

**INFORME FINAL SOBRE LA EXPERIENCIA DIDÁCTICA
DESARROLLADA AL AMPARO DEL PROYECTO DEL
MEC Y DEL CONTRATO PROGRAMA CON LA D.G.A.
PARA DISEÑAR ACCIONES DE CARA A LA ADAPTA-
CIÓN DE LAS TITULACIONES DE LA U.Z. AL EEES.**

Título:

Fomento del trabajo personal y colaborativo en clase.

Evaluación del alumnado mediante realización de proyectos.

(Nivel B)

Profesora: María Isabel Torrecilla.

Asignatura: Termotecnia (3º de Electrónicos)

Dpto. de Física Aplicada

Centro: E.U.I.T.I.Z

La experiencia didáctica está basada en sólidos fundamentos teóricos que guían la elaboración de nuevos materiales y su utilización en un entorno de metodología activa en clase. En coherencia con lo anterior el sistema de EVALUACIÓN se basa en el trabajo realizado en ella y el desarrollo de UN PROYECTO DE CARÁCTER TÉCNICO

ÍNDICE.

- 1- Fundamentos didácticos teóricos.
- 2- Enfoque global de la asignatura.
- 3- Desarrollo de materiales didácticos.
- 4- Metodología aplicada en clase.
- 5- Sistema de evaluación del alumnado.
- 6- Valoración de la experiencia.
- 7- Listado de anexos.

1- Fundamentos didácticos teóricos.

Los fundamentos teóricos base de la experiencia docente se encuentran recogidos en el capítulo II de mi tesis doctoral realizada en el Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales.

En ella asumo como característica principal de la didáctica su extrema complejidad y la conveniencia, por tanto, de hacer uso de la teoría de sistemas para su consideración teórica.

Entresacaré aquí algunos párrafos que permitan acercarse brevemente a dicho marco.

Se entiende por Didáctica la “ciencia que se ocupa de las condiciones de difusión y de adquisición intencional de los saberes científicos adecuados a las necesidades de las instituciones “ “El didacta se interesa por el juego que se establece entre un enseñante, los alumnos y un saber. Tres elementos pues: es el sistema didáctico...(…) “Se trata de describir cómo un enseñante (P) puede intervenir en las relaciones de un alumno (A) con un medio (M) para modificar los conocimientos que el alumno toma de él, de forma que “adquiera” un saber (S) definido en una cierta institución”.

Esta didáctica asigna un papel predominante al saber específico en juego y a la institución en la cual se enseña ese saber. También a la interrelación entre esa institución y el resto de la sociedad en la cual está inmersa (llamada “noosfera” o esfera de influencia sobre la institución).

