



**Departamento de  
Ingeniería Mecánica**  
**Universidad Zaragoza**

**INFORME del proyecto**

**“Metodología de evaluación de la validez de procesos innovadores”**

**Coordinador 1: Velasco Callau, M<sup>a</sup>Carmen.**

**Zaragoza, Julio, 2011**

Participantes:

Gómez Martín, Tomás

López Pérez, José Andrés

Martínez Gracia, Amaya

Pallarés Ranz, Javier

Turégano Velasco, Ivana

Velasco Callau, M<sup>a</sup> Carmen

Almárcegui Morera, Dido

Zalba Nonay, Belén

Arciniega Arroyo, Teresa

# Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes	
1.2 Review	
1.3 Nueva investigación	
<b>2. Metodología .....</b>	<b>5</b>
2.1 Objetivos de la investigación	
2.2 Diseño de la investigación	
2.3 Hipótesis	
2.4 Materiales: sujetos, muestra, técnicas, instrumentos	
<b>3. Resultados .....</b>	<b>9</b>
3.1 Justificación de la metodología seguida	
3.2 Presentación de resultados	
3.3 Dificultades encontradas en el desarrollo de la experiencia	
<b>4. Conclusiones.....</b>	<b>13</b>
4.1 Objetivos alcanzados	
4.2 Oportunidades encontradas	
4.2 Aspectos a investigar en el futuro	
<b>5. Anexos ... ..</b>	<b>15</b>
I. Test suministrado	
II. Datos recogidos	

## Resumen

Después de una serie de años desarrollando una experiencia de aplicación de evaluación continua apoyada en las TIC y habiendo desarrollado una herramienta informática específicamente adaptada para la experiencia, en la asignatura de Ingeniería Térmica de 2º curso de Mecánicos de los estudios de Ingeniería Técnica Industrial, impartida en la EUITIZ, durante el curso pasado se comenzó el intento de evaluar si dicho proceso de aprendizaje, con resultados de un incremento del 100% en la asistencia a clase y en un crecimiento del número de aprobados del 85% de la matrícula (frente al 20-25% habitual), responde a las expectativas de la metodología utilizada, apoyada en el aprendizaje significativo.

Uno de los objetivos de la investigación es comprobar hasta qué punto el aprendizaje realizado permanece en el tiempo y se muestra más consolidado, frente al aprendizaje de tipo memorístico que resulta escasamente duradero y rápidamente el estudiante olvida aquello que apenas ha estudiado y retenido para el momento del examen.

El estudio se justifica pues podría ser que dichos buenos resultados fueran consecuencia de otros motivos (por ejemplo, que hubiese variado el grado de exigencia o dificultad de la asignatura) y no a la mejora real en el aprendizaje de los estudiantes.

Para el estudio se elabora un test de conocimientos fundamentales de la materia, para establecer su grado de permanencia midiéndolos después de uno o dos años de haberla cursado.

Los resultados en este segundo año de experiencia, nos han llevado a la reflexión de la necesidad de modificar el diseño y tener en cuenta una serie de variables extrañas que debemos controlar para mejorar la validez y fiabilidad de los resultados.

## 1. Introducción

### 1.1 Antecedentes del tema

A lo largo del periodo 1995-2002 el grupo de Didáctica de la Termodinámica ha llevado a cabo un conjunto de experiencias innovadoras incorporando las TIC de manera activa en clase y en prácticas de simulación con desarrollo de materiales de alta calidad:

- materiales multimedia para presentación en clase y distribuida en formato digital a los estudiantes,
- simuladores de prácticas virtuales contruidos con criterios de diseño cognitivo de alta interactividad.

Habiendo completado los contenidos multimedia y un programa completo de prácticas, se constató que

- los estudiantes reconocían y apreciaban el enorme esfuerzo valorándolo en diferentes conceptos como orden, claridad, utilidad, atractivo... con notas centradas entre cuatro y cinco sobre cinco
- sin embargo los resultados apenas recogían una mejora de un 10% en los resultados anteriores y, lo que es más, apenas se modificaba la tónica de asistencia a clase, homogénea en estas y demás enseñanzas de ingeniería, consistente en un abandono a lo largo del curso que reducía la asistencia hasta menos de un 40% de la matrícula pasados los primeros meses.

Este trabajo fue objeto de diferentes publicaciones y en particular, se recoge en la tesis doctoral de C Velasco, *Informatización de una Asignatura. Desarrollo del Entorno GAME y Aplicación a la Termodinámica Técnica*, publicada en 2002.

### 1.2 Review

Una revisión cuidadosa de las circunstancias que acompañaban a la docencia con estos nuevos materiales confirmaba que los estudiantes apenas habían modificado su método de aprendizaje, basado en un proceso memorístico intenso unos pocos días previos al examen. Conviene precisar que durante el periodo anteriormente comentado, el mayor esfuerzo se realizó en el entorno de

enseñanza mediante la introducción de los materiales reseñados antes y utilizando el ordenador en clase para la presentación de los mismos.

Esto nos condujo a la necesidad de actuar sobre el entorno de aprendizaje y para ello, desde 2002 hemos venido trabajando en el desarrollo de una herramienta transversal de curso, TermoGraf, creada inicialmente para mejorar las presentaciones del profesorado pero que, convenientemente adaptada permitió modificar las opciones de trabajo del estudiantado y su entorno de aprendizaje, al recibirla junto con los materiales empleados en clase y en prácticas.

A partir de la modificación de TermoGraf, habiéndolo transformado en una herramienta de alta productividad, no sólo para los estudiantes sino también para el profesorado, la situación ha cambiado drásticamente:

Se ha desarrollado

- un entorno de aprendizaje de alta productividad gracias al uso del programa TermoGraf que facilita un trabajo del estudiante centrado en conceptos reduciendo procedimientos repetitivos sin apenas valor en el proceso de aprendizaje,
- un entorno de enseñanza que facilita la docencia centrada en conceptos más que en procedimientos y que convierte la evaluación formativa en un proceso de alta productividad con el que la retroalimentación en el proceso de docencia-aprendizaje es casi instantánea.
- Un conjunto de materiales de prácticas y ejercicios para su resolución por parte de los estudiantes utilizando la herramienta Termograf, para el trabajo de evaluación continua en la asignatura.

### 1.3 Nueva investigación

Después de la experiencia realizada el año pasado “**Evaluación continua en Ingeniería Térmica y difusión internacional del mismo mediante una red colaborativa de profesores**” en la que dábamos los primeros pasos para estudiar y analizar la influencia de la herramienta TermoGraf en el aprendizaje a medio/largo plazo de contenidos relacionados con el área de Termodinámica Técnica, fueron analizados los problemas propios de las investigaciones educativas, cuáles eran esos problemas en nuestro caso y cómo podíamos dar continuidad a esta investigación mejorando la validez y fiabilidad de nuestros resultados. Aludíamos entonces a las limitaciones del diseño escogido: un diseño ex post facto con grupo de control no equivalente. Es decir, que se incluyeron dos grupos, uno experimental y otro de control que estaban cursando la asignatura, de manera que, aunque no existía equivalencia entre los grupos, sí existía cuasi-comparabilidad, posibilitando conclusiones más consistentes, que nos permitieron estudiar los efectos de la metodología de aprendizaje una vez ocurrida y que nos aportaron información acerca de los niveles de adquisición de conocimientos en el momento del aprendizaje.

