

# EXPERIENCIAS DE APLICACIÓN DE LAS TICS, EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, MEDIANTE EL USO DE SISTEMAS EXPERTOS

Luis Alberto Gago, Natalia Silvana Stark<sup>1</sup>

Facultad de Ingeniería - UNLPam  
Calle 4 nro 125 – General Pico  
Tel. 02302 – 426899 [gagoluis@ing.unlpam.edu.ar](mailto:gagoluis@ing.unlpam.edu.ar)

## RESUMEN

Los procesos de enseñanza aprendizaje en los cursos de ingeniería requieren de prácticas intensivas de diseño, en las cuales se apliquen adecuadamente diversos principios físicos. Para lo cual se hace imprescindible un conocimiento profundo de los mismos. Al evaluar un diseño, el desempeño del artefacto y las propiedades económicas pueden ser analizadas produciendo un modelo simulado o construyendo un prototipo. Estas opciones demandan mucho tiempo y deben responder a cuestiones de seguridad y costos. Los laboratorios virtuales, no obstante sus limitaciones, combinan una interfase de diseño con una máquina simulada y animan a los estudiantes a probar con diferentes alternativas. Un estudio, en nuestro ámbito educativo, muestra la utilización de sistemas expertos para reforzar aprendizajes. La enseñanza de ciclos en Termodinámica es un momento oportuno para su introducción.

## ABSTRACT

The processes of teaching learning in the engineering courses require of practical intensive of design, in which appropriately diverse physical principles are applied. For that which becomes indispensable a deep knowledge of the same ones. When evaluating a design, the acting of the device and the economic properties can be analyzed producing a feigned model or building a prototype. These options consume a lot of time and they should respond at questions of security and costs. The virtual laboratories, nevertheless their limitations, combine a design interface with a feigned machine and they encourage the students to prove with different designs. A study sample the use of Expert Systems improve learnings in our educational environment. The teaching of cycles in Thermodynamic is an opportune moment for its introduction.

## PALABRAS CLAVE:

SISTEMAS EXPERTOS - LABORATORIOS VIRTUALES - TERMODINÁMICA

---

<sup>1</sup> Mg. Gago, JTP Termodinámica – APC. Stark Ay.1º Computación I

Los autores de este trabajo desarrollamos nuestras tareas en relación a la enseñanza de Termodinámica Clásica y en relación a ella presentamos este material. Es conocido que Termodinámica no es una materia simple. No obstante, aunque el camino pueda ser un poco “árido”, un acercamiento gradual permite ir familiarizándose con ella, hasta alcanzar el dominio de sus poderosas herramientas de análisis. Vale recordar la siguiente cita de Arnold Sommerfeld: *“La Termodinámica es un tema entretenido. La primera vez que lo estudias, no se entiende nada. La segunda vez, uno piensa que lo entendió, excepto por algunos detalles. La tercera vez, uno ya sabe que no lo entiende... pero cuando llega ese tiempo uno está tan acostumbrado con el tema que ya no se preocupa por entenderlo”*.

Frente a esta realidad, los grupos de trabajo que habitualmente entienden sobre cuestiones relacionadas a los procesos de enseñanza aprendizaje de la Termodinámica, diseñan y exploran con las posibilidades de nuevas estrategias: estudios programados, enfoques epistemológicos alternativos, enfoques centrados en el uso intensivo del laboratorio, práctica en industrias, e.o. El surgimiento de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs) ha posibilitado una nueva tendencia orientada al diseño e implementación de diferentes Laboratorios Virtuales. Ellos constituyen, aun bajo las diferentes concepciones con que se usan, verdaderos Sistemas Expertos. Baste para ello señalar los desarrollos de la Sección Departamental de Máquinas y Motores Térmicos de la Escuela Univ. Politécnica de Donostia-San Sebastián, perteneciente a la Univ. del País Vasco, del Grupo de Investig. Cualitativa de la Univ. del Noroeste o del Grupo de Investig. de la Univ. de San Diego en los EEUU, el Grupo de la Univ. de Queensland en Australia, e.o.

¿Qué entendemos por Sistema Experto?. Para un especialista en sistemas de información, un sistema experto es un programa de computadora que codifica un modelo de conocimiento de un experto humano en un campo reducido. Un sistema experto puede almacenar el conocimiento de expertos para un campo de especialidad determinada – y muy estrechamente delimitado – y solucionar un problema mediante la deducción lógica. Representan la transición del procesamiento de datos al procesamiento de conocimientos y sustituyen al mismo tiempo los algoritmos por mecanismos de inferencia. La base de este avance tecnológico fue el desarrollo de lenguajes de programación que permiten representar y procesar expresiones simbólicas y amplias estructuras de conocimiento. Este saber se almacena en la base de conocimientos y se procesa con las estrategias de solución depositadas en el mecanismo de inferencia. (Gómez, 1997) (Nebendahl, 1988). Los sistemas expertos encuentran aplicación allí donde haya conocimientos especializados y experiencia, y no resulte posible o rentable una solución convencional de procesamiento de datos. Pero más allá de esta concepción, también observamos la utilización de esta acepción como un sistema que encierra el conocimiento adquirido por un grupo de profesionales de la materia tras años de experimentación en la enseñanza de la misma.