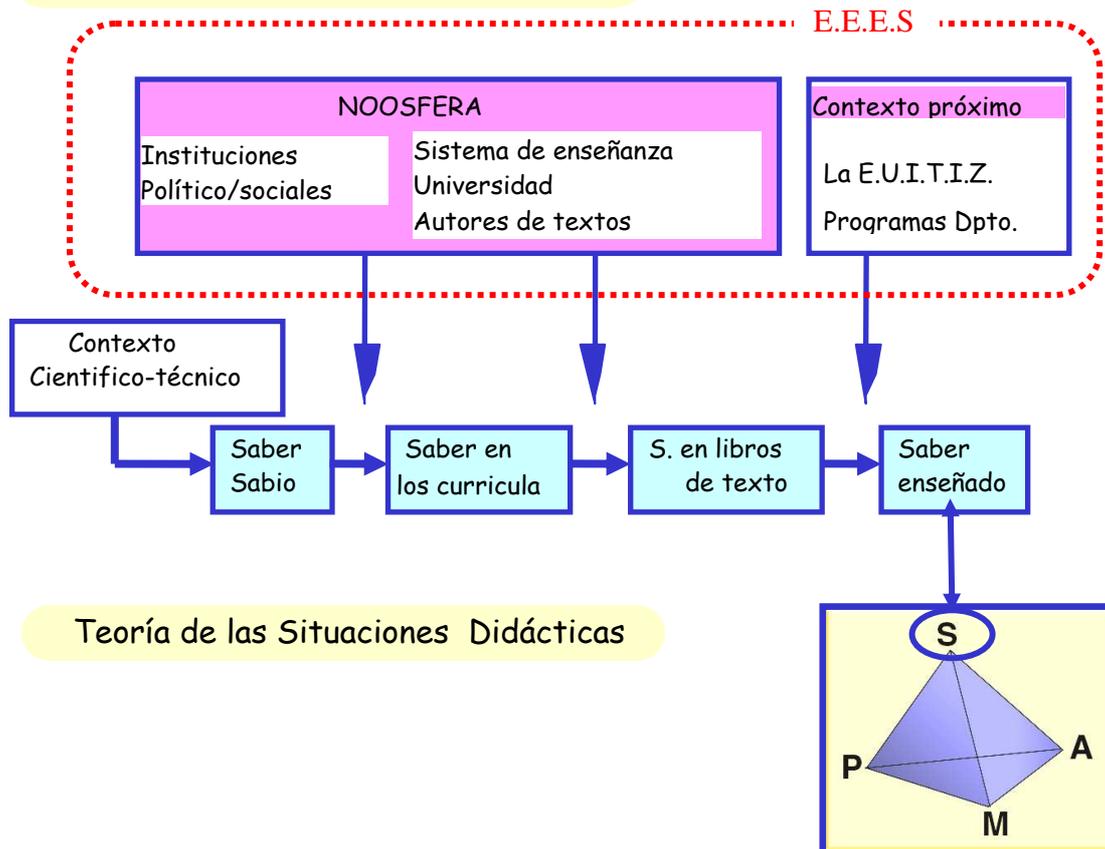
Esta didáctica propone una tecnología, la “Ingeniería Didáctica”, derivada de ella y que permite incidir sobre el sistema. “El término de Ingeniería Didáctica designa a una forma de trabajo didáctico comparable con la del ingeniero: se apoya en el conocimiento científico de su dominio, acepta someterse a un control de tipo científico pero, al mismo tiempo, se encuentra obligado a trabajar con objetos mucho más complejos que los objetos puros de la ciencia, sobre los cuales debe actuar prácticamente, utilizando todos los medios de que dispone, pero también con problemas que la ciencia no puede, o no ha podido aún, resolver”.

Dentro de la Didáctica fundamental, y para posibilitar la acción racional sobre el sistema, se han elaborado teorías que modelizan distintos aspectos del funcionamiento del sistema de enseñanza. Son de particular interés:

La *Teoría de la Transposición Didáctica (T.T.D.)*, que trata de las modificaciones que sufren los saberes (matemáticos y científicos) en el proceso de su difusión.

La Teoría de las Situaciones Didácticas (T.S.D.) que modeliza y clasifica las interacciones entre los elementos del sistema didáctico

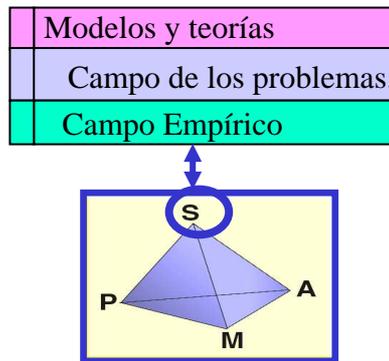
La Teoría de la Transposición Didáctica



Las bases generales para diseñar el desarrollo de la asignatura (y de cada saber particular que forma parte su estructura) son, en mi caso:

- **La integración de dos prácticas sociales de referencia:** la de la comunidad científica (las Escuelas de Ingeniería son centros Universitarios) y la práctica social del Ingeniero (práctica cambiante, a analizar en cada momento).

