TEORÍA Y MÉTODOS EDUCATIVOS
5801.07 MÉTODOS PEDAGÓGICOS

# Lectura de planos industriales: una propuesta de enseñanza-aprendizaje para las escuelas de ingeniería

Egoitz Sierra-Uria — Dr. Ingeniero Industrial
Mikel Garmendia-Mujika — Dr. Ingeniero Industrial
Xabier Garikano-Oxinaga — Dr. Ingeniero Industrial
Eneko Solaberrieta-Mendez — Dr. Ingeniero Industrial

Universidad del País Vasco - ETSI de Bilbao. Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería.
Ald. Urquijo , s/n - 48013 Bilbao. Tfno: +34 946 013963. egoitz.sierra@ehu.es

Recibido: 06/11/2012 • Aceptado: 04/02/2013
DOI: http://dx.doi.org/10.6036/5543

## READING TECHNICAL DRAWINGS: A LEARNING-TEACHING PROPOSAL FOR ENGINEERING SCHOOLS

## ABSTRACT

• The reading and interpretation of industrial drawings is a fundamental skill in engineering. However, engineering students show certain learning difficulties and a high failure rate in subjects such as Technical Drawing. This would be caused by the difficulty of having a systematic resolution process. This article presents a learning-teaching proposal to solve visualization problems for engineering schools. This research was carried out following a didactic approach to research. First, comprehension indicators have been defined, thorough a literature review, and comparing solving estrategies followed by the students and teachers. A resolution method has been designed which sets these comprehension indicators to work together and an activity program has been developed to assimilate the process. The factor of spatial visualization in learning was substantially improved by adapting learning material with the help of dynamic images as well as physical models, and also using technologies such as CAD and Prototyping. This method was used for two years in two different degrees at the UPV-EHU. A comparison of the results obtained by the experimental group (alternative teaching) and the control group (traditional teaching) shows a higher improvement in the experimental group.

• Keywords: Visualization, reading technical drawings; problem solving.

## RESUMEN

La lectura o interpretación de planos industriales es una capacidad esencial en el ejercicio de la profesión del ingeniero. Sin embargo, se observan dificultades de aprendizaje en los estudiantes, y un alto ratio de suspensos en asignaturas de expresión gráfica. Esto parece ser debido a la dificultad de establecer un proceso sistemático de resolución de problemas de visualización de planos industriales. En este artículo se presenta una propuesta de enseñanza-aprendizaje para la visualización de planos industriales en las escuelas de ingeniería. Siguiendo las pautas de la investigación didáctica, se han definido los indicadores de comprensión en la visualización de planos industriales. Para ello, se ha realizado una revisión bibliográfica, y se han comparado las estrategias de resolución de los estudiantes con las de los profesores. Se ha diseñado un método de resolución que integra contenidos, estrategias y razonamientos específicos de la visualización de planos, y se ha desarrollado un programa de actividades para asimilarlos. El factor visual-espacial se ha tenido en cuenta al adecuar el material educativo mediante la utilización de imágenes dinámicas y modelos físicos, empleando tecnologías como el CAD o el Prototyping. Esta propuesta ha sido puesta en práctica durante dos cursos académicos en dos titulaciones de la UPV-EHU, obteniéndose mejores resultados en los grupos experimentales (enseñanza alternativa) frente a los grupos de control (enseñanza tradicional), tanto cuantitativa como cualitativamente.

**Palabras clave**: visualización; lectura de planos industriales; resolución de problemas.

## 1. INTRODUCCIÓN

La habilidad de visualizar y manipular objetos mentalmente es una necesidad básica en las profesiones relacionadas con la ingeniería. Se estima que en al menos 84 profesiones la visualización espacial es una necesidad fundamental [1], y en la mayoría de profesiones técnicas adquiere una especial relevancia [2].

Este artículo se ha centrado en la visualización de piezas o lectura de planos industriales. Esta competencia aparece entre los objetivos de aprendizaje de las asignaturas de expresión gráfica en todos los grados de Ingeniería Industrial, y es una de las competencias más demandadas por las empresas [3].

Sin embargo, se han observado dificultades y deficiencias importantes en el aprendizaje de la visualización de piezas y el desarrollo de capacidades espaciales en los cursos de ingeniería [4, 5]. Estas dificultades parecen ser debidas principalmente a la inexistencia de un proceso sistemático para analizar formas complejas [6]. Los estudiantes afirman no disponer de una metodología de resolución de los problemas de visualización, y recurren frecuentemente a la estrategia de ensayo-error, o a la intuición [7, 8].

En la revisión bibliográfica realizada sobre la visualización de planos [Ver *http://www.revistadyna.com/documentos/pdfs/_adic/5543_1.pdf*], no se ha encontrado un método claro y sistemático que ayude a los estudiantes en la resolución de este tipo de problemas. Algunos libros, por ejemplo, tratan de ayudar en la mejora de esta competencia, centrándose únicamente en el desarrollo de la capacidad espacial y dejando en manos del alumno la estrategia de resolución del problema en cuestión [7]. Sin embargo, la resolución de problemas de visualización de piezas industriales tiene sus propias estrategias de resolución y modos de razonamiento que deberían ser tenidas en cuenta en su enseñanza. La investigación didáctica realizada en la resolución de problemas demuestra que en el razonamiento participan diversas áreas del conocimiento que están relacionadas entre sí. Se utilizan capacidades y habilidades generales; sin embargo, cuando se aplican a los conceptos de un área de conocimiento específico, aparecen los razonamientos propios de dicha área. En consecuencia, la investigación didáctica establece que además de los conocimientos teóricos y conceptuales existen otros contenidos (los procedimentales), basados en los procesos, que son fundamentales en el proceso de la enseñanza [9, 10] y que deben ser considerados y desarrollados.

Asimismo, algunos estudiantes no han desarrollado su capacidad espacial suficientemente y tienen dificultades a la hora de manipular los objetos mentalmente en el espacio. Esto puede ser debido a que, a menudo, los profesores no tienen en cuenta el factor visual-espacial del aprendizaje. La visualización de piezas necesita de la visualización espacial [11], así que su enseñanza también ha de tenerla en cuenta específicamente.

Teniendo en cuenta la problemática planteada hasta ahora, el objetivo de este estudio es ofrecer a los profesores y estudiantes una metodología más eficiente para el aprendizaje de la visualización de planos.