Este diseño, elegido por la imposibilidad de manipular deliberadamente la variable independiente, nos permitía analizar la realidad ya dada en su contexto natural, observando las variables y relaciones entre éstas. Sin embargo, este diseño incluye importantes amenazas a la validez interna y externa como por ejemplo la ausencia de pre-test, la imposibilidad de asignación aleatoria a los grupos de control y experimental, la imposibilidad de obtener grupos equivalentes...

Estos problemas diagnosticados el año pasado fueron el aliciente para tratar de mejorar la recogida de datos y por tanto, poder mostrar conclusiones más consistentes.

## 2. Metodología

### 2.1 Objetivos de la investigación

Nuestro objetivo consiste en obtener más información sobre la eficacia en el tiempo de dicha metodología a través del uso de TermoGraf, es decir, evaluar la utilidad de Termograf y de la evaluación continua conjuntamente, para la consolidación de conocimientos del área de termodinámica al cabo de un determinado periodo de tiempo, analizando el nivel de conocimientos mantenido, así como la capacidad de análisis y aplicación de dichos conocimientos por parte de los estudiantes que trabajaron con esta metodología, en relación con los que trabajaron con una metodología tradicional, basada en la clase magistral y el examen final.

Los estudiantes que siguieron la evaluación continua, realizaron un trabajo regular distribuido en el tiempo, de resolución de problemas, distribuidos a lo largo del curso de la siguiente forma:

- 10 evaluaciones quincenales (con entrega semanal de ejercicios)
- 5-7 ejercicios por evaluación
- 10-15 preguntas por ejercicio

Con ello se pretende sustituir el típico aprendizaje memorístico basado en un débil seguimiento de la asignatura a lo largo del curso y un esfuerzo intenso pocos días antes del examen, por un trabajo sistemático y continuado desde el comienzo del curso, de forma que se posibilite no sólo la acumulación de conocimientos, sino el aprendizaje estructurado y significativo de los mismos.

Este trabajo de los estudiantes supone la corrección a lo largo del curso de unos 9.000 ejercicios, (para 140 estudiantes), lo cual es posible gracias a la corrección automatizada de los mismos que permite llevar a cabo el programa TermoGraf, el cual incluye una distribución aleatoria de los datos de los ejercicios, con identificación y asignación personal de los ejercicios a cada estudiante (con almacenamiento del histórico correspondiente al modo de trabajo de cada ejercicio por parte del estudiante), distribuidos y recogidos vía red, de forma que no sea posible la copia directa.

Los resultados obtenidos de esta forma, suponen un 40% del resultado total de la asignatura, que se completa con actividades prácticas, también con apoyo de TermoGraf, y examen adicional.

El procedimiento es el siguiente:

- Introducción de una metodología de evaluación continua en las clases, basada en la resolución semanal con la ayuda de TermoGraf, por parte de los estudiantes, de los problemas entregados que refuerza el trabajo con los conceptos realizado en la clase y en las sesiones prácticas informáticas, planteadas con un enfoque constructivista, que potencia el aprendizaje significativo de los mismos.
- Los problemas entregados están dotados de doble aleatoriedad: los estudiantes entre sí, reciben distintos datos en su ejercicio con lo que se asegura la necesidad de un trabajo personal para su resolución.
- Corrección automatizada por parte del profesor/a para que puedan disponer de los resultados de forma inmediata.
- Esta evaluación formativa permite al profesor tener información estadística de los conceptos asimilados o fallados por una amplia mayoría, lo que permite reorientar la docencia o incidir de forma más insistente en determinados aspectos.

- La evaluación del aprendizaje se realiza a lo largo del año, mediante las diez notas que cada estudiante recibe, correspondientes a las diez entregas biquincenales de ejercicios, cuya nota media promedia con las obtenidas en los exámenes parciales o finales de la asignatura.
- La evaluación sumativa se completa con dicha nota que supone el 80% del total, más el restante 20% que corresponde al trabajo de prácticas realizado.
- La evaluación formativa se completa con el seguimiento del trabajo realizado en clase, a través de pequeños grupos de discusión, donde se valora el nivel de comprensión de los conceptos y la capacidad de aplicación de los mismos.
- Seguimiento adicional del trabajo personal, a través de la información registrada en los ficheros entregados con la resolución de los problemas sobre el modo de trabajo específico que el estudiante ha llevado a cabo, tiempo dedicado a la resolución de la tarea, ordenadores empleados para ello, etc.

## 2.2 Diseño de la investigación

Hemos planteado un diseño para la investigación que continúa el que se planteó el año pasado. Los grupos participantes y el tratamiento seguido, se recogen en la siguiente tabla:

GRUPOS		ASIGNACIÓN	SECUENCIA DE TRATAMIENTO	
			TRATAMIENTO	POSTEST
GRUPO CONTROL	GC <sub>11</sub>	NO ALEATORIA	-	Y <sub>C11</sub>
	GC <sub>10</sub>	NA	-	Y <sub>C10</sub>
	GC'	NA	-	Y <sub>C'</sub>
GRUPO EXPERIMENTAL	GE <sub>11</sub>	NA	X	Y <sub>E11</sub>
	GE <sub>10</sub>	NA	X	Y <sub>E10</sub>
	GE'	NA	X	Y <sub>E'</sub>

Tabla I

Donde:

- X hace referencia al tratamiento aplicado (aprendizaje de los contenidos conceptuales de termodinámica a través de la metodología activa utilizando la evaluación continua basada en TermoGraf),
- Y hace referencia a la *variable dependiente* (mantenimiento en el tiempo de los conocimientos adquiridos),

Dentro del paradigma positivista, el presente diseño *cuasiexperimental* elaborado se corresponde con un diseño causal comparativo *ex post facto* de grupo de control no equivalente. Para compensar las limitaciones propias de este diseño y determinadas principalmente por la ausencia de pretest, a los grupos principales en los que hemos evaluado la variable dependiente (GE<sub>11</sub> y GC<sub>11</sub>) se han añadido las mediciones correspondientes a esos mismos grupos realizadas en la experiencia del año anterior (GE<sub>10</sub> y GC<sub>10</sub>) y se han añadido otros dos grupos (GE' y GC') que han realizado la asignatura correspondiente a los conceptos de Termodinámica durante el presente curso para

utilizarlos como una referencia más.

Este diseño *expost facto* se ha considerado el más apropiado y útil por las mismas razones alegadas en la experiencia del año pasado.

Del mismo modo, somos conscientes del tipo de limitaciones asociadas a estos diseños cuasi-experimentales y reflejadas también en el informe del año pasado, pero entendemos que es la única posibilidad existente cuando debemos partir de grupos naturales a los que no puede realizarse el proceso de asignación aleatoria propia de los diseños experimentales.

