



ENSEÑANZA

Termodinámica Utilitaria (para Centrales Termoeléctricas)

A. Calvo

Julio del 2001

Resumen / Abstract

Cuando se necesita profundizar en una asignatura terminal de una disciplina y se carece de tiempo de docencia directa, muchas veces se aumenta la cantidad de materia a estudiar individualmente. Pero cuando este material a su vez necesita de un análisis previo del profesor, es posible lograr un incremento de tiempo a partir de la reorganización de la impartición de la disciplina base (fundamentación teórica). La reorganización se basa en la utilización de la aplicación para la deducción de las leyes generales. Se gana entonces en tiempo de familiarización y profundización teórica específica, con la aplicación específica deseada, permitiendo el incremento en información que facilita abordar situaciones y cálculos más complejos y una participación más amplia del especialista. El nivel teórico de la asignatura base se mantiene al generalizar las leyes deducidas en la aplicación (perteneciente a la asignatura terminal) que sirvió de punto de partida. La introducción del concepto Termodinámica utilitaria (para Centrales Termoeléctricas), permite profundizar en temas que anteriormente era imposible abordar y que requieren de tratamiento adecuado en actividades lectivas.

When is needed deepen in a terminal subject of a discipline and teaching lecture time lacks, many times is increased the quantity of matter assigned to individually study. But when the material needs of the teacher previous analysis, it is possible to achieve an increment of time starting from the reorganization of the preceding subject (theoretical foundation). The reorganization is based on the deduction of the general laws using application examples. Then it is won the time of familiarize (acquaint) and the specific theoretical deepening with the wanted specific application, allowing the increment in information facilitating the approach to the more complex situations and calculations and then a wider specialist participation. The theoretical level of the preceding subject stays when the laws are deduced from the application examples (belonging to the terminal subject) that served of starting point. The introduction of the Utilitarian Thermodynamic concept (for Steam Power Plants) allows to deepen in topics requiring suitable treatment in classes that obviously it was impossible to approach.

Key Words: Engineering Thermodynamics, Technical Thermodynamics, Power Plant, Pedagogy

Palabras Claves: Termodinámica Técnica, Termodinámica Para Ingenieros, Termoeléctricas, Pedagogía

INTRODUCCIÓN

Termodinámica utilitaria es una forma nueva en nuestro ambiente de desarrollar, una asignatura teórica a partir del fenómeno o modelo que será objeto de estudio posterior, en este caso es la central termoeléctrica, por eso dice el título para centrales termoeléctricas. Si hubiese sido desarrollada para motores de automóviles, podría empezarse estudiando éstos.

En este caso de la termoeléctrica a vapor, se tiene la ventaja en el orden metodológico, de que es el ciclo típico, que se completa sin salir la sustancia trabajo del sistema, es decir fuera del contexto de la máquina térmica. No así los de combustión interna que tienen que ser llevados a ciclo y así se idealizan. Esto es debido a que está dividido el ciclo, primero porque toma aire de la atmósfera y cede los gases a ésta. Y segundo, porque la sustancia no es la siempre misma, ya que al inicio es aire mas combustible después gases de producto de la combustión.

Este concepto de Termodinámica Utilitaria se introduce con el ánimo de una compresión más rápida, sin divagaciones teóricas iniciales que después con menor pérdida de tiempo, y con mayor facilidad, podrán ser desarrolladas (disfrutadas) en un plano más vinculado con la instalación objeto de trabajo (esa parte de éste nuestro macromundo). Se le dice utilitaria, por que se emplea justo para comprender la termoeléctrica, como la herramienta para el estudio de la central. Aunque posteriormente se generalicen todas sus leyes y consecuencias, y podrán derivarse o inferirse todas las generalizaciones teóricas que se requieran.

SURGIMIENTO DEL CONCEPTO

La dirección de la Comisión de Carrera de Ingeniería Eléctrica, ha manifestado^{1/} que es necesario incrementar la preparación en Centrales Termoeléctricas de los egresados, a fin de poder hacer rente en mejores condiciones a este tipo de tareas en su ejercicio promocional. Esto se ha pensado con vistas inclusive a dirigir Centrales Termoeléctricas.

La carrera Ingeniería Eléctrica dentro de su plan de estudios llamado "C", que ya tiene una primera corrección o ajuste, presenta la disciplina Centrales Termoeléctricas, que comprende las asignaturas: Termodinámica (Técnica) y Centrales Termoeléctricas. Estas asignaturas tienen asignadas 80 y 64 horas respectivamente. Dicha cantidad de horas, sería suficiente, si el objetivo fuera solamente informativo, de familiarización. Pero una asignación de horas adicionales para lograr el propósito antes mencionado, es prácticamente imposible dado el cúmulo de horas añadidas, derivadas fundamentalmente

del empleo de las últimas tecnologías de la informática y la automática.