¿Qué entendemos por Laboratorio Virtual?. Al respecto diremos que un Laboratorio Virtual es un programa formado por un conjunto de partes físicas o abstracciones importantes en el dominio de interés, herramientas para ensamblarlas dentro del diseño, y facilidades para analizar y probar diseños, generando ambientes de trabajo propicios para el aprendizaje. Existen diversos sitios web donde se muestran y hasta proveen versiones más o menos completas de este tipo de programas; pudiéndose analizar realizaciones variadas. Entre ellas hemos seleccionado Cyclepad, (Forbus, 2001), un componente del “Laboratorio Virtual Articulado para la Educación en Ciencias e Ingeniería” de Northwestern University. La meta de ese proyecto es desarrollar laboratorios virtuales articulados que enseñen ciencia y los principios de la ingeniería. La conjetura educativa que se estaría probando es que los

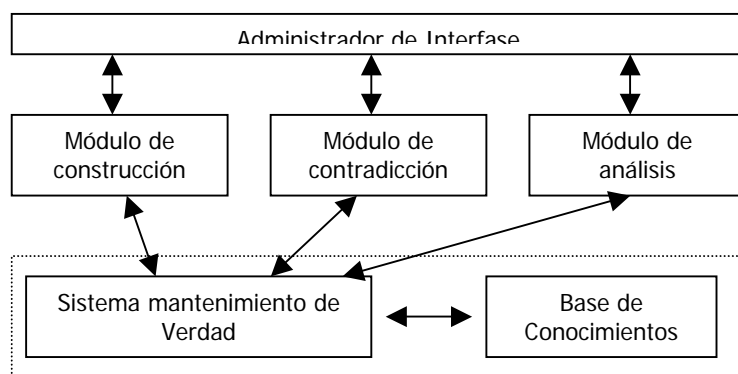
laboratorios virtuales articulados habilitarían a los estudiantes para aprender los principios fundamentales radicalmente mejor que de otra manera. Para probar esta conjeturas, el prototipo de laboratorio ha sido usado con estudiantes de ingeniería de la Univ. del Noroeste y Univ. de Oxford como parte de su trabajo del curso, y por estudiantes de la escuela secundaria del municipio de Evanston. Se cree que los laboratorios virtuales articulados podrían mejorar considerablemente la educación en ciencias y en ingeniería. La experiencia en diseño es esencial para la educación en ingeniería, y *proporciona un contexto motivador poderoso para el aprendizaje de los principios físicos fundamentales*: uno no puede diseñar un motor de reacción, un refrigerador, o planta de potencia sin usar un amplio rango de principios físicos. Los ambientes de diseño permiten a los estudiantes centrar su atención en los mismos. Esto resulta inestimable para la instrucción tanto en ciencias básicas como en ingeniería, pudiendo así mejorar el interés y motivación en dicho aprendizaje. Las experiencias son difíciles de proporcionar en un aula típico, porque muchos artefactos físicos interesantes (como plantas de poder, artefactos del motor de reacción, y refrigeradores) son caros o peligrosos para construir y experimentar con ellos. Los laboratorios virtuales, permiten a los estudiantes diseñar y analizar y probar o testear artefactos en un ambiente simulado en forma económica y segura.

Termodinámica es una materia importante en la formación de un futuro ingeniero. En su currícula, los Ciclos termodinámicos constituyen un tema interesante, dado su carácter integrador de principios y por sus posibilidades de aplicación en la práctica. Su entendimiento requiere un amplio y profundo conocimiento de los principios físicos que fundamentan la materia. De hecho los libros más introductorios a la Termodinámica dedican diferentes capítulos al análisis de ciclos y hasta algunos textos se dedican únicamente al análisis de ciclos. Las observaciones realizadas a través de muchos años de trabajo en la cátedra muestran que aparece una variedad de problemas cuando se enseña a los estudiantes como diseñar y analizar ciclos: (1) los estudiantes tienden a empantanarse en el mecanismo de resolver ecuaciones y cálculos rutinarios. Esto impide explorar múltiples alternativas de diseño y otros estudios, por ejemplo: ver como la eficiencia varía como función de la eficiencia de la turbina versus como ésta varía como una función de la temperatura de salida de la caldera. De modo que sin hacer este estudio comparativo algunas oportunidades de aprendizaje lamentablemente se pierden. (2) los estudiantes están preocupados respecto a qué suposiciones para el modelado necesitan hacer, tal como asumir que un intercambiador opera isobáricamente, o que una válvula lo hace isoentálpicamente, (3) los estudiantes frecuentemente no cambian los parámetros que eligieron para ver si sus diseños son físicamente posibles, por ejemplo: que sus diseños no requieran el absurdo de una bomba que produzca en lugar de consumir trabajo.