### 2.3 Hipótesis

Mantenemos la hipótesis de la experiencia previa:

**“La metodología activa utilizando la evaluación continua, basada en un aprendizaje significativo gracias a uso de la aplicación TermoGraf, produce resultados de aprendizaje estructurados, lo cual facilita que permanezcan a lo largo del tiempo de forma más sólida que en el aprendizaje basado en la metodología convencional donde es general el aprendizaje de tipo memorístico”**

Las variables utilizadas han sido las siguientes:

*Variable independiente:* aprendizaje de contenidos conceptuales de termodinámica.

*Variable dependiente:* mantenimiento en el tiempo de los conocimientos adquiridos.

*Tratamiento:* utilización de la metodología activa con evaluación continua basada en TermoGraf.

Mediante la aplicación del test desarrollado, pretendemos analizar si existe una relación de causalidad entre dichas variables y extraer las conclusiones correspondientes.

### 2.4 Materiales: sujetos, técnicas, instrumentos.

Para la experiencia de este curso se intentó mantener la misma estructura del año anterior, partiendo de los datos obtenidos el curso pasado y completándolos con la nueva experiencia de este año.

De esta forma, el diseño contaba con seis grupos que describimos a continuación:

- 1) Grupo Experimental durante el curso 10-11 ( $GE_{11}$ )
- 2) Grupo de Control durante el curso 10-11 ( $GC_{11}$ )
- 3) Grupo Experimental durante el curso 09-10 ( $GE_{10}$ )
- 4) Grupo de Control durante el curso 09-10 ( $GC_{10}$ )
- 5) Grupo Experimental' del curso 10-11 ( $GE'$ )
- 6) Grupo de Control' del curso 10-11 ( $GC'$ )

Conviene destacar que los grupos 1 y 3 así como los grupos 2 y 4 son los mismos grupos pero medidos en momentos distintos (una medición el curso pasado y otra el curso actual). Estos grupos se refieren a la misma población medida en dos años consecutivos y, por tanto, los sujetos no tienen por qué ser los mismos.

1) GE<sub>11</sub>: Estudiantes que trabajaron los conceptos de termodinámica durante el curso académico pasado 09-10 con la metodología de evaluación continua apoyada en TermoGraf y a quienes se ha medido este año el nivel de permanencia de dichos conceptos.

2) GC<sub>11</sub>: Estudiantes que trabajaron los conceptos de termodinámica durante el curso académico pasado 09-10 con metodología convencional y a quienes se ha medido este año el nivel de permanencia de dichos conceptos.

3) GE<sub>10</sub>: Estudiantes que trabajaron los conceptos de termodinámica durante el curso académico pasado 09-10 con la metodología de evaluación continua apoyada en TermoGraf y a quienes se midió ese mismo año el nivel de aprendizaje de dichos conceptos, como parte del PIIDUZ del año pasado.

4) GC<sub>10</sub>: Estudiantes que trabajaron los conceptos de termodinámica durante el curso académico pasado 09-10 con metodología convencional y a quienes se midió ese mismo año el nivel de aprendizaje de dichos conceptos, como parte del PIIDUZ del año pasado.

5) GE': Estudiantes trabajando los conceptos de termodinámica durante el curso académico actual 10-11 con la metodología de evaluación continua apoyada en TermoGraf.

6) GC': Estudiantes trabajando los conceptos de termodinámica durante el curso académico actual 10-11 con metodología convencional.

Esta estructura permite diferentes análisis comparativos. En concreto, se preveía realizar las comparaciones que detallamos en el siguiente cuadro y que explicamos a continuación:

	GE <sub>11</sub>	GE'	GC <sub>11</sub>	GC'
GE <sub>10</sub>	x	x		
GC <sub>10</sub>			X	X

Tabla II

### 1. Comparación de:

Los resultados obtenidos por el GE<sub>11</sub> y el GE<sub>10</sub>, con objeto de analizar el grado de permanencia del aprendizaje significativo basado en TermoGraf, un año después de haber cursado la asignatura.

### 2. Comparación de:

Los resultados obtenidos por el GC<sub>11</sub> y GC<sub>10</sub>, con objeto de analizar y mantener una referencia del grado de permanencia del aprendizaje, un año después de haber cursado la asignatura de modo convencional.

### 3. Comparación de:

Los resultados obtenidos por el GE<sub>10</sub> y GE' con objeto de identificar variables distintas a la metodología utilizada y que también puedan estar influyendo en los resultados

### 4. Comparación de:

Los resultados obtenidos por el GC<sub>10</sub> y GC' con el mismo objeto que en el caso anterior.

Para la experiencia del año anterior se había elaborado un instrumento de recogida de datos consistente en una prueba cognitiva con formato de cuestionario. Esta prueba, elaborada ex profeso



y con un proceso de validación que detallábamos en el informe correspondiente, fue corregida y mejorada, después de haber constatado una serie de dificultades en la versión inicial a la hora de la corrección y la obtención de resultados, de manera que se ha conseguido una medición de los contenidos aprendidos más exacta y fiable.

Esta prueba está recogida en el Anexo I.

### **3. Resultados**

#### **3.1 Justificación de la metodología seguida**

Conviene recordar que nuestro objetivo fundamental es medir el nivel de permanencia en el tiempo de los conocimientos adquiridos utilizando la metodología de Ev. continua apoyada por nuestro programa Termograf y basada en el aprendizaje significativo (Fig.1) respecto a otras metodologías convencionales (clase magistral).

Este trabajo pretendía realizarse entre los estudiantes de las diferentes titulaciones de Ingeniería donde se simultanean los dos procesos en materias de contenidos equivalentes. Debido a las dificultades y problemas expuestos anteriormente, los grupos que finalmente han intervenido este año en la investigación han sido los siguientes:

- 1) Grupo Experimental durante el curso 10-11 ( $GE_{11}$ )
- 3) Grupo Experimental durante el curso 09-10 ( $GE_{10}$ )
- 4) Grupo de Control durante el curso 09-10 ( $GC_{10}$ )
- 5) Grupo Experimental' del curso 10-11 ( $GE'$ )
- 6) Grupo de Control' del curso 10-11 ( $GC'$ ), con resultados desestimados.

Las comparaciones llevadas a cabo en la práctica han sido las siguientes:

#### 1. Comparación de:

- Los resultados que obtuvo el grupo  $GE_{10}$ , cuya medición se realizó el curso pasado (09-10) y que corresponden al grupo que trabajó con una metodología activa basada en TermoGraf, y
- Los resultados que ha obtenido el grupo  $GE_{11}$ , medidos en este curso (10-11) y que corresponden al mismo grupo analizado un año después. Es decir, aunque sea la misma población comparada en dos cursos sucesivos, no tienen por qué ser los mismos sujetos.

#### 2. Comparación de:

- Los resultados que obtuvo el grupo  $GE_{10}$ , cuya medición se realizó el curso pasado (09-10) y que corresponden al grupo que trabajó con metodología activa basada en TermoGraf, y
- Los resultados que obtuvo el grupo  $GE'$ , cuya medición se ha realizado este curso (10-11) y que corresponden al grupo que ha trabajado este año la asignatura con metodología activa basada en TermoGraf.

### 3.2 Presentación de resultados

#### 3.2.1 Resultados más relevantes

Las figuras 1 y 2 muestran un resumen global de los resultados obtenidos.