Se puede a esto añadir que las condiciones económicas rigurosas que nos impuso el llamado período especial, donde se ha carecido hasta de lo más elemental, han ido en detrimento del desarrollo de nuestras instalaciones de laboratorio de energía térmica.

Por otra parte, desde los años 60 se ha utilizado la Central Termoeléctrica "Otto Parellada" (Tallapiedra) como material de estudio en las carreras de Ingeniería Eléctrica y de Mecánica, fundamentalmente en la antigua especialidad de Termoenergética^{2, .3/}

Esta práctica unido a las condiciones deplorables en que se encuentran nuestros laboratorios nos llevó inicialmente a utilizar a la termoeléctrica no sólo como práctica de familiarización, si no a utilizar sus instalaciones como de laboratorio pero lógicamente a régimen fijo, y en determinados rangos o situaciones.

La idea de la espiral en la dosificación de los conocimientos, surge durante la estancia como profesor invitado del autor en la UPB, Universidad Privada Boliviana, en que tuvo que impartir las asignaturas: Fundamentos de Termodinámica (conocida como termodinámica I), Transferencia de Calor y Mecánica de los Fluidos^{4,5,6/} además de Termodinámica Aplicada, de forma continua, todos los días, en un lapso de entre un mes o mes y medio, a razón de 2 hr. por día. Ésta es una universidad fundamentalmente de ciencias económicas, en la cual, es factible impartir las asignaturas en esas condiciones. Además, esa era una de las características que se ofrecían como ventaja con respecto a otras universidades y con este plan, el estudiante podía seleccionar el orden de asignaturas que estimara pertinente siempre y cuando respetara el orden de precedencia. Aunque persuasivamente se explicó, que dicho sistema para asignaturas de la complejidad de las básicas específicas no era el adecuado, por un problema de tiempo de sedimentación del conocimiento. La dirección no transigió y hubo que dictarlas en esa forma, que dicho sea de paso se había experimentado en Cuba en los años 60 sin éxito.

A fin de lograr la necesaria sedimentación ideó la forma de impartirla en espiral, que consiste en recorrer toda la asignatura en una primera versión, seguida de otra vuelta con una profundización de los contenidos mayor, según fuese el caso podría existir una tercera vuelta para completar la asignatura con el acabado deseado. Esto permitía una familiarización más rápida del estudiante con la nueva nomenclatura e idioma de la asignatura, facilitando su asimilación, y su sedimentación. Esto se logra por la repetición de un tema a diferentes niveles.

A esto hay que añadir las experiencias en la impartición de posgrado de termodinámica donde explicaciones sobre las máquinas ha, permitido una cabal comprensión de temas teóricos que habían sido estudiados en el pregrado divorciados de la práctica

Aunque no se ha tenido tiempo de hacer búsqueda bibliográfica a fondo, podemos asegurar no ser los primeros, ya que la idea a partir del todo para llegar a las partes y deducir las leyes no es nueva, así como aprender haciendo. Esta solución no es original, ya Faires, finales de los años 40, publicó un libro previo al del curso de Termodinámica/7/, donde explicaba cada uno de los sistemas: compresores, calderas, turbinas, de forma elemental inicialmente, dando algunos elementos teóricos, y algo parecido hizo con la entropía su texto mundialmente conocido/8/. También provocó inspiración la forma de exposición del texto de Mecánica de los Fluidos de Frank White/9/. y de Transferencia de Calor de Incropera/10/. Otros textos influyentes también han sido: El de Fernández Conde, por la rigurosidad de las exposiciones, la organización de los contenidos y la tendencia a ejemplificar acorde a la práctica de ingeniería/11/

DESARROLLO DEL CONCEPTO

Estas condiciones excepcionales de uso intensivo de la Termoeléctrica en la docencia nos permitió reajustar el programa de la asignatura Termodinámica (técnica) de forma que las leyes puedan ser deducidas a partir de esa instalación real. Es decir, de cierto modo utilizando el método inductivo. Se resuelven por esta vía dos problemas: la familiarización con la planta (el proceso) y una mejor comprensión de esos conceptos tan difíciles de la primera y segunda leyes de la termodinámica.

Una generalización posterior se lleva a los ciclos teóricos conocidos y su trabajo con gases ideales y a otros aspectos de los contenidos fundamentales de esta asignatura.

Otro aspecto fundamental es el concepto de dosificación de la información en espiral. Esto significa que la asignatura se imparte completa a diferentes niveles, y en cada vuelta con un nivel mayor de profundidad. Esto facilita la visión global del estudiante del por qué y para qué esta asignatura ha sido incluida en su plan de estudios.

