
 $f = 100$  (Hz)  
 $\mu = 0,0020$  (Kg/m)



8

$\lambda = 2 L = 8$  (m)  
 $v = \lambda f = 8 \cdot 100 = 800$  (Hz) 10

$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \Rightarrow T = v^2 \mu = 1028$  (nt) 12

2.- Desde una cuerda (1) incide un pulso de amplitud A, se genera un pulso reflejado cuerda (1) y uno transmitido, cuerda (2). Si ambas cuerdas son del mismo material, pero la sección de la cuerda (1) es un cuarto de la sección de la cuerda (2). Determine:

- (a) La amplitud de la onda reflejada y la transmitida
- (c) Sí, la onda incidente se demora 1,2 seg en llegar a la unión. ¿Cuánto tiempo empleará la onda para recorrer la misma distancia en la cuerda (2)?



$y_{01} = A$   
 $y_{01}' = ?$   
 $y_{02} = ?$   
 $t_1 = 1,2$  (s)  
 $t_2 = ?$   
 $A_1 = (A_2 / 4)$   
 $\rho_1 = \rho_2$   
 $L_1 = L_2$

$\rho_1 = \rho_2 \quad \mu_1 A_1 = \mu_2 A_2$   
 $\mu_1 A_1 = \mu_2 4A_1 \quad \mu_1 = 4 \mu_2$  10

$R = (\sqrt{\mu_1} - \sqrt{\mu_2}) / (\sqrt{\mu_1} + \sqrt{\mu_2}) = - (1/3)$   
 $T - R = 1 \Rightarrow T = 2/3$  10

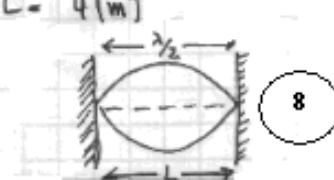
$R = y_{01}' / y_{01} \Rightarrow y_{01}' = R y_{01} = - (1/3)A$   
 $T = y_{02}' / y_{01} \Rightarrow y_{02}' = T y_{01} = (2/3)A$  10

$T = 2 v_2 / (v_1 + v_2) = 2t_1 / (t_1 + t_2) \Rightarrow t_2 = 2 t_1 = 2,4$  (s)

**Evaluación del taller 2, del alumno 1.**  
(55 puntos, nota 6,5)

**Pregunta 1**

$\mu = 0,002 \text{ [kg/m]}$   
 $f = 100 \text{ [Hz]}$   
 $L = 4 \text{ [m]}$



8

$\frac{\lambda}{2} = L$   
 $\lambda = 2L$   
 $\lambda = 2 \cdot 4 \text{ [m]}$   
 $\lambda = 8 \text{ [m]}$

$v = \lambda f$   
 $v = 8 \cdot 100 \text{ [m/s]}$   
 $v = 800 \text{ [m/s]}$

10

$\rho v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ ; entonces;  $T = v^2 \mu$   
 $T = 800^2 \cdot 0,002 \text{ [N]}$   
 $T = 1280 \text{ [N]}$

12

**Pregunta 2**

a)

$\frac{A_1}{A_2} = \frac{v_2}{v_1}$   
 $\frac{A_1}{A_2} = \frac{4A_2}{A_1}$   
 $A_1^2 = 4A_2^2$

$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{\frac{T}{\mu_1}}}{\sqrt{\frac{T}{\mu_2}}} = \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1}}$   
 $\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^2 = \frac{T/\mu_1}{T/\mu_2} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$   
 $\frac{v_1^2}{v_2^2} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$   
 $\frac{v_1^2}{(2v_1)^2} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$   
 $\frac{1}{4} = \frac{\mu_2}{\mu_1}$   
 $\mu_2 = \frac{\mu_1}{4}$   
 $\mu_2 = 2$

9

$R = \frac{R}{I} = \frac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} = \frac{v_1 - 2v_1}{2v_1 + v_1} = \frac{-v_1}{3v_1} = -\frac{1}{3}$   
 $T = \frac{T}{I} = \frac{2v_2}{v_1 + v_2} = \frac{2v_2}{2v_1 + v_2} = \frac{2v_2}{3v_1} = \frac{2}{3}$

Amplitud  
 $y_1 = A$   
 $y_2 = R y_1$   
 $y_2 = T y_1$   
 $y_1 = -\frac{1}{3} A \Rightarrow$  Reflejada  
 $y_2 = \frac{2}{3} A \Rightarrow$  Transmisión

b)

$\frac{v_1}{v_2} = 2$   
 $\frac{v_1}{2v_1} = 2$   
 $v_1 = 2v_2$

$v_1 = \frac{x}{t_1}$   
 $x = v_1 t_1$   
 $v_2 t_1 = v_1 t_2$   
 $2v_2 t_1 = v_2 t_2$   
 $2t_1 = t_2$   
 $t_2 = 2 \cdot 12 \text{ [seg]}$   
 $t_2 = 24 \text{ [seg]}$