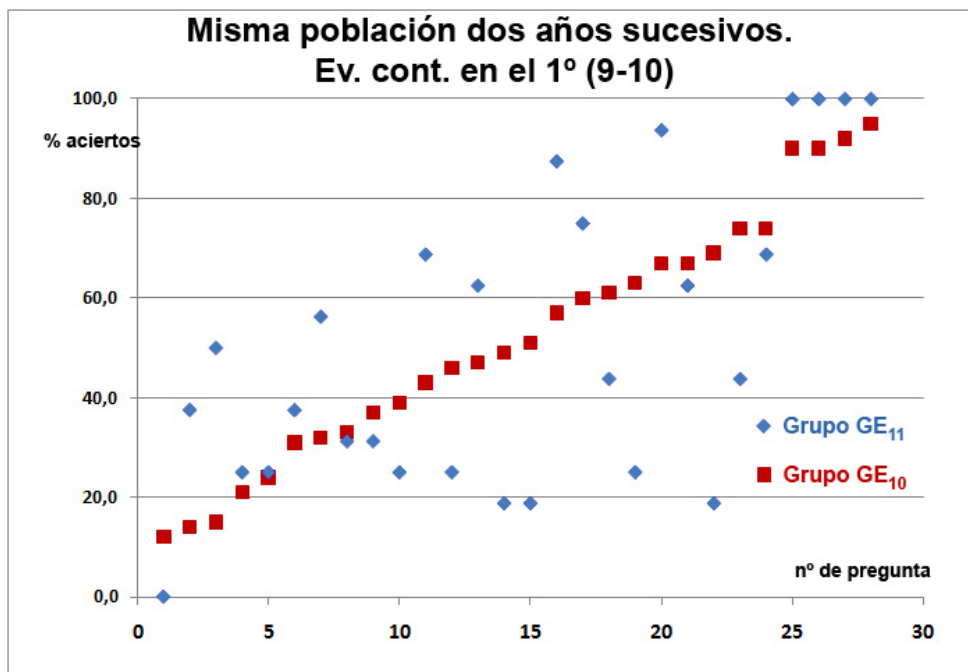


Fig 1

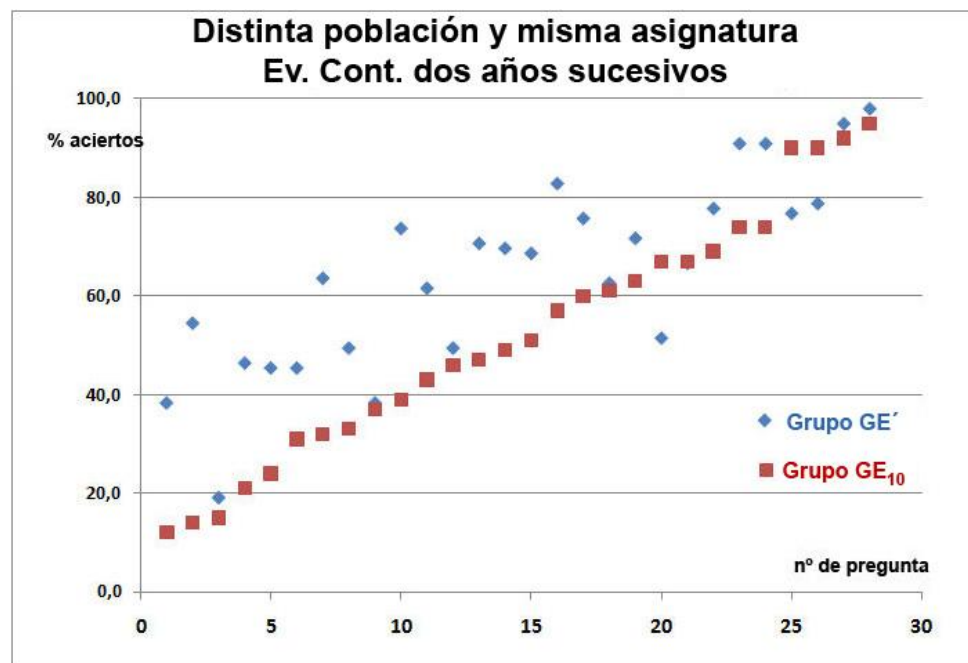


Fig 2

En la fig. 1 se compara el porcentaje de aciertos del grupo GE<sub>11</sub> medido este año (en color azul) con respecto al mismo grupo, GE<sub>10</sub>, medido el año anterior (en color rojo), cuando realizaron el aprendizaje de los contenidos con la metodología activa basada en TermoGraf. Esta comparación nos permite analizar la permanencia del aprendizaje realizado en un mismo grupo, contando con las limitaciones de los resultados debido a que aún siendo el mismo grupo de población no tienen por qué ser los mismos sujetos como hemos indicado previamente.

En la fig. 2 se compara el porcentaje de aciertos del grupo GE', medido este año (en color azul) con respecto al grupo GE<sub>10</sub>, medido el año anterior (en color rojo), habiendo realizado los dos grupos la misma metodología de aprendizaje durante los cursos 09-10 y 10-1. Esta comparación nos permite analizar las diferencias de resultados en grupos naturales y, por tanto, la presencia de posibles variables extrañas y su consiguiente influencia sobre la variable que nos interesa analizar.

Hay que hacer notar que sólo se han comparado las cuestiones que no han sido modificadas respecto del cuestionario usado el año anterior (9-10) pues de lo contrario los resultados no habrían sido comparables.

Con todas las reservas señaladas sobre las características de la experiencia y sobre la fiabilidad y la validez en las conclusiones obtenidas, puede destacarse lo siguiente:

- En la primera comparación (fig. 1), en el caso de los test contestados por el GE<sub>11</sub> en el curso actual (10-11), estudiantes que siguieron la evaluación continua el año anterior (curso 9-10), respecto a los resultados obtenidos por el mismo grupo en el curso 09-10 (GE<sub>10</sub>), se observa un efecto dividido: por una parte existe una disminución del 26% en el porcentaje de aciertos para el 70% de las cuestiones contestadas. En contraste, en el 30% restante de las cuestiones existe un aumento del 17% en el porcentaje de aciertos.
- En la segunda comparación (fig. 2), se observa una clara mejora de los resultados obtenidos por el grupo GE' respecto del grupo GE<sub>10</sub>, ambos en situación equivalente de aprendizaje mediante metodología activa basada en Termograf. Esta mejora consiste en un aumento del 17% en el porcentaje de aciertos por término medio. Esta mejora de los resultados es muy homogénea dado que se produce en el 80% de las cuestiones. Además, esta mejora es significativa en el 60% de las mismas, en las que el porcentaje de aciertos mejora entre el 15 y el 25%.

### 3.1.2 Análisis de resultados.

a) El análisis de los resultados mostrados en la fig. 1 exige una reflexión sobre las variables extrañas que pueden estar influyendo en los resultados de la variable dependiente que estamos analizando. El hecho de que haya resultados claramente mejores en un elevado porcentaje de las cuestiones puede deberse a que, durante este curso, los estudiantes del grupo GE han seguido una asignatura que supone una ampliación de determinados contenidos trabajados el curso anterior.