Cyclepad fue diseñado específicamente para ayudar a los estudiantes a aprender ingeniería termodinámica proveyendo un ambiente de aprendizaje inteligente que maneje cálculos rutinarios, facilidades de análisis, ayude a los estudiantes a mantener pistas del modelo de suposición y detectar diseños físicamente imposibles. La disponibilidad de este desarrollo en la Web posibilita a centros de estudios menos avanzados en este tipo de investigaciones, hacer un relativo uso de sus herramientas de diseño y análisis, experimentar con ellos y pensar en formas adecuadas de implementación en la currícula. Es muy destacable la actitud de estos centros de estudio que habiendo logrado desarrollos tan interesantes, como en este caso, con un cierto sentido de “solidaridad” comparten y difunden sus experiencias de utilización de las TICs en el ámbito de enseñanza de la ciencia, así como el impacto producido y los aportes que las mismas proveen. A partir de allí, algunos centros de estudio como la Univ. de Queensland han mostrado desarrollos complementarios propios, para la asistencia a sus estudiantes y para la enseñanza y el aprendizaje, por ejemplo, mediante la complementación

de Cyclepad (concebido como “Sala de Diseño”) con Tours Virtuales donde se muestran en la realidad, el producto de diseños que alguna vez fueron apenas una promesa, (como los que ellos están experimentando hoy). Por cierto, esto resulta muy atractivo para el estudiante, principalmente aquellos que no tienen acceso fácil a este tipo de información.

Podemos transitar a través del diseño de un ciclo específico: Carnot, Rankine, Otto, Diesel, Brayton, o sus alternativas y combinaciones, desde el comienzo hasta el final. Nosotros interactuamos recíprocamente con CyclePad en tres modos, Construcción, Análisis y Contradicción, generalmente en ese orden. Es posible acceder a cualquiera de estos modos pulsando el botón correspondiente, pero es conveniente que, por lo menos durante su primer tiempo de uso, proceder en el orden indicado.



Arquitectura de Cyclepad  
(adaptado de Forbus, 1999)

**Modo Construcción:** este modo permite construir un escenario del ciclo a analizar, adicionando componentes al diseño, conectándolos entre sí, modificando las etiquetas de componentes y fluidos, manipulando los íconos de los artefactos, etc.. Podríamos pensar en crear un diseño con ciertas características, por ejemplo máxima salida de trabajo, máxima eficiencia, mínimo costo operativo y así siguiendo. Un análisis sustancial se requiere para calcular tal información.

**Modo Análisis:** en el modo de análisis se modelan suposiciones, ej.: operará isentrópicamente, politrópicamente, etc. y se eligen valores para los parámetros. Haciendo clic sobre los íconos correspondientes aparece un “pop up” de Windows que muestra información acerca de los componentes, del fluido y del ciclo como un todo, tal como la eficiencia térmica, el flujo de calor, el trabajo de salida, la entropía, etc.

**Modo Contradicción:** algunas suposiciones y valores de los parámetros podrían ser inconsistentes unos con otros, algunas suposiciones podrían causar que otras suposiciones o parámetros deban reconsiderarse o ser removidas. El programa nos alerta acerca de esto tan pronto como se genera la inconsistencia permitiéndonos efectuar las correcciones que estimemos convenientes.

Cyclepad está siendo habitualmente utilizado alrededor del mundo, como una herramienta educacional en cursos de Ingeniería Termodinámica, en universidades e institutos de educación superior. Algunos de ellos han desarrollado nuevas currículas entorno a este laboratorio virtual articulado (Baier, 1999) y la Academia Naval de los EE.UU. ha mostrado que ayuda a los estudiantes a tomar proyectos más complejos, algunos de cuyos resultados se encuentran en “paper” técnicos, como los escritos por Chi Wu y otros. (Wu & Burke, 1998)

Presentaremos a continuación algunas consideraciones sobre dos experiencias concretas, desarrolladas en nuestro medio, en las cuales se hizo uso de TICs para el trabajo con Sistemas Expertos.