Al planificar la enseñanza de un determinado conocimiento y diseñar un proceso de enseñanza a través de un programa de actividades, hay que definir ciertos aspectos, entre ellos, los objetivos de aprendizaje y los contenidos implicados, teniendo en cuenta además las dificultades con las que se pueden encontrar los estudiantes. Estos aspectos se concretan en los llamados "indicadores de comprensión", que implicarían que un estudiante que los posea ha adquirido la capacidad de visualizar planos industriales.

## 2. INDICADORES DE COMPRENSIÓN EN LA VISUALIZACIÓN DE PLANOS

Para establecer los *indicadores de comprensión* en la visualización de planos se recurrió a varias fuentes de información: los estudiantes, los profesores, y los libros de texto y artículos de investigación didáctica.

En el caso de los estudiantes, resulta de interés conocer cuáles son las deficiencias y dificultades con las que se encuentran en el aprendizaje de la visualización de planos. En un estudio previo [4, 12], realizado con un grupo de estudiantes mediante entrevistas personales para analizar el proceso de resolución que empleaban a la hora de resolver problemas de visualización planos de piezas industriales, se identificaron entre otros:

- Falta de conocimiento en los invariantes proyectivos al analizar las vistas de las piezas
- Dificultades en relacionar la realidad espacial y su representación en el plano, tanto a la hora de analizar vistas como perspectivas
- Dificultades de identificación de tipos de plano a partir de sus proyecciones en las vistas
- Dificultad en correlacionar las proyecciones entre vistas
- Falta de estrategias o métodos de resolución
- Dificultades para el croquizado en perspectiva.

Identificadas las dificultades de aprendizaje de los estudiantes, es necesario conocer cuáles son los conocimientos y procedimientos que siguen los profesores a la hora de resolver problemas de visualización de planos. Para ello, 5 profesores del área (dos catedráticos y tres titulares de universidad), realizaron la misma prueba/entrevista que los alumnos.

Por último se analizaron libros de texto de expresión gráfica para cursos de ingeniería, y artículos publicados en revistas de investigación didáctica relacionados con la visualización y resolución de problemas [Ver *http://www.revistadyna.com/documentos/pdfs/_adic/5543_1.pdf*]. Como consecuencia de todo ello, se establecieron los siguientes indicadores de comprensión:

1. *Fundamentos de los sistemas de representación:* el estudiante debe dominar los fundamentos del sistema principal de representación de la proyección cilíndri-

ca ortogonal, incluida la normalización, y la perspectiva axonométrica. En particular, dominar sin errores la creación de vistas y proyecciones en el plano, y conocer la relación entre los sistemas de representación, para visualizar la pieza en el espacio a partir de sus proyecciones.

2. *Condiciones o reglas de correspondencia* (homografía, invariantes): dominar las reglas derivadas del tipo de proyección (cilíndrica ortogonal) del sistema diédrico:
3. *Tipos de planos y características de sus proyecciones:* dominar los distintos tipos de plano según su relación con los planos de proyección (paralelo, proyectante y oblicuo) y las características de sus proyecciones.
4. *Tipos de sólidos primitivos y características de sus proyecciones***:** dominar los distintos elementos geométricos principales así como las características de sus proyecciones, tanto cuando son sólidos macizos o superficies (prisma, cubo, cilindro, cono, esfera, geometrías de revolución).
5. *Tangencia e intersección entre superficies:* dominar la tangencia entre superficies y su representación (líneas de tangencia, línea finita). Dominar las distintas intersecciones entre superficies y su representación (plano, cilindro, cono, esfera).
6. Representación e identificación del vacío: dominar la forma de representar el vacío en las proyecciones, su relación con el material, y su identificación en las vistas.
7. *Representación de los cortes y los distintos tipos de planos de corte*
8. *Representación e identificación de los elementos industriales más característicos:* agujeros, nervios, redondeos, chaflanes, vaciados, etc.
9. *Técnicas de croquizado:* dominar el proceso de crear croquis: pto. de vista, proporciones y paralelismos.
10. *Método general de resolución de problemas de visualización y estrategias particulares:* conocer un método de resolución y las diversas estrategias y razonamientos que se pueden seguir para visualizar una pieza a partir de su representación en el plano.

La mayoría de indicadores hacen referencia a contenidos conceptuales de la visualización, pero entre ellos también están presentes contenidos procedimentales, como el de conocer métodos o estrategias de resolución a la hora de interpretar planos industriales. Este último indicador cobra especial relevancia ya que los estudiantes recurren el ensayo-error, y a menudo, no consiguen interpretar la información visual de los planos.

## 3. MODELO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE VISUALIZACIÓN

Mediante la revisión bibliográfica, se desarrolló un modelo que sigue las fases generales de la resolución de cualquier tipo de problema, adaptándolo al caso de la interpretación de planos, e incorporando en el mismo las estrategias y razonamientos empleados por los profesores (Figura 1).

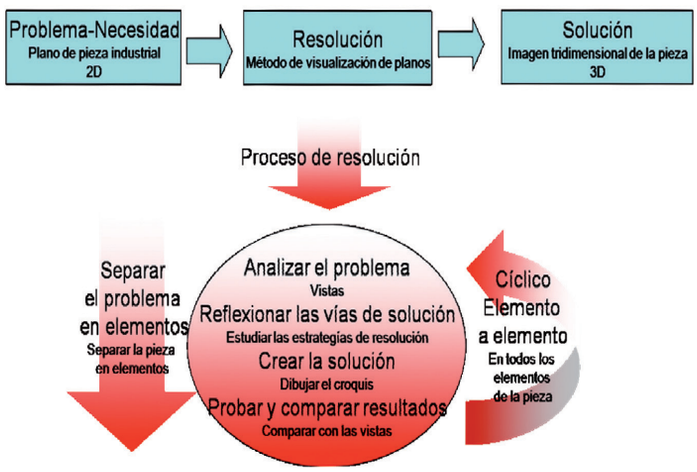



*Fig. 1: Fases en la resolución de problemas de visualización de planos*

- **Análisis cualitativo**: analizar e interpretar la información de los planos, para clasificar el tipo de pieza, relación con sólidos primitivos, tipos de superficies presentes, análisis de vértices y elementos de referencia, elementos industriales característicos, vacíos, geometrías de revolución, intersecciones, tangencias, etc. Este análisis en profundidad de la información de las vistas posibilitará la elección de la estrategia de resolución a seguir.
- **Estrategia/s de resolución**: se trata de escoger la estrategia más adecuada de resolución acorde con el análisis realizado del enunciado. Así, se puede recurrir entre otras opciones a: la eliminación de volúmenes, descomposición de la pieza en elementos geométricos simples, identificación de planos, utilizar el método de correspondencia entre vistas, identificación de elementos de referencia para el croquizado como vértices o planos de corte, etc.
- **Resolución y croquizado:** realizar la resolución según un proceso iterativo hasta resolver todos los elementos de la pieza en una secuencia lógica, representando correctamente un croquis durante la secuencia de resolución.
- **Análisis de resultados:** comprobar la coherencia de los pasos de resolución y las soluciones que se van proponiendo contrastándolos con el enunciado del problema.