Aunque no son totalmente separables, la **práctica social del científico** nos aporta el análisis epistemológico del saber y la consideración de elaboración del mismo como una construcción intelectual que pone en juego (en una determinada problemática) los niveles interrelacionados de modelos y teorías y campo experimental (**Modelo "trinitario" del saber**).



La práctica social del Ingeniero no sólo delimita el referente empírico (instalaciones técnicas y fenómenos asociados) y la problemática a considerar (que va a incidir sobre el modelo) sino que plantea la necesidad de un enfoque horizontal en el estudio de la realidad, un estudio donde converjan, simultáneamente, los saberes específicos de varias ramas de la ciencia. También la necesidad de tener en cuenta las aptitudes y habilidades que la sociedad demanda de los titulados.

Ambas quedan reflejadas en las sucesivas leyes educativas (ver capítulo V de mi tesis referido a la historia de las EUITIs). Por ejemplo en las directrices generales (1987) comunes a todos los planes de estudio universitario y que plantean como uno de los objetivos “Acercar la formación universitaria a la realidad social y profesional de nuestro entorno, de suerte que, sin abandonar las irrenunciables tareas de transmitir la ciencia y realizar investigación, pueda la Universidad (...) dar respuesta a las nuevas demandas de mercado de trabajo”.

- **La teoría de las situaciones didácticas** para diseñar, para cada saber concreto, el medio (M) más enriquecedor y apropiado (apuntes bien elaborados, vídeos, ordenador, montajes experimentales...) y las relaciones más pertinentes entre ese medio (M), el alumno (A) y mi persona como profesora (P) (secuenciación de actividades, trabajo individual o en grupo, puesta en común de resultados, .. etc.) para que la adquisición de ese saber por el alumnado se aproxime al previsto.
- **Un enfoque sistémico de laboratorio docente** de Termodinámica.

Las prácticas de laboratorio pueden concebirse como el análisis de un sistema cuyo conocimiento requiere enfoques concurrentes (aspecto multidisciplinar) y aproximaciones sucesivas (cada vez más profundas)

A los Ingenieros se les asigna, entre otras, funciones de diseño y mantenimiento de instalaciones. Estas deben, pues, constituir un elemento clave del medio didáctico(M).

El programa de Termotecnia está dedicado, en buena parte, al estudio de las mismas (pueden ser instalaciones reales, reales “didactificadas” o didácticas (diseñadas específicamente para laboratorios docentes).

Una instalación puede estudiarse en principio como un modelo de caja negra con entradas/salidas, pero también como compuesta por una serie de sistemas interrelacionados, cada uno de los cuales puede estudiarse con mayor profundidad llegando a estudiar los procesos básicos que rigen su funcionamiento. Las prácticas básicas habría que relacionarlas con este último apartado.

Por último, quiero trasladar alguna de las propuestas finales de la tesis cuya puesta en práctica supone la base de este proyecto de innovación

“Proponemos que la problemática planteada en cada sesión se integre en campos problemáticos de orientación técnica, donde queden interrelacionados (con viajes de ida y vuelta) desde los conocimientos puestos en juego en prácticas básicas hasta aquéllos relacionados con instalaciones más complejas.

“Proponemos organizar el curriculum práctico en campos de prácticas constituyendo, cada uno de ellos, un conjunto de situaciones de laboratorio complementarias que conformen el referente empírico común a un modelo y profundicen en la relación entre significante y significado”.

“Proponemos la reflexión retrospectiva sobre el tipo de actividad modelizadora realizada en cada sesión y en el desarrollo de un campo de prácticas.”.

La tesis termina con

“Creemos que la Didáctica experimental tiene, entre otros retos, la búsqueda de herramientas de análisis cada vez más convergentes y la transposición de los docentes, de los resultados que van configurando su depósito experiencial. La interrelación entre el referente empírico que el mundo del aula representa y los modelos explicativos elaborados en base a las distintas ramas que confluyen en la didáctica, constituyen, a nuestro modo de ver, un reflejo del proceso de elaboración científica mostrada en estas páginas”.