**Un estudio de caso:** en la Facultad de Ingeniería de la UNLPam estamos trabajando, desde hace algunos años, en procura del mejoramiento de la enseñanza de Termodinámica recurriendo para ello a la metodología de Investigación Acción (Gago, 1999). Pero dadas las características del medio en que desarrollamos la investigación, la realidad de la cátedra y otros factores, en ocasiones incursionamos en otra línea de investigación cualitativa, el Estudio de Casos. La idea de “estudio de casos” encierra la posibilidad de generar abundante información, con un rango de aplicación desde descripción de eventos a la prueba de hipótesis. Esa rica descripción, común a estos tipos de estudios, la podemos emplear posteriormente para establecer comparaciones con otras situaciones similares. Debemos destacar que en nuestro trabajo lo utilizamos como una manera de conducir y comunicar la investigación educativa y no como una herramienta de enseñanza en si misma.

Procuramos seleccionar un caso que sirviera de modelo y que permitiera reflejar adecuadamente fortalezas y debilidades, asimismo, realizar un seguimiento detallado permitiendo verificar en su contexto la aplicación de las estrategias seleccionadas, así como sus posibles ajustes. El caso Fernando (F.): (Gago, 2004) corresponde a un alumno que estuvo a punto de abandonar su carrera, entre otras causas, por haber caído marcadamente en su desempeño académico. El desafío docente de devolverlo a la vida universitaria constituyó un caso al cual pudo realizarse un seguimiento en sus distintas actividades y, a la vez, exhibir resultados finales. Así como la elaboración de una carpeta de información pertinente, donde constaba la definición, descripción, seguimiento y evaluación del caso, del tal manera que pudiera ser auditado por evaluadores externos. Quienes tuvimos acceso al historial de este estudiante, observamos que se había caracterizado por ser lo que generalmente denominamos un buen alumno o al menos un alumno medio. A pesar de no sobresalir en sus exámenes había logrado superar decorosamente las demandas de las distintas asignaturas en su etapa de estudios en Polimodal (educación media). Algo similar ocurrió con las materias correspondientes a los primeros años en la Universidad, donde se encuentra hoy transitando la carrera de Ingeniería Electromecánica. Pero es aquí donde algunas pocas materias, entre ellas Termodinámica, representaron para F. una serie reiterada de tropiezos. Cuando comenzamos a trabajar su caso, se encontraba a punto de hacer abandono definitivo de sus estudios. El análisis de las causas que lo habrían obligado a realizar un paréntesis en sus estudios, se efectuó en base a los trabajos de examen que previamente realizara, observaciones en clase, entrevistas con el alumno, etc. Las mismas fueron procesadas y validadas mediante técnicas adecuadas (triangulación de las observaciones). El ordenamiento a través de recursos apropiados contribuyó a facilitar la elaboración de conclusiones.

Hemos pretendido mediante este caso analizar lo que sucede a muchos F. que transitan su vida universitaria con similar “estrella” y proponer, desde nuestras posibilidades de intervención, alternativas de estudio diferentes que contribuyan a remediar esas situaciones. A raíz del trabajo con F. llegamos a explorar diferentes estrategias de enseñanza aprendizaje a efectos de rescatarlo de una situación académica tan comprometida. Entre ellas, nos propusimos invitarlo a participar, de manera exploratoria, en un abordaje distinto en el análisis de ciclos termodinámicos y al refuerzo en el aprendizaje de los principios físicos que los fundamentan. La alternativa consistía básicamente en que, una vez conocidos los principios físicos que sustentan este conocimiento, intentásemos con Cyclepad modelar diferentes ciclos termodinámicos. Haciéndolo desde lo más básico hasta el grado de