Una vez resuelto el proceso de visualización de la pieza, bien realizando un croquis en perspectiva o mediante una clara imagen mental, se debería de afrontar el proceso de realización de nuevas vistas y/o cortes mediante un proceso análogo, es decir, analizando las vistas y determinando las proyecciones de cada elemento de la pieza.

## 4. PROGRAMA DE ACTIVIDADES PARA EL APRENDIZAJE

Según un estudio previo realizado a profesores del área analizando sus estrategias de enseñanza para la enseñanza de la visualización, lo más usual es pasar del enunciado de un problema a mostrar su solución, sin tratar con los estudiantes todo el proceso de análisis, razonamiento y deducción seguido para llegar a esa solución [7]. De acuerdo con Maloney [13], la trasmisión de conocimientos de una manera directa en sus estados finales no resuelve el problema de aprendizaje. En la propuesta que presentamos, los problemas se proponen y resuelven en el aula, siguiendo todos los pasos de resolución del mismo (Fig. 2), en continua interacción entre el profesor y los grupos de estudiantes, y haciendo hincapié en los errores que los estudiantes cometen en su resolución, tratando de encontrar sus causas y corregir las deficiencias de aprendizaje.

Por otro lado, en el proceso de resolución de problemas de visualización de planos industriales, la "capacidad espacial", que se puede definir como la capacidad de manipular imágenes mentalmente, es una capacidad indispensable. Mathewson [14] afirma que los textos de ingeniería frecuentemente presentan vistas, conceptos, teorías o ideas estáticas con ninguna o poca explicación de la información espacial. Esta propuesta de enseñanza tiene en cuenta esta necesidad e incluye en el programa de actividades ejercicios específicos para trabajar y mejorar la misma (Fig. 3).

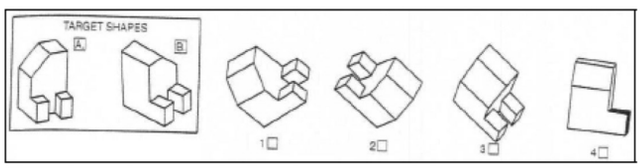



*Fig. 3: Ejemplo de ejercicio tipo test para trabajar la capacidad espacial [15]*

Asimismo, las herramientas tecnológicas desarrolladas en los últimos tiempos nos ofrecen una gran ayuda en la enseñanza en general, y en la visualización de planos industriales en particular. Mediante modelos virtuales es posible disminuir las dificultades de comprensión de la realidad espacial representada en un dibujo técnico. Como afirma Lellan [16], la realidad virtual es una herramienta que permite al alumno una inmediata interacción dinámica, permitiéndole comprender conceptos y procesos ingenieriles que son espacialmente dependientes.