En estos momentos hablamos de INNOVACIÓN, de nuevas metodologías que lleven a mejorar la calidad de enseñanza. A mi modo de ver toda innovación debería ir

acompañada de un MODELO TEÓRICO que permita DISEÑAR LA ACCIÓN innovadora y que dote de HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS para comprobar si el cambio se produce en la dirección prevista.

Es en esa línea en la que para mí resulta de gran utilidad el campo teórico descrito. Hablar del *Espacio Europeo de Enseñanza Superior* es hablar de un momento particular en el proceso de transposición de los saberes. La Universidad como Institución va a estar sometida a una esfera de influencia social sin precedentes (Europa). La técnica avanza a pasos agigantados (en particular los medios de transmitir-acumular-aprender-compartir CONOCIMIENTO) y la Universidad debe abordar los retos derivados de la innovación en las formas de generación y transmisión de dicho conocimiento. En el proceso de construcción de una comunidad europea de ciudadanos los agentes sociales requieren y explicitan nuevas necesidades (de saberes, de aptitudes, de habilidades) a las que los profesores, con pequeños pasos, pero ORIENTADOS, debemos ir dando satisfacción.

La habilidad esencial es que el alumnado “APRENDA A APRENDER”, sea consciente de cómo aprende. El proceso de formación actual debe tener como perspectiva mantener el interés por aprender, de forma que el aprendizaje sea permanente y facilite la adaptación de nuestros futuros profesionales/ciudadanos a retos y situaciones cambiantes.

Esta habilidad esencial es la que debe permanecer sea cual sea el plan de estudios vigente. En el vigente (a desaparecer) se explicita que:

“El primer curso debe proporcionar la formación básica conceptual e instrumental que la ingeniería eléctrico-electrónica requiere, incluida la adquisición de las herramientas básicas de trabajo; el segundo curso se dedica a los conocimientos técnicos que forman la base común de la electrónica, el control y las máquinas eléctricas; el tercer curso desarrolla conocimientos avanzados de tales materias, junto con los aspectos formativos propios del desempeño de la profesión; las asignaturas optativas de segundo , y sobre todo, las de tercer curso, permiten **completar la formación de cada estudiante, profundizando en aquellos aspectos de mayor interés para su futuro profesional y permitiendo la diversidad en el currículum individual.**”

(La asignatura de Termotecnia se encontraría dentro del último párrafo)

En el LIBRO BLANCO de titulaciones de GRADO de Ingeniería de la Rama Industrial (propuesta de las Escuelas que imparten Ingeniería Técnica Industrial) se considera proponer una titulación en Electrónica y Automática con libertad para que cada Universidad pueda modular un cierto nivel de intensificación. Se hace asimismo

hincapié en que un profesional formado en Electrónica y Automática además de tener un espectro amplio de colocación, tiene ante sí unas enormes posibilidades de reorientación profesional debido a su carácter transversal).

En las directrices generales (3 de marzo de 2006) aparece la FICHA TÉCNICA DE PROPUESTA DE TÍTULO UNIVERSITARIO DE GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA.

En ella aparecen como competencias “El diseño, instalación, mantenimiento y operación de sistemas automatizados”... “Capacitar para el análisis concepción y desarrollo de soluciones en las que se requiera el uso de sistemas electrónicos en diversos campos de aplicación...” (La asignatura de Termotecnia sería un sustrato sobre el que aplicar los sistemas de regulación y control)

Sin embargo, el conjunto de esta FICHA TÉCNICA no está exenta de debate (dada la estrecha relación entre la Electrónica, la Informática y las Telecomunicaciones y es muy probable que se modifique notablemente tanto en competencias específicas como en programas.