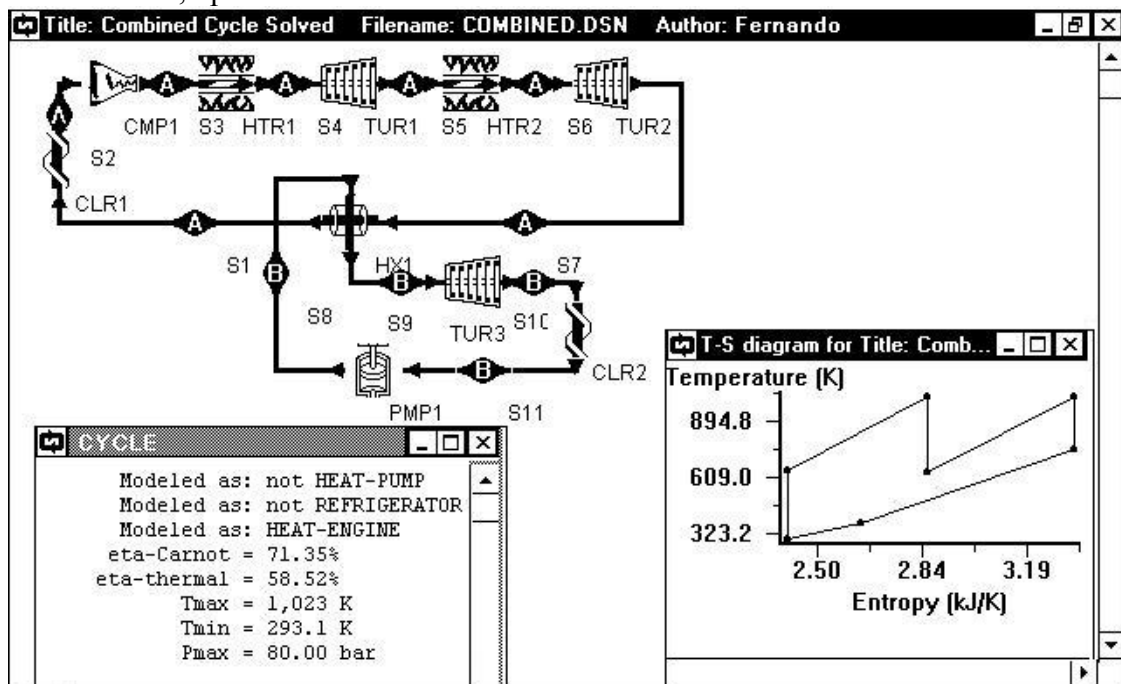
complejidad que en función de diversas variables: tiempos, posibilidades de la herramienta, conocimientos requeridos, etc., fuera posible acceder. Aceptada la proposición se programaron, a modo de tutoría, encuentros semanales presenciales o mediante e-mail. Mediante ellos podíamos evaluar la evolución del proceso e intervenir en el mismo aclarando dudas, realizando observaciones, etc. Al mismo tiempo seguiríamos con el respaldo de la bibliografía de cabecera: Cengel, 1997; Wark, 1997

Una dificultad inicial fue presentada por el manejo del idioma, pero fue de alguna manera salvada mediante un inglés técnico básico. La posibilidad de configurar el programa en S.I. constituyó una fortaleza importante. Una vez alcanzado un manejo elemental de la interfase se utilizaron modelos de dificultad creciente para su resolución. Es de destacar que las expectativas generadas y la correspondencia con la herramienta ofrecida, provocaron en el alumno un cambio de actitud, una apertura que tratamos de capitalizar para reformular el aprendizaje de aquellos conceptos físicos mal aprendidos. A continuación presentamos segmentos del informe ofrecido por F. sobre un modelo analizado: (detalles en Gago, 2004 )

**Estudio de un ciclo combinado:** Dada las condiciones iniciales ... .., los objetivos planteados fueron los siguientes:

- Evaluar la variación del rendimiento térmico del ciclo mediante la pérdida de rendimiento isentrópico en las turbinas y en el compresor.
- Evaluar el incremento en el calor, dada la disminución del rendimiento isentrópico de las turbina 1 y 2 a fin de mantener una potencia requerida.

.... “-- He trabajado formas de evaluar el rendimiento térmico de un ciclo de potencia y también de evaluar la irreversibilidad en procesos termodinámicos. He utilizado una combinación de un ciclo con recalentamiento con un ciclo Rankine, por medio de un intercambiador de calor, con el fin de aumentar la temperatura del agua utilizada en este último. Para así, optimizar su rendimiento”.



Ciclo Combinado (Cyclepad)

Modelado de los equipos:

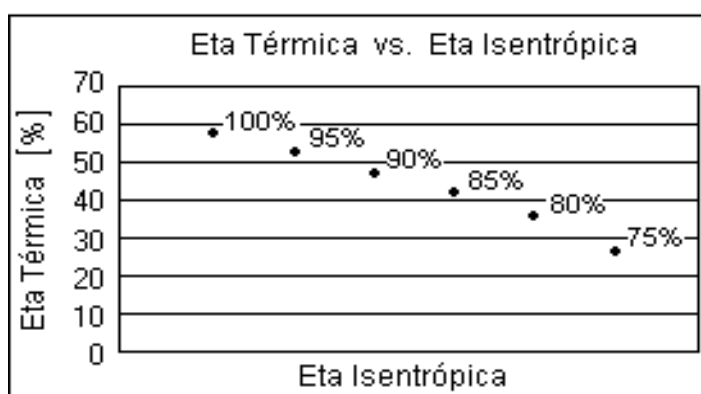
Objetivo 1		Objetivo 2	
CALDERAS	Isobáricas	CALDERAS	Isobáricas
TURBINAS	Adiabática - No Isentrópicas	TURBINAS 1 y 2	Adiabática No Isentrópicas
CONDENSADOR	Isobárico	TURBINA 3	Adiabática – Isentrópica
BOMBA	Isobárica	CONDENSADOR	Isobárico
INTER. CALOR	Isobárico - Contra Corriente	BOMBA	Isobárica
ENFRIADOR	Isobárico	INTER. CALOR	Isobárico - Contra Corriente
COMPRESOR	Adiabático - No Isentrópico	ENFRIADOR	Isobárico
		COMPRESOR	Adiabático – Isentrópico