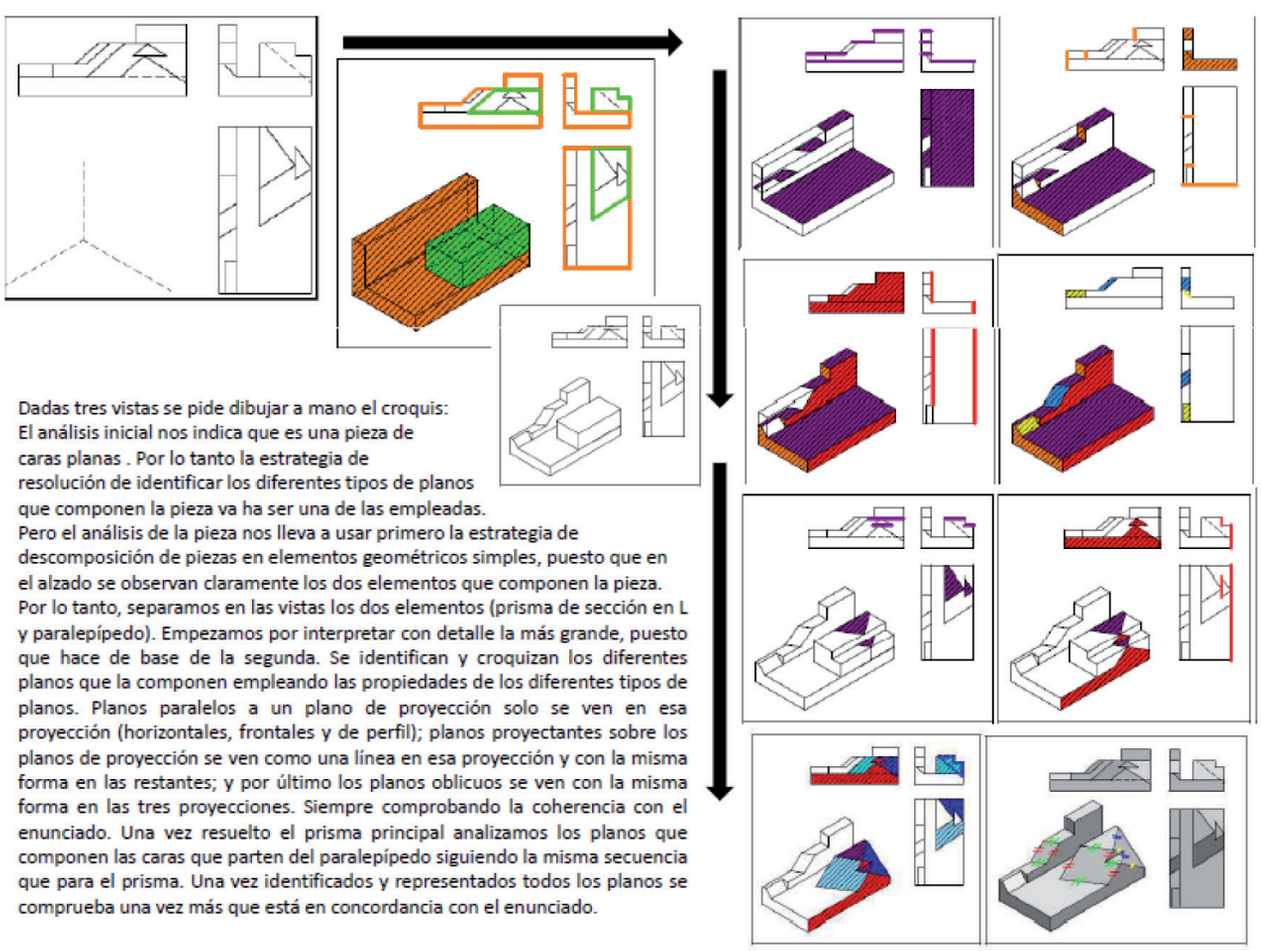



*Fig. 2: Ejemplo de proceso de resolución siguiendo la estrategia de identificación de planos*

Según Potter [8] los alumnos con un deficiente desarrollo de la capacidad espacial, necesitan aprender mediante imágenes estáticas, dinámicas y transformables, combinándolas en el proceso de resolución. Por ello, se han utilizado las siguientes herramientas:

- Diapositivas secuenciales: Imágenes que ilustran el proceso de resolución de un problema paso a paso, y hace posible avanzar o retroceder en el proceso según las necesidades del alumno.
- Modelos virtuales (CAD): Modelos virtuales creados por programas de CAD que se pueden manipular, rotar, mostrar desde diferentes puntos de vista, seccionar y descomponer en elementos. De esta manera se minimizan las dificultades de relacionar la realidad espacial de un objeto con su representación en el plano.
- Modelos físicos: Modelos que puedan manipular para poder observarlos desde diferentes puntos de vista y comprender sus proyecciones. De esta manera la experiencia se hace los más realista posible.

Es decir, para innovar en la enseñanza-aprendizaje de la visualización de planos industriales, por un lado, se ha mejorado el proceso, creando un método de resolución de problemas y un programa de actividades, y por otro lado, se han actualizado los medios empleados, generando nuevo material instruccional.

El programa de actividades está secuenciado en 8 pasos. A continuación se muestra un resumen del mismo (Tabla 1):

En la segunda columna se indican los indicadores de comprensión específicos a trabajar en dicho paso, y en la tercera se enumeran otros indicadores de compresión que también toman parte en esa actividad.

En la última columna se muestran los diferentes tipos de actividades diseñados para el paso en concreto, acompañado de ejemplos e imágenes aclaratorias.

El nivel inicial es básico; parte de ejercicios de muy bajo nivel de dificultad puesto que no todos los alumnos que se han matriculado han cursado dibujo en bachiller. Como ejemplo del nivel final se pueden ver las actividades de los pasos 7 y 8.

## 5. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA Y RESULTADOS OBTENIDOS

Durante dos cursos académicos, esta propuesta de enseñanza ha sido puesta en práctica en dos titulaciones, en cuatro grupos de alumnos, con estudiantes de Ingeniería Industrial de la Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao y con estudiantes de Ingeniería Química de la facultad de Ciencia y Tecnología, de la Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea.

Gráficos de Ingeniería es una asignatura de primer curso de Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial con 6 créditos (4 horas presenciales durante 15 semanas, 40% de presencialidad).

Los contenidos de la asignatura se pueden resumir, de forma general y breve, en los siguientes: Fundamentos geométricos. Curvas y superficies en diseño industrial. Sistemas de Representación: diédrico, axonométrico y de planos acotados. Normalización básica en dibujo técnico. Introducción al Diseño Asistido por Ordenador.

La evaluación de la asignatura se realiza mediante una evaluación continua (prácticas semanales), un control parcial y un examen final. El examen final tiene un peso en la nota final de un 70% y al estar la asignatura colegiada, todos los grupos se evalúan con el mismo examen que diseña el departamento. En dichas pruebas la interpretación de planos tiene un peso de entre un 30% y un 40% de la nota total.

Los estudiantes disponen de una colección de ejercicios propuestos por el departamento que marcan el nivel de la asignatura. Los alumnos realizan 2 o 3 láminas semanales en casa. En estas láminas el peso de la interpretación de planos ronda el 35%.

En los grupos experimentales en los que se ha implementado la propuesta alternativa de enseñanza el peso de la interpretación de planos en la asignatura ha sido de un tercio de la asignatura, es decir, el mismo porcentaje que el de las pruebas evaluatorias y ejercicios propuestos por el departamento.

El objetivo de la investigación era contrastar si había diferencias significativas en los grupos experimentales respecto a los grupos que siguieron una enseñanza tradicional. La creación de los grupos docentes es aleatoria (se crean por apellidos). Por lo tanto, no es de esperar diferencias en el perfil de entrada de los grupos. El test de visualización espacial realizado al principio del curso revela que la media de todos los grupos es similar, confirmando la hipótesis de que el nivel de partida de los grupos a contrastar es el mismo, y de que se trata por tanto de grupos comparables tras la intervención didáctica.

Para analizar las diferencias a final del proceso de enseñanza, se utilizaron varios instrumentos de contraste, combinando análisis cualitativo y cuantitativo [19, 20, 21].

### 5.1. PROBLEMA DE VISUALIZACIÓN DE PLANOS EN EXAMEN

Se han analizado los problemas de examen realizados sobre visualización de piezas durante dos cursos académicos en grupos de alumnos de primer curso en Ingeniería Industrial e Ingeniería Química en primera convocatoria. La asignatura en la que se realizó el estudio era cuatrimestral y tenía dos pruebas evaluatorias del tipo examen, una a mitad del cuatrimestre (parcial), y la otra al final. Los resultados mostrados corresponden exclusivamente al ejercicio de visualización de planos del examen oficial diseñado por el departamento (parcial y final), y que todos los grupos de primer curso han de realizar.