En concreto, nos estamos refiriendo a los contenidos relativos a la termodinámica técnica y su aplicación, contenidos que deben utilizarse en Tecnología Energética, asignatura estudiada durante el presente curso. Las cuestiones relativas a estos contenidos son aquellas en las que se han obtenido mejores resultados.

Esta hipótesis podríamos haberla contrastado con los resultados del grupo de control, pero eso implica al grupo en el que no ha podido pasarse el test por baja del docente responsable.

b) El análisis de la 2ª gráfica constata la diferencia significativa en los resultados de la variable dependiente al estudiar grupos naturales diferentes. Esto impone la necesidad de controlar la composición de los grupos, en cuanto a los estudiantes participantes, puesto que nos permitiría conocer los cambios individuales en las variables analizadas, discriminar algunas de las posibles variables extrañas y, en consecuencia, mejorar la interpretación de los resultados globales.

### 3.3 Dificultades encontradas en el desarrollo de la experiencia.

1) El análisis de los resultados indica que ha habido una serie de variables extrañas, que no nos permiten sacar conclusiones suficientemente fiables y que debemos tener en consideración para evitar utilizar resultados distorsionados. Entre ellas podemos señalar:

- Variables que tienen que ver con los propios alumnos: nivel de conocimientos con los que acceden a la Universidad, actitud individual y grupal respecto a la asignatura, coyuntura específica del plan de estudios (este año terminaba la docencia con la antigua estructura de titulaciones), estudiantes repetidores de la asignatura, aplicación de algunos de los contenidos relacionados con termodinámica en posteriores asignaturas con el consiguiente refuerzo de los mismos...
- Variables que tienen que ver con la docencia: diferentes prácticas docentes aún compartiendo una misma metodología, sinergia docente-estudiante...
- Variables que tienen que ver con la prueba: realización de la prueba con mayor o menor cercanía de la misma al examen de la asignatura, actitud de los estudiantes hacia la prueba y hacia la participación en la experiencia tanto de este año como del anterior (valoración vs indiferencia)...

2) La comparación de los resultados obtenidos en los dos años académicos distintos (Fig. 2) nos permite concluir que existe una influencia importante de la composición de dichos grupos, dado lo reducido del nº de estudiantes involucrados. Ello nos lleva a la necesidad de controlar que sean los mismos estudiantes los que realicen la prueba en el futuro, para mantener controladas las variables extrañas que no nos interesa analizar y poder obtener conclusiones más consistentes y fiables aunque limitadamente generalizables.

3) La principal dificultad para el diseño que se había planteado inicialmente se ha encontrado en los grupos de control con los que hemos trabajado:

- a) No se pudo obtener información del grupo GC<sub>11</sub> por baja laboral del docente responsable.
- b) En el grupo GC' hemos obtenido unos datos que no podemos analizar de modo equivalente al resto. En los resultados existen evidencias que cuestionan la fiabilidad de los mismos y a las que es necesario aludir para un análisis riguroso de las mismas.
  - Algunos cuestionarios contienen únicamente los datos personales pero ninguna respuesta a las cuestiones. Esto evidencia una actitud de falta de seriedad y compromiso en su participación.
  - Del resto, encontramos los siguientes datos significativos:
    - Del total del cuestionario (30 ítems) hay 11 ítems que ningún alumno contesta o que lo contestan mal. Sólo en 1 de estos 11 ítems obtenemos 2 respuestas correctas, que representan el 17% de aciertos.
    - Por el contrario, en 17 ítems el 100% de alumnos contesta correctamente. Y en otros dos, éste resultado se queda en el 92% (es decir todos menos uno contestan bien).
    - Por último merece la pena señalar la información referida al ítem 26, el único que ha obtenido muy cuestionables resultados en los otros grupos (0%, 3%, 6%, 10% de aciertos). En este grupo un 58% de alumnos marca la respuesta correcta, pero lo más significativo es que ese mismo 58% marca dos opciones en este ítem (la única ocasión de todos los grupos en que ha pasado esto).

Ante la imposibilidad de determinar con certeza cuáles han sido las condiciones que han acompañado el desarrollo de esta prueba, y ante la evidencia de coincidencias totales en todas las respuestas, es necesario poner en cuestión los resultados obtenidos en el grupo de control

para un estudio riguroso de las variables que estamos analizando.

Además, se debe añadir que la muestra del grupo de control resultó muy poco representativa (12 cuestionarios respondidos), por lo tanto parece recomendable descartar estos resultados y tratar de conseguir una muestra mayor para la continuidad del proyecto en el futuro.

## **4. Conclusiones**

### **4.1 Objetivos alcanzados**

- Se han sentado las bases para la realización de un diseño de investigación longitudinal.
- Se han corregido los errores del instrumento construido el curso pasado, se ha mejorarlo y enfocado a la obtención de diferentes conclusiones en relación al aprendizaje de los contenidos
- Se han comparado los resultados obtenidos con el proyecto realizado el curso pasado para establecer tendencias.
- Se han identificado algunas variables extrañas que pueden estar actuando sobre nuestro objeto de investigación (la permanencia del aprendizaje con métodos basados en el aprendizaje significativo) y se ha analizado la posibilidad de controlarlas.

### **4.2 Oportunidades encontradas**

- La identificación de las variables extrañas mencionadas anteriormente nos proporciona la oportunidad en el futuro de plantear diseños que permitan controlar al máximo dichas variables y en consecuencia, evitar la distorsión de resultados.
- Con la introducción este año de la identificación de los estudiantes participantes, nos permitirá en el futuro hacer un seguimiento individual de los cambios generados en las variables estudiadas y en consecuencia, obtener conclusiones sólidas y consistentes.
- Se considera necesario encontrar grupos mayores de alumnos que cursan estos contenidos con una metodología convencional, dada la falta de asistencia generalizada a la asignatura en estos casos (aprendizaje con clase magistral y prácticas) y que provoca que tengamos una muestra muy poco representativa de esta población, lo que pone en cuestión los resultados del grupo de control.
- Es posible y conveniente mejorar la validez y fiabilidad de los resultados aplicando técnicas de análisis de datos como el Análisis de Varianza o aquéllos que se consideren adecuados en el futuro.
- Respecto al instrumento de medición, se han seguido detectando matices mejorables en la misma para que en el futuro nos permita una mejor discriminación del aprendizaje realizado y consolidado.
- Es importante conseguir un alto nivel de participación, implicación y compromiso de los docentes para mejorar el proceso de esta experiencia y llevarla a buen término y garantizar su desarrollo completo.

### **4.3 Aspectos a investigar en el futuro**

Entendemos que los objetivos de nuestra propuesta son ambiciosos y por las razones expuestas a lo largo del informe, no es sencillo obtener conclusiones concluyentes, al ser difícil utilizar un diseño experimental y tener que asumir los grupos naturales que nos llegan cada año, para realizar el estudio.

Por esa razón vemos la necesidad de diseñar una experiencia que no concluya este año sino que se alargue durante varios años más, dado que han aparecido problemas inesperados que han impedido desarrollar completamente el diseño de investigación previsto así como la aparición de variables extrañas que es preciso identificar y tratar de controlar con rigor. Los datos presentados, constituirían la base o primer momento de recogida de datos de un proceso mayor.