- Determinación del rendimiento térmico del ciclo en función de la pérdida de rendimiento isentrópico en las turbinas y en el compresor.

T (S6) [°C]	Eta Isentrópico [%]	Eta Térmico [%]
750	100	58.96
750	95	53.82
750	90	48.74
750	85	42.73
750	80	35.48
750	75	26.48

Análisis: “- dado que el rendimiento isentrópico de las turbinas está disminuyendo, la potencia generada por las mismas es cada vez menor; en cambio, para que el compresor pueda elevar la presión a 1600 KPa es necesario agregarle un trabajo mayor cada vez que disminuye el rendimiento isentrópico de éste. Esto produce una disminución considerable en el trabajo neto. Entonces, al disminuir el trabajo neto, afecta directamente el rendimiento térmico del ciclo, dado que  $Eta_{Ter.} = W_{net} / Q_{in}$ ”.

“- Trabajé sólo hasta el rendimiento isentrópico de 75 % en las turbinas y en el compresor, porque después había que variar la temperatura en S6 y el punto de comparación cambiaría y sería más difícil hacer un análisis. El aumentar la temperatura en S6 para permitir que el ciclo opere, lo único que provocará es un aumento en el calor entrante de la caldera 2, y por consiguiente el rendimiento térmico del ciclo será mucho menor.



..... , nos interesa que el aire a la salida de la primera turbina tenga su temperatura lo mas alta posible generando una potencia óptima, pero al disminuir el rendimiento isentrópico en la turbina estos parámetros no son los más adecuados. Entonces el calor suministrado a la segunda caldera deberá ser mayor para lograr una temperatura apreciable, de forma tal que al entrar a la turbina 2 esta logre generar la potencia faltante. El mismo procedimiento se

cumplirá a la salida de la turbina 2, la temperatura no será la mas alta posible, y al calentar el agua se perderá mucho calor; además esta transferencia de calor será mayor dado que la cantidad de agua aumenta cada vez que se disminuye los rendimientos isentrópicos. Nota: a medida que el rendimiento de las turbinas disminuye, el calor necesario suministrado para obtener la potencia deseada es mayor. (...)

Del trabajo presentado pude extraer las siguientes conclusiones:  
(...)

- La mayor eficiencia del ciclo se obtiene modelando las turbinas isentrópicas y adiabáticas, a medida que la eficiencia de las turbinas aumenta, esta tiende a su estado ideal o de máximo rendimiento donde  $S_1=S_2$ .
- Para elevar la masa de entrada en la turbina 3, hay que prestar atención al flujo de calor en el intercambiador, dado que, este valor debe ser igual en las dos corrientes (fría-caliente).
- Debido a que las turbinas fueron modeladas adiabáticamente, por primera ley, el trabajo generado por estas se reduce a la diferencia de entalpías. Pero estas entalpías son específicas (KJ / Kg), motivo por el cual han de ser multiplicadas por un flujo másico, de modo tal que el anterior afecta directamente al trabajo generado por las turbinas.
- A medida que se disminuye el rendimiento isentrópico en las turbinas, la única manera de compensar para que el ciclo genere una potencia deseada, es suministrando cada vez una cantidad mayor de calor, entonces la relación costo-beneficio entraría a jugar un papel de suma importancia.
- El manejo de Cyclepad no me resultó sencillo para un ciclo que maneje muchas operaciones.”