En la Tabla I se puede observar el tamaño de los grupos (N número de alumnos) y la nota media obtenida, tanto del grupo experimental como el de los grupos de control que siguieron un método de enseñanza tradicional. El grupo experimental obtiene en siete de los ocho casos una nota media

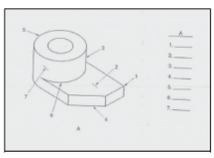
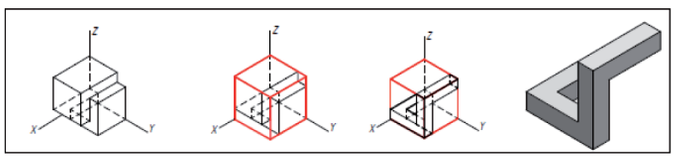
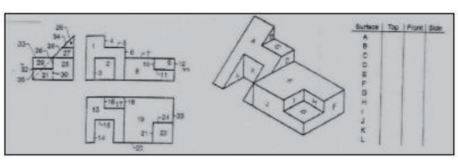
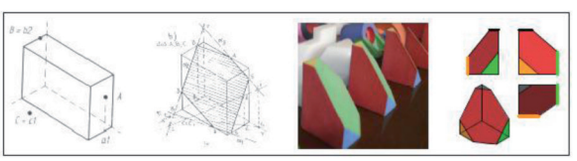
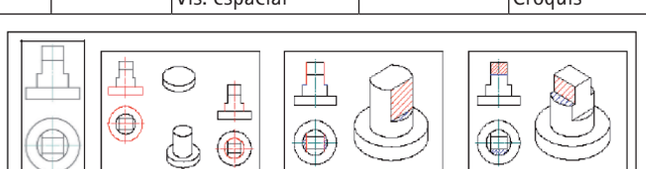
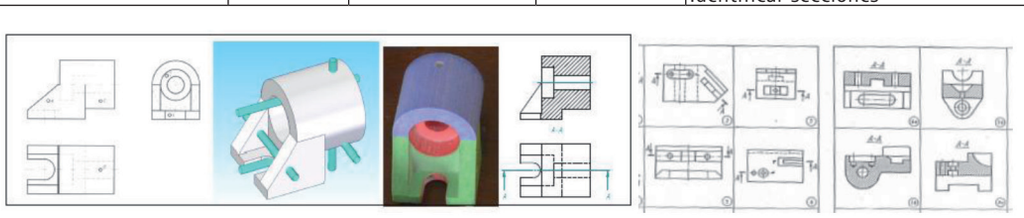
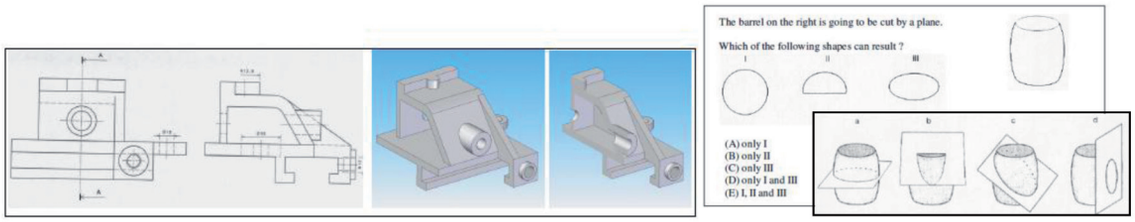
| Paso del Programa de Actividades | Indicador principal | Indicadores empleados | Dimensiones | Tipos de actividades |
|---|---|---|---|---|
| 1. Sistemas de representación, elementos geométricos y desarrollo de la visualización espacial | 1<br><br>Vis. espacial | 4, 9 | 2D y 3D<br><br>de 3D a 2D | Detectar tipos de elementos, puntos de vista, crear vistas, croquis.<br><br>Test de visualización [17] |
|   <br>Actividades de identificar elementos geométricos y trabajar la 3D y el croquis creando el sólido complementario. | | | | |
| 2. Condiciones o reglas de correspondencia (homografía, invariantes) y tipos de planos y características de sus proyecciones | 2 y 3 | 1,4,9<br><br>Vis. espacial | 2D y 3D<br><br>de 3D a 2D | Identificar tipos de planos<br><br>Intersección prisma-plano en perspectiva, croquis y vistas |
|   <br>Ejercicio de identificar tipos de planos partiendo de las vistas y el croquis<br><br>Ejercicio de cortar un prisma por un plano definido por 3 ptos en perspectiva. Se piden las vistas del prisma truncado. Se facilitan imágenes de los modelos CAD y físicos empleados como apoyo. | | | | |
| 3. Resolución de piezas de caras planas | 10 estrategia correspond. | 1,2,3,4,9<br><br>Vis. espacial | de 2D a 3D | Resolución de piezas de caras planas<br><br>Croquis |
| En este paso se les muestra el proceso general resumido como se puede apreciar en la fig.1.<br><br>En la fig. 2 se muestra el proceso de resolución de un ejercicio de este paso. | | | | |
| 4. Resolución de piezas macizas de superficies curvas y con diferentes elementos | 4,5 y 10 | 1,2,9<br><br>Vis. espacial | de 2D a 3D | Piezas de elementos geométricos simples<br><br>Croquis |
|  <br>Secuencia de resolución de piezas simples con elementos de revolución. | | | | |
| 5. Resolución de piezas con vacíos y fundamentos de los cortes | 6,7 eta 10<br><br>Vis. espacial | 1,2,3,4,5,9 | de 2D a 3D<br><br>de 2D a(3D) 2D | Piezas con huecos, ejercicio de perforación. Nuevas secciones/vistas y croquis<br><br>Identificar secciones |
|  <br>Actividad de perforar piezas para trabajar el indicador de material/vacio.<br><br>Ejercicio rápido de identificar planos de corte y los cortes que produce. | | | | |

*Tabla I: Programa de actividades*

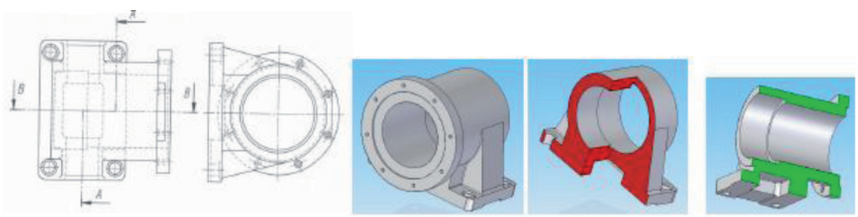
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6. Resolución de piezas con intersecciones entre superficies | 5 y 10 | 1,2,3,4,6,7,9<br><br>Vis.espacial | de 2D a 3D<br><br>de 2D a(3D) 2D | Vistas/secciones de piezas con intersecciones<br><br>Croquis<br><br>Test de visualización espacial de alto nivel [18] |




Pieza con tangencia e intersección entre superficies, partiendo de las vistas tienen que construir el croquis y realizar el corte.