Dicha experiencia consistiría, desde la metodología cuasi-experimental, en un *diseño ex post facto* en el que combinaríamos el *diseño de grupo de control no equivalente* con el diseño longitudinal que se considerara apropiado de las múltiples opciones que existen. Estos diseños responderían a nuestro interés de analizar cambios y relaciones entre variables a lo largo de un periodo de tiempo (que habría que establecer en un cierto número de años) y en el que habría varios momentos de recogida de información, siendo el presente año, el primero de esos momentos.

El diseño longitudinal permitirá examinar cambios y relaciones en grupos específicos con los mismos sujetos en todos los momentos de la recogida de datos.

Para posibilitar la combinación del diseño de grupo de control no equivalente con un diseño longitudinal se han establecido ya una serie de diferencias respecto al año pasado en cuanto a la participación de los sujetos:

- 1) Se les ha informado del propósito de investigación y se les ha pedido su colaboración con identificación, para poder realizar un seguimiento de cada uno de los sujetos en los sucesivos cursos, de manera que, además de conocer los cambios grupales, podamos acercarnos mejor a la interpretación correcta de los resultados considerando los cambios individuales.
- 2) Se intentará mantener el contacto con ellos, para proseguir la experiencia con el máximo número de estudiantes de los que han participado este año.

Por otra parte, dado que este próximo curso dan comienzo las asignaturas correspondientes al estudio de la termodinámica en los nuevos grados, es una buena oportunidad para trabajar con los nuevos grupos, donde tendremos mejores oportunidades de comparación por haber más diversidad de opciones y una mayor continuidad en el tiempo, que permitirá llevar a cabo el estudio longitudinal que nos planteamos.

Además, precisamente el trabajo que venimos desarrollando desde hace años, encaja muy adecuadamente en la filosofía que se promueve en los nuevos grados dentro de los cambios de metodología asociados con el Espacio Europeo de Educación Superior. La necesidad de promover en los estudiantes una mayor autonomía en su proceso de aprendizaje, requiere dotarles de herramientas que faciliten su trabajo y rentabilicen su esfuerzo. Ese es el objetivo que nos ha movido en el desarrollo de la herramienta TermoGraf y su utilización en los nuevos planes de las asignaturas correspondientes encuentra todo su sentido y es cuando más interés tiene medir su eficacia y su utilidad. Un estudio riguroso de los resultados de aprendizaje obtenidos mediante su aplicación, en caso de resultar positivo, puede resultar altamente ilustrativo y estimulante para promover líneas de trabajo en la misma dirección.

Como resumen podemos decir, que los resultados obtenidos durante los dos años consecutivos en que hemos desarrollado la experiencia son esperanzadores y parecen indicar que estamos trabajando en la buena dirección, pero las dificultades encontradas y analizadas más arriba nos hacen concluir la necesidad de seguir profundizando en el estudio, para acotar las variables extrañas que intervienen y mejorar la validez y fiabilidad de los resultados.



## 5. Anexos

### ANEXO I

## **PRUEBA DE TERMODINÁMICA TÉCNICA**

### **JUSTIFICACIÓN:**

La siguiente prueba tiene por objeto obtener información para poder analizar hasta qué punto se mantienen en el tiempo las capacidades que adquieren los estudiantes de la asignatura de Ingeniería Térmica al estudiarla y pasados uno ó dos años.

Se supone que los estudiantes adquieren los conocimientos generales y fundamentales necesarios para cursar con posterioridad algunas otras asignaturas de especialidad, o para ser capaces de trabajar en una instalación térmica en su quehacer profesional.

### **GRACIAS POR TU COLABORACIÓN**

Tu colaboración nos será de gran utilidad a los profesores que impartimos la asignatura, para poder plantearnos modificaciones y mejoras de cara a los siguientes cursos y agradecemos muy sinceramente tu participación en la misma de forma desinteresada.

### **INSTRUCCIONES:**

Contesta en primer lugar las siguientes cuestiones de carácter personal y a continuación contesta los ítems de I.T.

Procura repartir el tiempo (1/2 hora) no empleando más de 1 minuto por ítem.

- 1) Nombre:.....
- 2) Estudiaste (y/o aprobaste) la asignatura el curso:.....
- 3) La metodología que seguiste fue:
  - a. Evaluación continua
  - b. Evaluación continua basada en Tgrf
  - c. Método habitual (parciales y examen final) sin ev. cont.
- 4) Tu nota final fue: Aprobado....., Notable....., Sobresaliente.....