8

8

**Pauta de corrección del Taller 3 (validada por expertos):**

1.- Un tubo de aire cerrado de largo 1,2 (m) se encuentra en el tercer armónico, está en resonancia con una varilla de largo 2 (m), en su estado fundamental. Determine el módulo de Young del metal (varilla) si su densidad es  $7,2 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$

<p> <math>L_a = 1,2 \text{ (m)}</math>  <math>v_a = 340 \text{ (m/s)}</math>  <math>n_a =</math> tercer armónico  <math>L_v = 2 \text{ (m)}</math>  <math>\rho_v = 7,2 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3\text{)}</math>  <math>n_v =</math> fundamental  <math>Y_v = ?</math> </p>	<p>Tubo de aire cerrado: <math>f_{2n-1} = (2n-1) (v/4L)</math></p> <p><math>f_a = f_3 = 3 (v_a / 4L_a) = 3 (340/8,8) = 212,5 \text{ (Hz)}</math></p> <p>Varilla : <math>f_n = n (v/2L)</math></p> <p><math>f_v = f_1 = (v_v / 2L_v) = v_v/4</math></p> <p><math>f_a = f_v \Rightarrow 212,5 = v_v/4 \Rightarrow v_v = 850 \text{ (m/s)}</math></p> <p><math>v_v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \Rightarrow Y = v_v^2 \rho = 5,2 \cdot 10^9 \text{ (Kg/m}^2\text{)}</math></p>	<div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">10</div>  <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">10</div>  <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">10</div>
---	--	--

2.- Al acercarse un vehículo hacia una sirena que se encuentra fija, emitiendo sonido, este lo escucha con una frecuencia de 800 (Hz), pero al alejarse de la sirena, lo recibe con una frecuencia de 700 (Hz). Determine la velocidad del vehículo de acuerdo con estas observaciones. Considere velocidad del sonido 340 (m/seg).

1ª recepción: acercamiento

$$v = 340 \text{ (m/s)} \quad , \quad v_s = 0, \quad v_0 = v_v$$

$$f' = f (v + v_0) / (v - v_s)$$

12

$$f' = 800 \text{ (Hz)}$$

$$800 = f(340 + v_v)/(340) \quad (1)$$

$$f = ?$$

2ª recepción: alejamiento

$$v = 340 \text{ (m/s)} \quad , \quad v_s = 0, \quad v_0 = v_v$$

$$f' = f (v - v_0) / (v + v_s)$$

12

$$f' = 700 \text{ (Hz)}$$

$$700 = f(340 - v_v)/(340) \quad (2)$$

$$f = ?$$

de (1) y (2)  $v_v = 22,7 \text{ (m/s)} = 82 \text{ (Km/hr)}$

6

**Evaluación del taller 3, del alumno 1.**  
**( 60 puntos, nota 7,0)**

Pregunta 1

$\frac{10}{11}$

$\lambda_a = 1,2 \text{ (m)}$   
 $n_a = 3$   
 $L_v = 2 \text{ (m)}$   
 $\nu = ?$   
 $S_v = 7,2 \cdot 10^3 \text{ (Kg/m}^3\text{)}$   
 $\nu = 340 \text{ m/s}$   
 $n_v = 1$

tubo aire  
 $f_a = f_{2n-1} = (2n-1) \frac{\nu}{4L}$   
 $n=3 \quad f_a = f_3 = 3 \frac{\nu_a}{4L} = \frac{3 \cdot 340}{4 \cdot 1,2} = 212,5 \text{ (Hz)}$

solución  
 $f_a = \frac{n \nu}{2L} = \frac{\nu}{2L_v} = \frac{\nu}{2 \cdot 2} = \frac{\nu}{4}$   
 $n_v = 1$   
 $f_a = f_v$   
 $212,5 = \frac{\nu_v}{4} \Rightarrow \nu_v = 850 \text{ (m/s)}$

$\nu = \sqrt{\frac{Y}{S}} \Rightarrow Y = \nu^2 \cdot S = 5,2 \cdot 10^9 \text{ (Kg/m}^2\text{)}$

10

Pregunta 2

$\frac{20}{11}$

800(Hz)      700(Hz)

1ª recepción  
 $v = 340 \text{ m/s}$   
 $v_s = 0$   
 $v_0 = v_v$   
 $f' = 800 \text{ (Hz)}$   
 $f = ?$

se acerca:  $f' = f \left( \frac{v + v_0}{v - v_s} \right)$   
 $800 = f \left( \frac{340 + v_v}{340} \right)$  (1)

2ª recepción  
 $v = 340 \text{ (m/s)}$   
 $v_s = 0$   
 $v_0 = v_v$   
 $f' = 700 \text{ (Hz)}$   
 $f = ?$

se aleja:  $f' = f \left( \frac{v - v_0}{v + v_s} \right)$   
 $700 = f \left( \frac{340 - v_v}{340} \right)$  (2)

(1)  $\frac{8}{7} = \frac{640 + v_v}{340 + v_v}$   
 $8(340 - v_v) = 7(340 + v_v)$   
 $2720 - 8v_v = 2380 + 7v_v$   
 $340 = 15v_v$   
 $v_v = 22,67 \text{ (m/s)}$   
 $v_v = 82 \text{ (Km/hr)}$

12

6