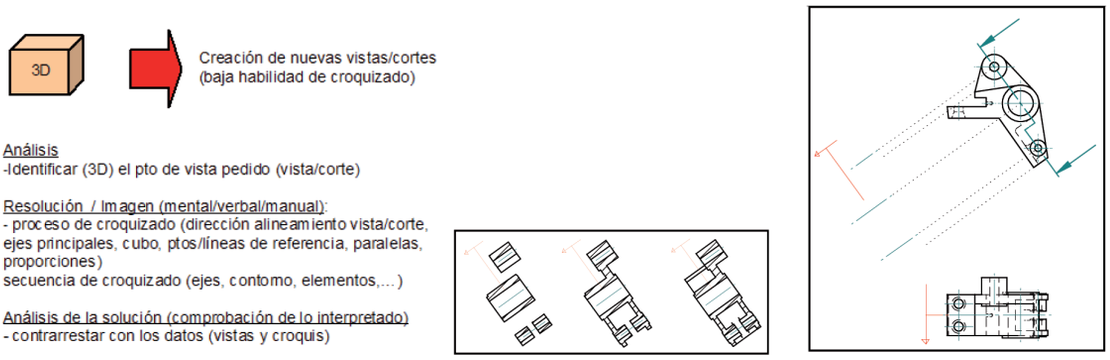
Pregunta del test de capacidad espacial de alto nivel y su imagen explicativa. [36]

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 7. Piezas con elementos industriales | 8 y 10 | 1,2,3,4,5,6,7,9<br><br>Vis. espacial | de 2D a 3D<br><br>de 2D a(3D) 2D | Piezas con elementos industriales<br><br>Croquis |



A partir del enunciado dibujar el croquis y los cortes. Se muestran los modelos CAD empleados en la actividad como apoyo

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8. Resolución de cualquier tipo de pieza industrial | 10<br><br>Vis. espacial | 1,2,3,4,5,6,7,8 ,9 | de 2D a 3D<br><br>de 2D a(3D) 2D | Ejercicios de examen<br><br>Test de visualización espacial [17] |




Se muestra la parte final de resolución de una actividad que consistía en realizar un corte partiendo de las vistas.

*Tabla I: Programa de actividades*

superior a la de control. Analizando el nivel de confianza al aplicar el estadístico t de student, en cuatro ocasiones la diferencia es estadísticamente significativa (nivel de confianza >95%), y en otros dos es algo inferior (94% y 89%). En el único caso en el que las medias son casi iguales en el contraste, el nivel de dificultad del problema propuesto fue el

| | Grupo Experimental N – media examen | Grupo Control N – media examen | % Nivel de confianza (t de student) |
|---|---|---|---|
| Industrial Parcial año1 | 46 – **4,09** | 257 – **3,11** | **99** |
| Industrial Final año1 | 40 – **2,94** | 231 – **2,54** | 89 |
| Industrial Parcial año2 | 56 – **2,87** | 279 – **2,40** | **96** |
| Industrial Final año2 | 51 – **2,03** | 263 – **1,78** | 94 |
| Químicos Parcial año1 | 25 – **3,83** | 20 – **3,43** | 66 |
| Químicos Final año1 | 17 – **3,93** | 17 – **3,99** | **-** |
| Químicos Parcial año 2 | 25 – **4,81** | 9 – **3,29** | **98** |
| Químicos Final año 2 | 24 – **4,39** | 8 – **2,61** | **98** |

*Tabla II: Resultados del problema de visualización de planos en las pruevas evaluatorias de la primera convocatoria*

más bajo de todos, y parece ser que, al ser asequible para la mayoría de los alumnos (mayor nota media del grupo de control), la diferencia en las notas entre el grupo experimental y de control no se aprecia como cuando se proponen problemas de mayor dificultad. Quizás también a que la muestra es pequeña (17 estudiantes), la diferencia no es significativa y no permite extraer conclusiones en este caso.

### 5.2. TEST DE VISUALIZACIÓN ESPACIAL

Se han comparado los test de visualización espacial [17] realizados al principio y al final del curso por cada alumno. Al inicio del curso ambos grupos tienen un nivel de visualización espacial similar. Sin embargo, al finalizar el curso, los dos grupos experimentales (industriales y químicos) obtienen mejores resultados. Estas diferencias no son significativas en todos los grupos, pero siempre son superiores en el grupo experimental, y parecen confirmar una tendencia favorable a la innovación realizada. Estos datos quedan reflejados en la Tabla II.

| | Grupo Experimental N –media test | Grupo Control N –media test | % Nivel de Confianza (t student) |
|---|---|---|---|
| **I. Industrial** | (53) – **6,08** | (292) – **5,37** | **80** |
| **I. Química** | (38) – **7,28** | (14) – **3,25** | **98** |

*Tabla III . Resultados de los test de visualización espacial*

### 5.3. PRUEBA INDIVIDUAL PARA ANALIZAR EL RAZONAMIENTO EMPLEADO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE VISUALIZACIÓN DE PIEZAS

El objetivo de esta parte del estudio es buscar diferencias cualitativas entre los grupos a la hora de resolver problemas de visualización de planos. Se han realizado pruebas individuales a veinte alumnos de ambos grupos, que habían superado el curso el año anterior y tenían que resolver tres ejercicios de visualización de piezas. El alumno tenía que contar que razonamientos y estrategias seguía según en la resolución. El análisis realizado a estas pruebas muestra que el grupo experimental sigue un método razonable de resolución (siguiendo el modelo trabajado en el aula), mientras que el grupo de control sigue basando su resolución en el ensayo-error y la intuición. En el grupo de control aparecen importantes deficiencias en el conocimiento que no aparecen en el grupo experimental. El grupo experimental analiza mejor el enunciado y usa razonamientos y estrategias apropiadas, presenta menos deficiencias en el aprendizaje, y es más eficiente que el grupo de control a la hora de resolver problemas de visualización (Tabla IV).