2. Enfoque global de la asignatura.

Consciente de la importancia que tiene la motivación en el proceso de aprendizaje y de que una misión del ingeniero es diseñar instalaciones, el programa se desarrolla en torno a un núcleo temático ingenieril (la climatización de un edificio) en el cual converge el estudio de los temas científicos que lo hacen posible. Estos estudios deben capacitarles para la elaboración de proyectos y realización de diseños de equipos; para la dirección de procesos de fabricación y el desarrollo de las actividades propias de un técnico de fabricación; para el montaje, mantenimiento y reparación de equipos e instalaciones; para efectuar valoraciones y peritaciones; para la docencia en los niveles legalmente previstos, etc., en el contexto de su especialización en Electrónica Industrial.

Los objetivos indicados en la guía académica para la signatura de Termotecnia son:

- Dotar al alumnado de conocimientos que le permitan diseñar instalaciones de climatización.

- Aprovechar ese núcleo temático central como elementos motivador para el estudio de los temas de Termodinámica relacionados con él.

- Integrar, en sucesivas unidades didácticas, la triple faceta del saber (planteamiento de problemas, aspectos experimentales y aspectos teórico)
- Posibilitar el estudio autónomo del alumnado poniendo en red los apuntes elaborados, los problemas planteados y las prácticas de laboratorio relacionados con cada tema.
- Fomentar el contacto con/entre el alumnado.

3. Desarrollo de materiales didácticos.

¿Qué medios utilizar para poner en contacto al alumnado con el saber?.

Creo que cuanto más variadas sean las situaciones, mejor. Por dos razones:

- Porque cada persona tiene unos “anclajes” cognoscitivos, una red de conocimientos previos y un nivel de maduración distinto. Cuanto más diverso sea el medio presentado, más posibilidades hay de “conectar” con su sistema propio de aprendizaje.
- Porque cuanto más variadas sean las circunstancias en las que se utiliza un concepto, más generalidad y profundidad se le da al mismo.

Así pues, en la asignatura de Termotecnia se utilizan:

- Apuntes estructurados del temario y colección de problemas (ver Anexo 1)
- Presentaciones en power-point de dicho temario (Anexo 2 en formato digital)
- Instalaciones didácticas o reales “didactificadas” (descritas en libro de prácticas).
- Libro de prácticas (TORRECILLA M. *Prácticas de Termodinámica y Termotecnia*, Prensas Universitarias de Zaragoza, 1995)
- Vídeos didácticos

De edición propia

“Índice de prácticas”

“El frigorín”

“Aire acondicionado en una biblioteca”

“Instalaciones solares”

“Termometría”

Comerciales (“El compresor” “Mantenimiento de una caldera de calefacción”...etc.

- Ordenador (para simulación, para adquisición de datos, para tratamiento de datos, para uso de internet, para uso de software profesional)
- Catálogos comerciales, reglamentación,...

Tanto los apuntes como la colección de problemas (en su versión texto o power point) se encuentran en el anillo digital docente. El libro de prácticas está editado en Prensas Universitarias.

4. Metodología aplicada en clase.

Las clases se desarrollan íntegramente en el laboratorio (al ser asignatura optativa el grupo no suele ser muy numeroso). El alumnado está dispuesto a los dos lados de bancadas alargadas. El mobiliario es cómodo.

Aunque puede cambiar ligeramente dependiendo del tema, el esquema general de desarrollo es:

- Explicación previa de la relación que tiene el tema en estudio dentro del proyecto de climatización.

- Realización de una serie de prácticas ligadas con un mismo saber (lo que en la tesis denominaba “campo de prácticas”). Por ejemplo: Para el tema de las condiciones de confort las prácticas siguientes: medidas de la humedad relativa con el higrómetro y psicrómetro, calibración de distintos tipos de termómetro, medida de velocidad del aire con el anemómetro...). Estas prácticas están recogidas en el manual y llevan una breve introducción teórica que permiten una primera toma de contacto con los conceptos que están en juego. Esa introducción la estudian en clase, a nivel particular (o en pareja). Las prácticas suelen realizarse en parejas.