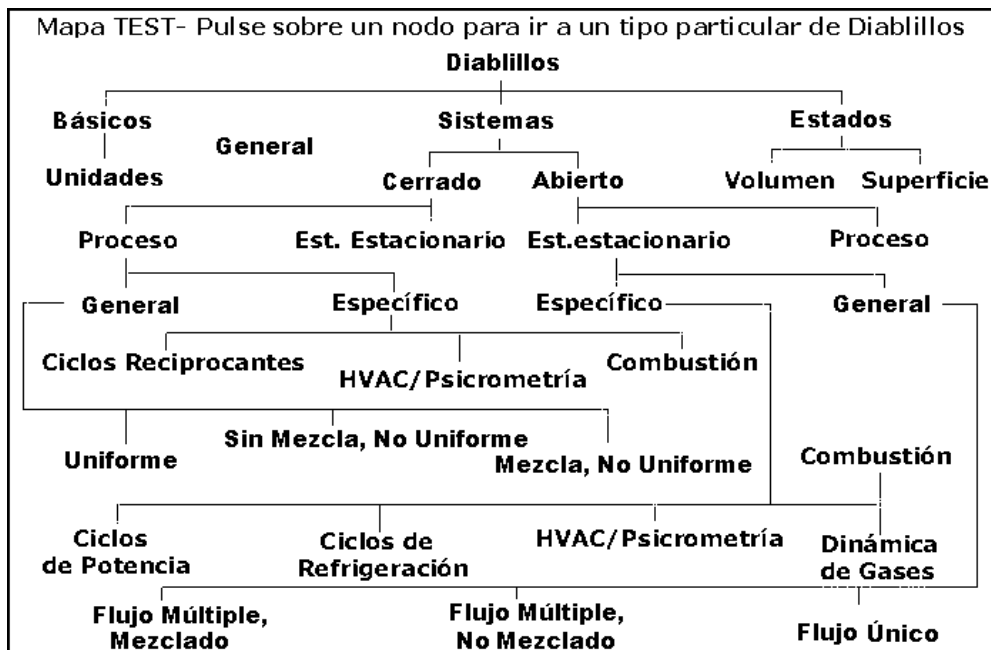
**Algunas percepciones sobre el caso:** El trabajo con F. permitió una mayor interacción con el alumno. Los logros parciales que se fueron produciendo incidieron favorablemente en su autoestima. “--- lo que estuvo bueno fue eso de trabajar con los programas (Software) para analizar Ciclos Termodinámicos, por ejemplo... que utiliza el modo contradicción... eso está bueno porque le evita a uno tener que estar usando tablas y sacando cuentas, para nada... nada más que para perder tiempo...”.

La estrategia utilizada contribuyó a mantener su interés en la materia. Además, la oportunidad de reiterar núcleos temáticos no aprobados en instancias anteriores resultó importante para la obtención de mejores aprendizajes y para la prevención del fracaso.

El seguimiento mediante la serie de encuentros le fue poniendo pautas, lo organizó. Asimismo, favoreció la construcción de aprendizajes no disociados, permitiéndole establecer relaciones e integrar los temas abordados con los principios físicos correspondientes.

**Una experiencia con el “gran grupo”. Los diablillos de “Sooby”:** desde una concepción un tanto diferente, otro desarrollo importante relacionado a la aplicación de las TICs en la especialidad referida está dado por TEST (The Expert System of Thermodynamics) (Bhattacharjee, 2005). Un sitio desarrollado en la Universidad del Estado de San Diego. Ingresando al dominio de sus Duendes o Diablillos se puede acceder, con cierto entrenamiento, a los temas habitualmente tratados durante el desarrollo de la materia. Es destacable en este software la amplitud y la profundidad lograda en sus temáticas, suficientes para trabajar íntegramente un curso estándar de Termodinámica Clásica, algo poco común en otros desarrollos.





Mapa de TEST, en el cual se aprecia la variedad de temas tratados por el software

Si bien no hemos hecho mayor mención, quitamos espacio a la exposición anterior para finalizar compartiendo breves apreciaciones sobre una nueva experiencia que tuvo como protagonista este excelente software. La deseamos compartir porque precisamente aquí no nos fue tan bien. Como se oye decir habitualmente: “una de cal y otra de arena”. Aunque a los efectos de la metodología de Investigación Acción las conclusiones recogidas son útiles para nuevos ciclos en la espiral de la investigación (2005). Nuestra experiencia respecto a las TICs, es limitada y se encuentra atravesando la etapa de descubrimiento. Es así que, animados por la estrategia planteada en la web de la Univ. de Navarra (UNAV, 2004), España, ensayamos una nueva propuesta pero en esta oportunidad con un grupo numeroso de alumnos. Para ello, alternamos sus tradicionales prácticas de resolución de ejercicios, con algunas situaciones problemáticas que debían ser resueltas mediante esta herramienta. Pero esta vez, los resultados obtenidos no fueron los esperados. Aunque debemos destacar que las razones han sido ajenas a la herramienta en si misma. Su calidad resulta difícil de cuestionar.