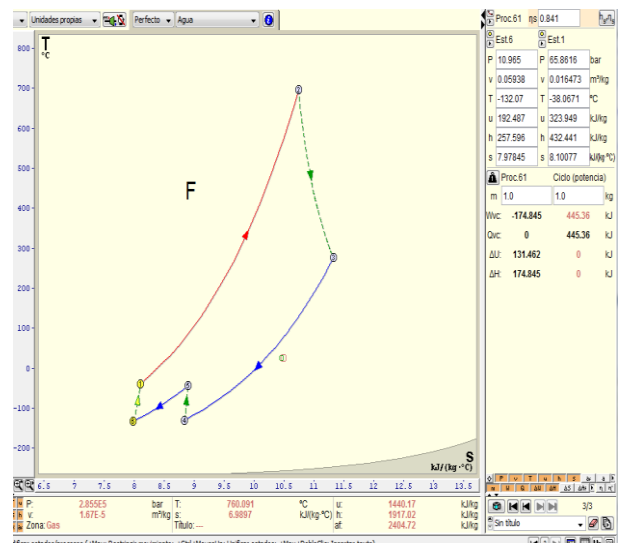
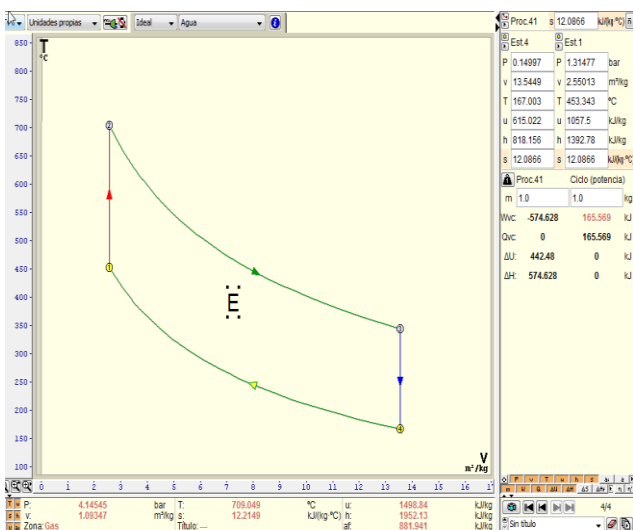
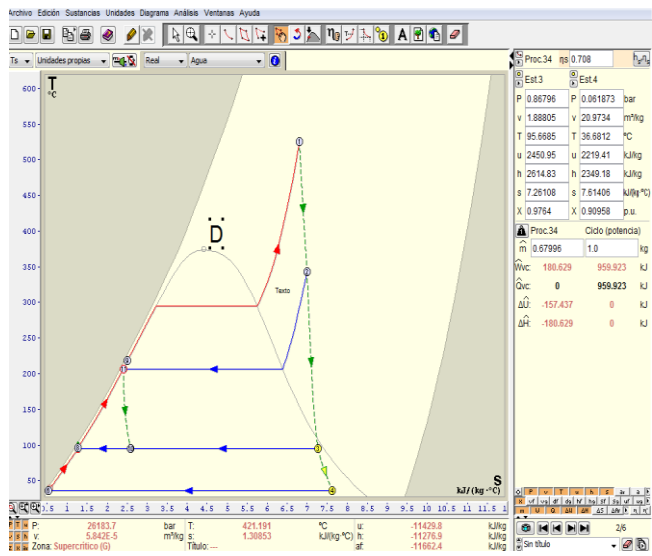
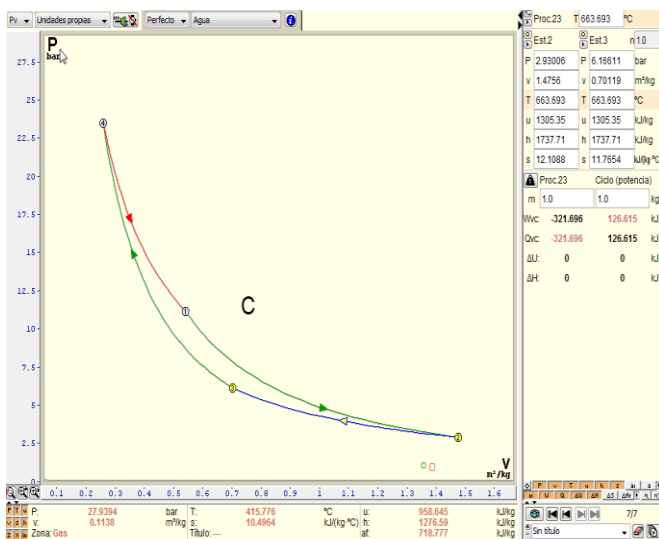
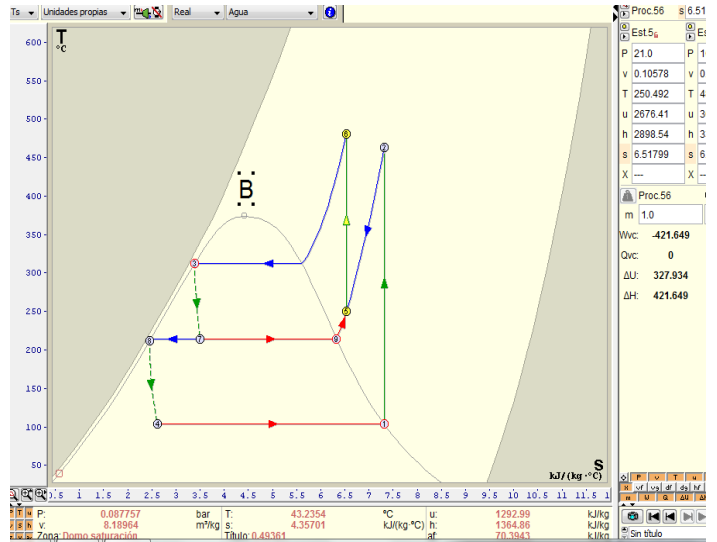
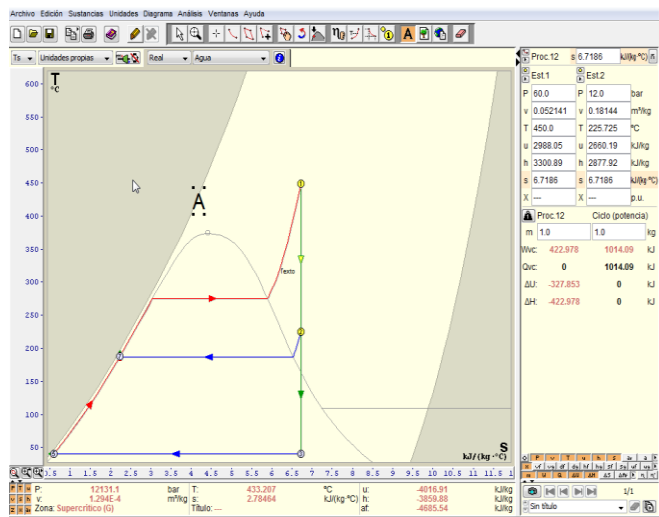
## CUESTIONARIO

**Indica si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones:**

1. El título es una variable que se define como el porcentaje de humedad (cantidad de líquido) de una mezcla líquido-vapor.
  2. En el modelo de gas ideal todas las propiedades de estado: energía interna, entalpía, entropía, exergía, calor específico, dependen de dos variables
  3. En el modelo de gas perfecto la energía interna, la entalpía y la entropía, son función de una única variable, la temperatura.
  4. Los calores específicos en el modelo de gas perfecto (o modelo de gas ideal frío) son constantes, luego independientes de la temperatura, mientras que en el modelo gas ideal dependen de  $T$ .
  5. La entropía es función de estado. Eso significa que la variación de entropía entre los estados 1 y 2 en un proceso es independiente de que éste sea reversible o irreversible.
  6. Cuando se comprime gas o vapor en un compresor adiabático, la entropía sólo puede aumentar, o mantenerse constante.
  7. En un ciclo de potencia con vapor de agua el rendimiento térmico disminuye al aumentar la presión en el condensador, manteniendo fijos el resto de parámetros que definen el ciclo.
  8. En un ciclo frigorífico la temperatura del foco frío es mayor que la temperatura de evaporación del fluido termodinámico
  9. La potencia frigorífica se refiere a la energía consumida por el compresor en una instalación frigorífica
  10. El concepto de temperatura media de absorción de calor,  $T_m$ , es útil en un ciclo de potencia, pues permite asegurar que si  $T_m$  aumenta también lo hace el rendimiento.
- 

**11. Asigna a cada ciclo, A; B; C; D; E; F; su correspondiente nombre (EJ: A1; B2;...):**

- 1) Ciclo de refrigeración con cámara flash
- 2) Ciclo Joule con escalonamiento en la compresión
- 3) Ciclo Otto
- 4) Ciclo Rankine de potencia con doble extracción
- 5) Ciclo Rankine de potencia con extracción y calentador abierto
- 6) Ciclo de Carnot



**Selecciona la opción que consideres correcta (una sola):**

**12. Un proceso adiabático:**

- Es también isoterma
- Puede ser isoterma si se trata de una compresión irreversible
- No puede ser isoterma
- No puede ser isoterma si es adiabático reversible

**13.** El balance de energía que manejamos en los procesos de los sistemas cerrados es:

- a.  $\Delta U = Q - W_{\text{exp}}$       donde       $W_{\text{exp}} = \int P dV$
- b.  $\Delta U = Q - W_{\text{flujo}}$       donde       $W_{\text{flujo}} = \Delta PV$
- c.  $\Delta U = Q - W_{\text{tec}}$       donde       $W_{\text{exp}} = \int V dP$
- d.  $\Delta U = Q - W_{\text{ext}}$       donde       $W_{\text{ext}} = \text{el trabajo que atraviesa la frontera}$
- e.  $\Delta U = Q - W_{\text{atm}}$       donde       $W_{\text{atm}} = P_0 \Delta V$