- Breve puesta en común (en grupo grande) después de la realización de todas las prácticas que constituyen el “campo”. Reflexión sobre su incidencia en relación con el proyecto de climatización.

- Ampliación de los modelos teóricos. Para ello utilizo las presentaciones en power-point. Dichas presentaciones están elaboradas de forma que fomentan la participación continua del alumnado. Ello se consigue utilizando la capacidad de animación del programa y mi paciencia para no caer en el desánimo a pesar de sus “no sé” iniciales.

Hay que hacer notar que el alumnado dispone del material (digital e impreso) y, por tanto, no precisa estar copiando y facilita su interactividad.

- Intercaladas en las actividades anteriores, se plantean los problemas. El alumnado dispone del enunciado que, además, está en pantalla. Dada la organización espacial suelen trabajar en parejas, con intercambio continuo, además, con las personas que tienen enfrente. Disponen de las tablas o diagramas necesarios. Mi actividad en esos momentos es atenderles de manera personalizada (dar pistas, preguntar, responder a sus cuestiones...)

Los ejemplos esenciales que están resueltos de manera escalonada en power point NUNCA se muestran en pantalla antes de que ellos hayan obtenido las soluciones. Sólo se hace después, como forma de comprobación o de presentar de forma ordenada los resultados.

- Hay dos problemas que resultan clave en el curso: un ejemplo de diseño de una instalación de calefacción y otro de diseño de una instalación de refrigeración. En ambos casos, y para mostrar la forma de trabajar de los profesionales del ramo, se han tomado los ejemplos de manuales de formación de casas comerciales. Esto permite también debatir sobre el grado de “bondad” del método empleado a la vez que entran en contacto con protocolos profesionales.

- En aquellos temas en los que se dispone de vídeos, la forma y momento de visionado depende de sus características particulares y su relación con el tema. Por ejemplo: el vídeo “El frigorífico” se pone después de leer en clase la introducción teórica básica, como refuerzo a la misma y como previo a la realización de la práctica que.

En cualquier caso cabe decir que los vídeos pueden servir para motivar el estudio de un tema, explicar (mediante animaciones) los procesos que tienen lugar dentro de las instalaciones y para acercar instalaciones reales a la clase (por ejemplo: el vídeo sobre instalaciones solares, de edición propia). Sin embargo también deben cumplir condiciones: deben estar muy relacionados con el tema en estudio, no pueden ser largos y deben visionarse con pausas que posibiliten su aprovechamiento.

- Las simulaciones con ordenador o la toma de datos con el mismo están integradas, dentro de la realización de alguna de las prácticas .

Algunos dispositivos de adquisición de datos o programas de simulación son el resultado de Proyectos Fin de Carrera de alumnos de cursos anteriores (“Simulación del

ciclo de compresión”, “Obtención de la curva de presión de saturación del agua ”
“Obtención de la curva de rendimiento de un panel fotovoltaico””Higrómetro digital”...

Así mismo se usan programas profesionales de diseño de instalaciones.

Las situaciones de trabajo en parejas dar lugar, en muchas ocasiones, a lo que Brouseau llama “situaciones de acción” (el alumno actúa sobre el medio) y “situaciones de formulación“ (el alumno expresa lo que él entiende del saber). Las de puesta en común de resultados a “situaciones de institucionalización” (el saber debe ser, al final, el que la Universidad como institución ha previsto) el institucionalizado en el currículo universitario)

En cuanto a la *temporalización*, a principios de diciembre se han desarrollado los temas que van a permitir al alumnado empezar a trabajar en su proyecto fin de curso. En principio son ellos los que se buscan los planos y demás datos del edificio a climatizar. Si alguna persona tiene dificultades, se los apporto yo. El objetivo es que, en Navidades, puedan empezar a trabajar en él y continúen haciéndolo después de vacaciones aplicando a su proyecto lo que vamos desarrollando en clase.