Esto es un aspecto poco abordado en la vida diaria donde el estudiante se pierde ante tanta carga docente (sobre todo en el tercer año, plan C, de Ingeniería Eléctrica) en que atina sólo a tratar de resolver los ejercicios con una visión prácticamente particular, maquinal, sin esa visión global de cual es el objetivo fundamental

En el primer tema o capítulo se presenta la disciplina Centrales Termoeléctricas, cuya primera asignatura la Termodinámica, es el fundamento teórico de la misma. Se explica en que consiste esta asignatura y su basamento en las 1ra. y 2da. Leyes, y

que su método de análisis se basa en estas dos leyes, que existen otras como la 3ra. y que en su momento se dará su explicación correspondiente. Además se enfatiza que inicialmente éstas van a ser deducidas y ejemplificadas a partir del ejemplo práctico que es la central termoeléctrica, que posee además la ventaja de ser en la práctica la del caso más evidente de ciclo termodinámico, de donde Carnot sacó sus conclusiones de la fuerza motriz del calor. También se conversa (y precisamente así y no de otra forma) sobre cuál es el objetivo de esta teorización, la de obtener el límite de trasformabilidad de la energía térmica en mecánica y qué papel juega aquí la reversibilidad ya estudiada en la física y pocas veces comprendida.

ALGUNAS EXPERIENCIAS EN SU APLICACIÓN

Se les presenta la termoeléctrica, se describe y analiza su funcionamiento, valiéndose de la visita a la CTE., también se utiliza como complemento, por las figuras, etc., el texto de la asignatura Centrales/12/. Posteriormente se le analiza como sistema termodinámico y es ahí donde se explica el concepto de sistema termodinámico, sus fronteras y tipos. Se pasa luego al concepto sustancia-trabajo, en este caso el vapor de agua y se explica este importante concepto recorriendo todo el ciclo turbina, caldera, condensador, bomba de alimentación, que ya también oportunamente se mostraron o mostrarán en la CTE. Con la explicación de los equipos se refuerza o amplía el concepto de ciclo que ya poseen de la física, con sus elementos o equipos componentes. Se aprovecha la presencia del condensador, planteando su necesidad de sesión de calor a la fuente fría, por qué se necesita garantizar la diferencia de presiones con que trabaja la turbina de vapor.

Se les lleva a familiarizarse con la planta y después deben entregar un boceto (esquema) de la misma, que se evalúa posteriormente al pie de cada equipo, reconociéndolo en el sitio y relacionándolo con el esquema entregado.

Se calculan con parámetros reales la aplicación de la primera ley, y se dibujan los diagramas $p-v$ y $T-s$ correspondientes. Se deducen fenomenológicamente las leyes 1ra. y 2da.

El trabajar con la entropía sin haber hecho la deducción rigurosa ya ha sido anteriormente empleado en el libro de Termodinámica más difundido de América Latina: El Faires. En este caso se explica que posteriormente será deducida; la diferencia radica en que se dice que es y en qué y para qué se usa. En la explicación se evidencia o hace notar la presencia del cumplimiento de la segunda ley.

Se enfatiza en la necesidad de evaluar el comportamiento de la sustancia trabajo para conocer el comportamiento del ciclo y esto se hace a partir de sus propiedades termodinámicas. Aquí se define el concepto de propiedad, cómo se clasifican y por qué. En este caso, puede ser utilizado el ejemplo típico del

cubito para demostrar la dependencia de la masa del volumen/3/.

De esta forma se les introduce dentro de la nomenclatura de esta asignatura y así mismo se les informa la necesidad de dominar esta nomenclatura para poder moverse fácilmente dentro de ella. Se tiene al finalizar el capítulo inicial una idea general, donde se sabe aplicar la primera ley a sistemas abiertos y se les ha memorizado la evaluación de los cerrados, pero con una nueva sustancia el vapor de agua. Como se puede apreciar este capítulo inicial es extenso, en el se han dado las reglas de juego principales del aspecto práctico a partir del cual se podrá profundizar y demostrar la teoría.

El segundo capítulo es relativo a las propiedades termodinámicas y sus relaciones a partir de las ecuaciones de la primera ley y de las de la primera y segunda ley. Se deduce la entropía ya anteriormente definida y trabajada en la práctica. También se deduce el principio de aumento de entropía y de capacidad de trabajo del sistema, se enfatiza en el concepto anteriormente abordado de reversibilidad y se relaciona al de capacidad de trabajo, o trabajo útil máximo conocido actualmente por exergía.

Posteriormente se trabajan los aspectos teóricos generalizados como el crecimiento de entropía, la generalización de los procesos, el equilibrio, los enunciados de la segunda ley, las relaciones que se derivan de estas.