**14.** El balance de energía en un intercambiador de superficie (cerrado) es :

- a.  $\sum (m_i h_i)_e = \sum (m_i)_s h_s$
- b.  $\sum (m_i h_i)_e - \sum (m_i)_s h_s + Q = 0$
- c.  $\sum (m_i h_i)_e = \sum (m_i h_i)_s$
- d.  $\sum (m_i h_i)_e - \sum (m_i h_i)_s + Q = 0$

**15.** En un sistema abierto (turbina, compresor, caldera...) en situación estacionaria, se mantiene constante:

- a. el caudal  $V$  ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) si el proceso es estacionario
- b. el flujo másico  $m$  ( $\text{kg}/\text{s}$ ) si el proceso es estacionario
- c. ambos siempre
- d. ambos si la velocidad del fluido se mantiene constante

**16.** La entalpía es una función que permite calcular:

- a) El flujo de calor en un proceso de intercambio de calor (isóbaro)
- b) El cambio de velocidad en un proceso de estrangulación
- c) La irreversibilidad en una expansión en una turbina adiabática
- d) Todas las anteriores

**17.** La variación total de entropía en un proceso, multiplicado por  $T_0$ :

- a. nos calcula el grado de irreversibilidad de dicho proceso
- b. nos calcula las irreversibilidades por flujos de calor
- c. nos calcula las irreversibilidades internas
- d. ninguna de las anteriores

**18.** En el modelo de sustancia incompresible las hipótesis son:

- a.  $V = \text{cte}; \quad u = u(T); \quad h = h(T); \quad s = s(T)$
- b.  $V = \text{cte}; \quad u = u(T); \quad h = h(T, P); \quad s = s(T)$
- c.  $V = \text{cte}; \quad u = u(T, P); \quad h = h(T, P); \quad s = s(T)$

**19.** En el modelo de gas ideal las hipótesis son:

- d.  $u = u(T); \quad h = h(T); \quad s = s(T,P)$
- e.  $u = u(T); \quad h = h(T, P); \quad s = s(T,P)$
- f.  $u = u(T,P); \quad h = h(T, P); \quad s = s(T)$

**20.** En una industria se necesita tener un caudal de vapor a elevada temperatura. Para producirlo se va a utilizar un flujo de gases a temperatura más elevada que ceda calor al vapor. Si no existe limitación en la temperatura de los materiales, ¿Cómo interesa que sean las temperaturas de dichos flujos?

- a) muy distintas para que el calor fluya bien y rápido
- b) muy elevadas ambas para poner más energía en juego
- c) lo más bajas posibles ambas para disminuir las pérdidas
- d) altas y no muy distintas para disminuir la irreversibilidad del proceso

**21.** En un ciclo Joule de potencia, ¿qué le pasa al trabajo obtenido en el ciclo al aumentar la relación de compresión?

- a) Aumenta
- b) Disminuye
- c) Puede aumentar o disminuir
- d) Permanece constante

**22.** En un ciclo Rankine de potencia, ¿qué efecto tiene aumentar la temperatura máxima del ciclo sobre el rendimiento, si se mantienen constantes el resto de parámetros que definen el ciclo?:

- a) Aumenta
- b) Disminuye
- c) Puede aumentar o disminuir
- d) No afecta al rendimiento, sólo al trabajo

**23.** Las extracciones de vapor en un ciclo Rankine de potencia a distintos niveles de presión tienen por objeto:

- a) Aumentar la potencia neta del ciclo
- b) Disminuir las irreversibilidades y aumentar el rendimiento neto del ciclo
- c) Aumentar la potencia y el rendimiento neto del ciclo
- d) Aumentar la potencia neta del ciclo y disminuir las irreversibilidades

**24.** Un refrigerador nuevo consume alrededor de 680 kWh de electricidad por año y tiene un COP de 1,4. ¿Qué cantidad de calor extraerá anualmente dicho refrigerador del foco frío?:

- a. 952 M J/año
- b. 1749 M J/año
- c. 2448 M J/año
- d. 3427 M J/año
- e. 4048 M J/año

25.. ¿Cómo cambia el **trabajo neto** del ciclo Rankine con sobrecalentamiento si se le añade un recalentamiento, es decir, se expandiona de forma escalonada?

- a. **Aumenta**
- b. **disminuye**
- c. **no cambia**
- d. **no puede saberse**

26. ¿Cómo cambia el **rendimiento térmico** del ciclo Rankine con sobrecalentamiento si se le añade un recalentamiento, es decir, se expandiona de forma escalonada?

- b. **Aumenta**
- b. **disminuye**
- c. **no cambia**
- d. **no puede saberse**

27.. ¿Cómo cambia el **trabajo neto** del ciclo Rankine con sobrecalentamiento si se le añade una extracción para un precalentamiento regenerativo (precalentamiento del agua a caldera)?

- a. **Aumenta**
- b. **disminuye**
- c. **no cambia**
- d. **no puede saberse**

28. ¿Cómo cambia el **rendimiento térmico** del ciclo Rankine real con sobrecalentamiento si se le añade una extracción para un precalentamiento regenerativo (precalentamiento del agua a caldera)?

- b. **Aumenta**
- b. **disminuye**
- c. **no cambia**
- d. **no puede saberse**

29.. ¿Cómo cambia el **trabajo neto** del ciclo Joule-Bryton de gas si se le añade un intercambiador para un intercambio regenerativo (precalentamiento del aire a la salida del compresor)?

- a. **Aumenta**
- b. **disminuye**
- c. **no cambia**
- d. **no puede saberse**

30. ¿Cómo cambia el **rendimiento térmico** del ciclo Joule-Bryton de gas si se le añade una extracción para un intercambio regenerativo (precalentamiento del aire a la salida del compresor)?

- a. **Aumenta**
- b. **disminuye**
- c. **no cambia**
- d. **no puede saberse**

**MUCHAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN**

## ANEXO II

### RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA APLICACIÓN DEL TEST\*

Nº Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
YE <sup>I</sup> (% Aciertos)	90,9	77,8	49,5	90,9	62,6	82,8	51,5	49,5	75,8	66,7	94,9	98,0	69,7	78,8	76,8	68,7	19,2	70,7	71,7	73,7	45,5	46,5	38,4	61,6	38,4	63,6	45,5	54,5
YE <sup>II</sup> (% Aciertos)	74,0	69,0	46,0	74,0	61,0	57,0	67,0	33,0	60,0	67,0	92,0	95,0	49,0	90,0	90,0	51,0	15,0	47,0	63,0	39,0	31,0	21,0	37,0	43,0	12,0	32,0	24,0	14,0
YE <sup>III</sup> (% Aciertos)	43,8	18,8	25,0	68,8	43,8	87,5	93,8	31,3	75,0	62,5	100,0	100,0	18,8	100,0	100,0	18,8	50,0	62,5	25,0	25,0	37,5	25,0	31,3	68,8	0,0	56,3	25,0	37,5

\*De las 35 preguntas se han considerado para esta experiencia exclusivamente 28 de ellas, dado que son las coincidentes con el test que se pasó el año pasado. El resto, se consideran en investigaciones futuras.