Aunque la idea sería acabar el proyecto al mismo tiempo que el curso eso no ha sucedido nunca. La teoría también habla de “restricciones didácticas”. En este caso el alumnado se encuentra inmerso, nada más acabar el trimestre, con numerosos exámenes a realizar que centran por completo su actividad. Por eso amplí el plazo de presentación hasta un mes después de la fecha de su último examen. Esto permite, además, un mayor uso del horario de TUTORÍAS para responder a las cuestiones concretas con las que se van encontrando en el desarrollo del trabajo.

5. Sistema de evaluación del alumnado.

La evaluación del alumnado se realiza en base a dos aspectos:

- Los informes que realizan de las prácticas de laboratorio (a las que acompañan cuestiones) y el trabajo en clase (40% de la nota)
- El trabajo fin de curso (60%)

A pesar de que en clase se trabaja en parejas o grupo, los informes y el trabajo final son individuales. En el primer caso porque las cuestiones a responder requieren el estudio del tema y en el segundo porque el objetivo del curso es que el alumno se haga cargo de la globalidad del proyecto, es decir de *todos* los aspectos que intervienen en el diseño.

5. Valoración de la experiencia.

Valoración de la profesora.

Trabajar con un objetivo global (PROYECTO) ayuda a:

- Motivar el estudio.
- Percatarse de la multiplicidad de disciplinas que concurren en su realización (Termodinámica, sí, pero también Mecánica de Fluidos, Química, Electrónica ...), situación habitual en su futura práctica profesional
- Conectar con los métodos profesionales de diseño. (Programas informáticos, manuales de formación, catálogos comerciales,...

Nota: A pesar de que la asignatura es tangencial a su especialidad (Eléctronica) hay alumnos que realizan el proyecto fin de carrera con este tema y también hay ex-alumnos trabajando profesionalmente en este campo

Trabajar con múltiples materiales y actividades permite

- Favorecer que el ambiente en clase sea de trabajo relajado y cooperativo, con múltiples y variadas intervenciones
- Aumentar las posibilidades de conectar con la forma particular de
- Fomentar los procesos de “ida y vuelta” (modelo/experimentación/modelo) que caracterizan el aprendizaje.

Disponer de materiales digitalizados posibilita

- Mayor autonomía y flexibilidad

Estudio previo a la clase; estudio de temas considerados “complementarios”
Uso de los power-point a su ritmo, aprovechando las animaciones para
“adelantarse” a las respuestas, los vídeos para visionarlos repetidas veces,..

- Centrar la atención en la actividad de clase
- Que la asignatura pueda, en un futuro reducir su carga presencial.

Evaluar el trabajo realizado hace que

- Disminuya notablemente el factor “suerte”
- Aumente el éxito académico del alumnado
- Se aproxime a la evaluación profesional futura

Dentro del marco teórico se habla de “**restricciones didácticas**”. En nuestro caso:

- El alumnado en este momento tiene gran número de horas en el centro y eso restringe el tiempo de estudio a dedicar en casa. (Esto cambiará con EEES)
- La asignatura es de 6 créditos.

Esto limita la profundización con que pueden tratarse algunos temas. La opción es dejarlo como materia elaborada (impreso y/o power point) pero sin desarrollarlos en clase ni exigirlos.

- Los horarios de tutorías coinciden con el desarrollo de otras clases.
- Cuando realmente las utilizan más es después de acabado el curso, durante la realización del proyecto.

Valoración del alumnado.

Los comentarios (orales o a través de encuestas) expresan satisfacción .

El alumnado evalúa con una nota que oscila entre 4 y 5 las preguntas de la encuesta oficial que hace la Universidad para esta profesora en esta asignatura.

7. Anexos

- I. Vídeos de edición propia
- II. (1 ,2, y 3) Desarrollo de los temas y algunos problemas en power-point
- III. Capítulos de la tesis a los que hago referencia

Innovación docente.