La actividad nos dejó importantes enseñanzas. Reconocemos una importante falla en la selección de nuestra metodología. Con intención de acompañarlos en su actividad y ante el escaso tiempo disponible en el desarrollo cuatrimestral, estimamos conveniente organizar una clase para todo el grupo en el Centro de Cómputos de la Facultad. Ocurrió que, más allá de lo previsto y de la complejidad del programa, el escaso número de estaciones de trabajo y una red demasiado lenta fomentaron el desánimo de los estudiantes en lugar de incentivarlos a descubrir las poderosas herramientas del software. También fuimos responsables de la falta de articulación entre los miembros de la cátedra a la hora de presentar una propuesta de trabajo mejor equilibrada con las actividades tradicionales. Finalmente, las actividades fueron resueltas prescindiendo de la herramienta cuyo uso intentábamos fomentar.

## CONCLUSIONES:

En distintas universidades y centros de estudios superiores, se están realizando esfuerzos considerables en la búsqueda de estrategias de enseñanza aprendizaje alternativas a las tradicionales. Las tecnologías de la información y de la comunicación, mediante el

surgimiento de nuevos programas y técnicas de análisis, como las correspondientes a Inteligencia Artificial y Sistemas Expertos en particular, han posibilitado la creación de Laboratorios Virtuales. Una especie de tutores inteligentes que generan en los estudiantes nuevas expectativas y situaciones de aprendizaje. Los cálculos rutinarios se relegan para dedicar su tiempo al análisis de situaciones de compromiso frente al diseño y a la recuperación de los principios físicos correspondientes. Cyclepad, una herramienta específica al diseño de ciclos termodinámicos, mediante sus modos de construcción, análisis y contradicción, contribuye probadamente a ello. Una respuesta rápida a un ¿qué pasa si ....? es una situación de aprendizaje excelente en el estudio referido.

Pero las TICs por sí mismas no garantizan buenos resultados, sin importar cuan poderosa sea la herramienta, el éxito de su implementación es susceptible a las estrategias que el docente proponga y al uso que los alumnos hagan de ellas.

La posibilidad de disponer en nuestro centro de estudio de tan preciados materiales, nos va perdiendo realizar nuestros propios estudios comparativos, a efectos de analizar la posibilidad de implementación en nuestras currículas. Las realidades de las cátedras y los centros no siempre generan las condiciones favorables para dichas iniciativas. No obstante, las experiencias llevadas a cabo y entre ellas el caso F. han permitido hasta el momento, compromiso docente mediante, corroborar lo afirmado en diversas publicaciones electrónicas. Las TICs encierran una potencialidad que debemos continuar descubriendo en procura de enriquecer los procesos de enseñanza aprendizaje de las ciencias.

## **BIBLIOGRAFÍA:**

- Baher J., Joyse M., 1999. Using Case Studies To Evaluate Learning Technologies, 29<sup>th</sup> ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference 13c3-12 U.S.
- Bhattacharjee Subrata, 2002-2005, The Expert System of thermodynamics, San Diego State University, <http://thermo.sdsu.edu>
- Çengel, Boles, 1997. *Termodinámica*. 1<sup>o</sup> Esp.– Mc Graw Hill.
- Forbus, K., 2001. *Cyclepad*. (Northwestern University U.S. [www.qrg.northwestern.edu](http://www.qrg.northwestern.edu))
- Forbus, K., Whalley, P., Everett, J., Ureel, L., Brokowski, M., Baher, J. and Kuehne, S., 1999. Cyclepad: an articulate virtual laboratory for engineering thermodynamics *Artificial Intelligence* 114 297 – 347, U.S.
- Forbus, K. y Whalley, P., 1994. Using qualitative physics to build articulate software for thermodynamics education, *AAAI-94*, pp 1175-1182, U.S.
- Gago L., 1999 -*Aprendizaje Significativo de los Principios de la Termodinámica...* Tesis de Maestría - U. de Barcelona, España.
- Gago L., Stark N., 2004. Estrategias Superadoras Con Alumnos En Riesgo. *Termodinámica, Anales 3<sup>o</sup> CIDUI* Girona, España.
- Gago L., Stark N., 2004. Sistemas Expertos en la Enseñanza de la Termodinámica – Laboratorios Virtuales, *Memorias SIEF VII*, Santa Rosa, Argentina
- Gómez A., Juristo N., Montes C., Pazos J., 1997, *Ingeniería del Conocimiento*, Edit. Centro de Estudios Ramón Areces, España.
- Nebendahl, D, 1988. *Sistemas Expertos*, Siemens & Marcombo, Berlín, Barcelona
- UNAV, 2004. Sitio de Termodinámica de la Escuela Superior de Ingenieros de San Sebastián, Univ. de Navarra. <http://esi.unav.es/ asignaturas/termo2>
- Wark K., 1997 *Termodinámica*. 5<sup>o</sup>e – Mc Graw Hill.