### 5.4. SATISFACCIÓN Y MOTIVACIÓN DEL ALUMNADO

Otros datos recogidos corresponden a la asignatura completa, y reflejan la influencia de la metodología seguida en la satisfacción y motivación de los estudiantes: asistencia al examen, necesidad de clases particulares y la opinión sobre la docencia recibida. Estos datos se han recogido mediante la encuesta oficial de la Universidad del País Vasco y mediante

| Grupo experimental | Grupo de control |
|---|---|
| "La forma de superficies planas se mantiene"<br>"La secuencia de resolución que empleo va de lo general al detalle"<br>"Descompongo la pieza en elementos" | "Creo que es una figura plana cuadrada que veo como un triangulo"<br>"Dibujo las vistas en las caras del cubo, y si lo consigo, ¡fantástico!"<br>"Ensayo y error, intentarlo una y otra vez, no tengo método, no veo" |

*Tabla IV: Extractos de entrevistas donde se refleja la diferencia cualitativa de los grupos*

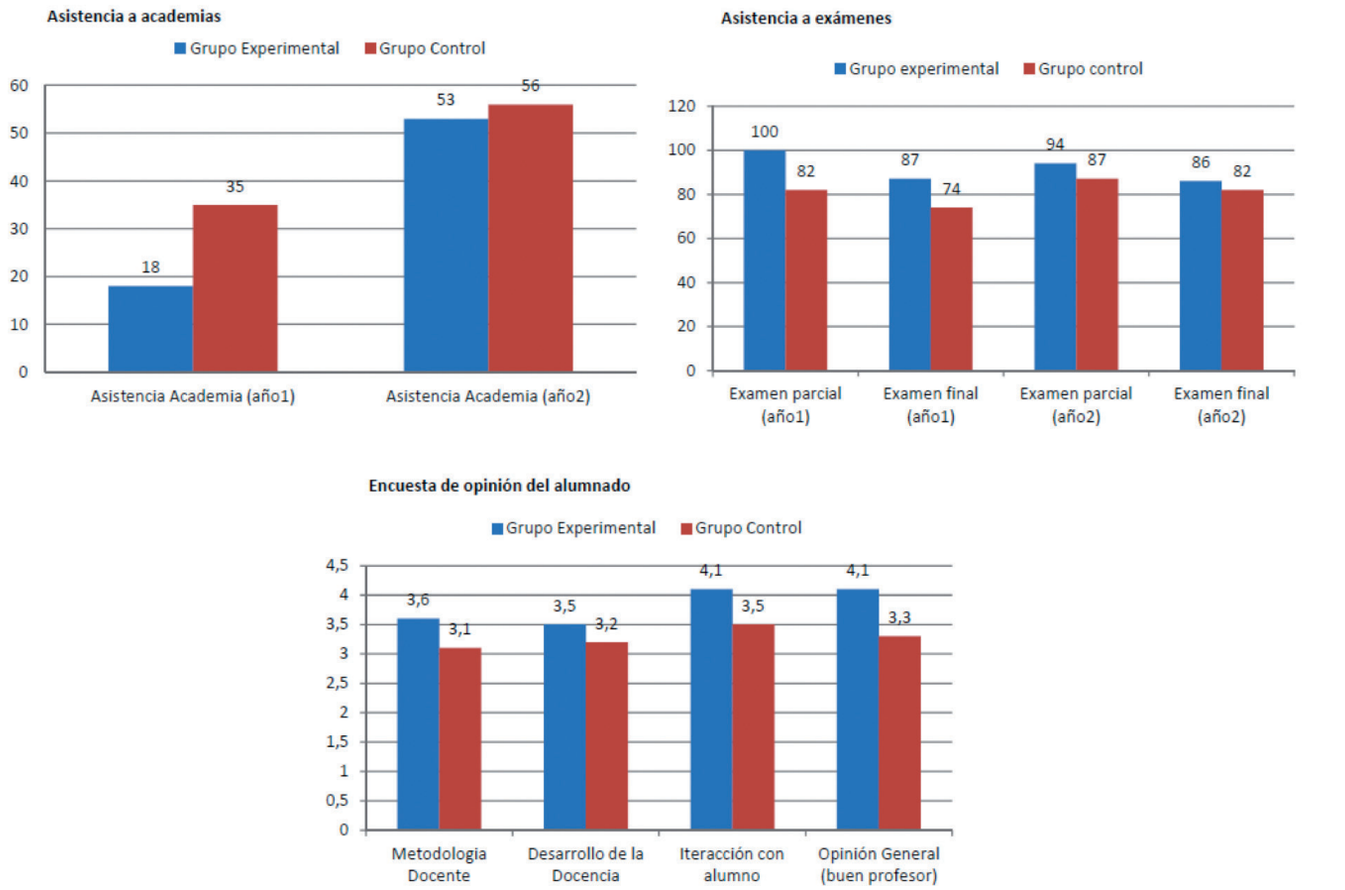



*Fig. 4: Datos de asistencia a academias (%), asistencia a exámenes (%) y opinión del alumno(sobre 5)*

cuestionarios propios. En los grupos experimentales se obtiene un mayor porcentaje de presentados al examen, un menor uso de las clases particulares, y una mayor satisfacción con la docencia recibida (Figura 4).

## 6. CONCLUSIONES

En este artículo se presenta una propuesta de enseñanza alternativa para la visualización de piezas, una competencia de gran importancia en todas las ingenierías, y que presenta un considerable fracaso en las asignaturas de expresión gráfica. La situación puede ser debida a la inexistencia de un proceso sistemático para analizar formas complejas, como refleja el hecho de que en la revisión de los libros de texto en la materia no se haya encontrado un método claro y desarrollado para resolución de problemas de visualización.

Por otro lado, la investigación didáctica ha demostrado que además de los contenidos teóricos, otros conocimientos como los procedimentales tienen que ser tomados en cuenta en la enseñanza. A través del análisis de las dificultades de los estudiantes al interpretar planos, el análisis de la forma de resolver de los profesores, y la revisión bibliográfica de libros de texto y revistas de investigación, se han definido diez indicadores de compresión que constituyen los objetivos de aprendizaje para poder visualizar planos industriales. Asimismo, se ha propuesto un método de resolución de problemas adaptado a la visualización de piezas, integrando en el proceso de resolución, conceptos, estrategias y formas de razonamiento específicos de la interpretación de planos.

Para su desarrollo, se ha diseñado un programa de actividades que está secuenciado para trabajar los diferentes indicadores con actividades específicas. En su implementación en el aula, se ha seguido la estrategia de interactuar con el alumnado discutiendo el proceso de deducción y los razonamientos seguidos en el proceso de resolución de los problemas, ayudados en la discusión del nuevo material instruccional diseñado para este aprendizaje.

Como la capacidad espacial está relacionada con el desarrollo de la competencia de visualización, se han integrado en el programa de actividades herramientas que sirven de ayuda a los estudiantes para relacionar la realidad espacial con su representación en el plano, como modelos virtuales realizados mediante CAD y modelos físicos realizados me-

diante máquinas de prototipado rápido.

Finalmente se han mostrado los resultados de la intervención didáctica realizada en los primeros cursos de ingeniería, y se han comparado con la enseñanza tradicional, tanto cuantitativa como cualitativamente. Los resultados son mejores en el grupo experimental que ha seguido esta enseñanza alternativa:

- Ha habido una mejora en el aprendizaje de los estudiantes: los resultados de los exámenes son mejores en el grupo experimental, y los alumnos afirman poseer un método de resolución para los problemas de visualización de piezas. Las estrategias y razonamientos que siguen en la resolución de los problemas son más eficientes y presentan menos deficiencias que en el grupo de docencia tradicional. La mejora en la capacidad espacial también es superior en el grupo experimental.
- Esta propuesta de enseñanza-aprendizaje ha provisto a los alumnos de los medios, conocimientos y estrategias como para poder seguir el curso y asimilar la competencia de la visualización de planos. El mayor porcentaje de presentados a exámenes respecto al grupo de control, y la menor necesidad de recurrir a clases particulares apoyan esta afirmación.
- Los alumnos valoran positivamente este método de enseñanza según queda reflejado en las encuestas de opinión sobre la evaluación de la docencia.

Los resultados obtenidos parecen ser debidos a los cambios introducidos en la metodología de enseñanza, que podrían ser extrapolables a otros contextos. Estos resultados son esperanzadores y futuras intervenciones de esta propuesta alternativa de enseñanza deberían ser desarrolladas en más grupos de docencia para dar validez a la misma, y contribuir a que los estudiantes adquieran mejor la capacidad de interpretar planos industriales.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

[1] Smith I. "Spatial ability—Its educational and social significance". London. 1964. University of London Press.
[2] Maier PH. *"Ra¨umliches Vorstelllungsvermo¨gen. Komponenten, geschlechtsspezifishe Differenzen, Relevanz"*. Entwicklung
und Realisierung in der Realschule. Frankfurt. 1994
[3] Ortega JM, Urraza G, Muniozguren J. *"Las competencias en dibujo ante las necesidades de la empresa"*. Dyna. Vol. 85-2, 2010. p. 139-147. DOI: http://dx.doi.org/10.6036/293333
[4] Garmendia M, Guisasola J, Sierra E. "*First-year engineering students' difficulties in visualization and drawing tasks"*. European Journal of Engineering Education. Vol.32-3. june 2007. p. 315–323. http://dx.doi.org/10.1080/03043790701276874
[5] Sorby, Baartmans. *"The Development and Assessment of a Course for Enhancing the 3-D Spatial Visualization Skills of First Year Engineering Students"*. Journal of Engineering Education, Vol.22-3 200,p. 470–77
[6] Luzzader W, Duff J. "Fundamentals of Engineering Drawing". United States. 1986. Prentice Hall.
[7] Garmendia M, Guisasola J, Sierra E. *"Teaching Part Visualization: An Approach Based on Problem Solving Strategy Knowledge"*. International Journal of Engineering Education. Vol.25-4. 2009. p. 1205-1211.
[8] Potter C, Van der Merwe E. *"Perception, imagery, visualization and engineering graphics"*. European Journal of Engineering Education. Vol.28-1. 2003. p. 117–133. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/0304379031000065216
[9] Guisasola J, Almudı´ M, Ceberio M et al. *"A teaching strategy for enhancement of physics learning in the first year of industrial engineering"*. European Journal of Engineering Education. Vol.27-4. 2002, p. 379–391. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/03043790210166675
[10] Litzinger, Vanmeter, Firetto, Passmore etal. "A Cognitive Study of Problem Solving in Statics". Journal of Engineering Education, Vol.99-4 2010, p.337-353
[11] Saorín JL, Navarro RE, Martín N et al. *"La capacidal espacial y su relación con la ingeniería*". Dyna Vol. 84-9. 2009. p. 139-147. DOI: http://dx.doi.org/10.6036/2933
[12] Sierra E, Garmendia M, Minguez R et al. *"Análisis de la asimilación de la competencia 'ver en el espacio' en el ámbito de los estudios de ingenierıia"*. XIII Congreso universitario de innovación educación en las enseñanzas técnicas. 2005. Gran Canaria
[13] Maloney D. "Research on Problem Solving: Physics". Handbook of Research in Science Teaching and Learning. 1994. Ed. MacMillan Publishing Company.
[14] Mathewson JH. *"Visual-spatial thinking: An aspect of science overlooked by educators"*. Science & Education. Vol.83-1. 1999, p. 33–54. 10.1002/(SICI)1098-237X(199901)83:1<33:AID-SCE2>3.0.CO;2-Z
[15] Bertoline GR, Wiebe EN. "Technical Graphics Communication". United States. 2003 McGraw Hill.
[16] Lellan Mc. "*Cognitive issues in virtual reality".* Journal of Visual Literacy. Vol.18-2. 1998, p. 175–199.
[17] Titus S, Horsman E. "The Visualization Survey". Madison. 2005. Univ. Of Winsconsin.
[18] Quaiser-Pohl. "*The Mental Cutting Test 'Schnitte' and the Picture Rotation Test-Two New Measures to Assess Spatial Ability*", International Journal of Testing, Vol.3-3 2003, pp. 219–231.
[19] Carr W. "*Action Research: Ten years on", Journal of Curriculum Studies.* Vol.21-1. 1989. p. 85–90.
[20] White TR, Ginstone FR. *"Mental learning and conceptual change"*. International Journal of Science education. Vol11. 1989. pp. 577–586.
[21] Larkin JH, Rainard B. "*A research methodology forstudying how people think*", Journal of research in science teaching, Vol.21-83. 1984. p. 235–254.