DEBILIDADES

Esto tiene varios puntos débiles o debilidades como se acostumbra a llamar en los temas de dirección, entre ellos, el fundamental es el hecho de que tiene que haber una gran coordinación con la central termoeléctrica para que no haya interferencias mutuas debido a este proceso de aprendizaje.

Otro aspecto débil es la carencia de posibilidades de editar textos adecuados. La solución de emplear la Intranet es un paliativo de visión futura, aunque Ud. no estudia ante la pantalla, sólo se informa. Esto podría ser incrementado con el uso de software aplicados al efecto.

El desconocimiento del idioma inglés por parte de los estudiantes, ya que se utiliza en las descripciones de los equipos de la central el texto de la asignatura Centrales, tal como se mencionó más arriba. Éste está en inglés ya que entre otras razones es una directiva de la Comisión de Carrera, utilizar para Centrales un texto en idioma inglés.

Existen algunas ideas tales como un mayor empleo de la informática, organizativas y de otra índole que no se han querido traer, pues ésta es una idea básica que puede ser enriquecida con múltiples soluciones para cada caso concreto de aplicación. Esto es la primera fase de una idea más general de llamada termotecnia.

Resumiendo, se puede decir que no se pretende disminuir la profundidad de los contenidos al deducir las leyes a partir de un fenómeno práctico: La termoeléctrica; es todo lo contrario, la idea es dar una formación más sólida al profundizar teóricamente, no vinculado a la práctica, sino a partir de la práctica. Éste es precisamente el camino de Carnot, él estudió la máquina térmica para llegar al límite de la convertibilidad, con su famoso rendimiento o eficiencia. Las referencias 14,15,16,y17, son tomadas como base para algunas de las teorizaciones que se realizan en las antes mencionadas, generalizaciones.

CONCLUSIONES

Con esta ponencia se ha tratado de exponer algunas de las ideas fundamentales de las que se han concebido como paliativo en algunos casos y soluciones en otros, para afrontar el reto de incrementar los conocimientos y formación en esta disciplina a partir de unas condiciones objetivas dadas. Esperamos que sirva de base para otras soluciones similares.

Pensamos en un futuro poder incluir de mutuo acuerdo con el despacho de carga de la UNE, arranques, cambios de carga y paradas, en las cuales estén presentes los estudiantes. Esto permite incluir otros aspectos de cálculo y explotación que brindan una mayor visión y conocimiento sobre los aspectos térmicos de la CTE.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1-Morera, Mario Comunicaciones personales, años 1995, 1996,1998,99
- 2-Calvo,A. , Matos, L., González, J: Tallapiedra Base Material de Estudio
- 3-Calvo, A., Matos, L. Propuesta de utilización de la Central Termoeléctrica "Otto Parellada" (Tallapiedra) como unidad docente de pregrado, posgrado y capacitación y de investigación y desarrollo, junio de 1994
- 4-Calvo, A. Curso de Elementos de Termodinámica, carrera Ingeniería Electromecánica, 5to. Semestre, UPB, CBBA, Bolivia, 1997
- 5-Calvo, A. Curso de Transferencia de Calor, carrera de ingeniería electromecánica, 7mo. Semestre, UPB, CBBA; Bolivia, 1977
- 6-Calvo, A. Curso de Mecánica de los Fluidos, carrera de ingeniería electromecánica. e ingeniería civil 6to.semestre, UPB, CBBA; Bolivia, 1977
- 7-Faires, V.M. Theory and Practice of HEAT ENGINES ,The Macmillan Co., N.York,1948
- 8-Faires, V.M. Termodinámica, E. R:, 1965

9-White, F. Mecánica de los Fluidos, Mc.Graw Hill, México D.F., 1988

10-Incropera, A. Heat and Mass Transfer, Mc.Graw Hill, N.York., 1988

11- Fernández Conde, E. Termodinámica Técnica, Editora MES, 1993

12- Skrotzki, W.A., Vopat, W. A. Power Station Engineering and Economy, E.R., 1966

13-Jones, J.B., Hawkins, G.A. Engineering Thermodynamics, Editorial E. R., 1970.

14-Kirillin, V.A. Termodinámica Técnica, Editorial MIR, Moscú, 1976.

15-Sushkov, P. A. Termodinámica Técnica, Editorial MIR, Moscú, 1970

16-Subariov, V.M., Conferencias de Termodinámica Técnica, dictadas al 3er. año de las especialidades de Centrales Termoeléctricas y Centrales Electronucleares en el Instituto Energético de Moscú, durante el curso 1971-72

17-Shpilrain, E.E. Conferencias de Métodos Termodinámica de las propiedades termofísicas de la materia, dictadas al 5to. Año de la especialidad ingeniero termofísico, en el Instituto Energético de Moscú, curso 1971-72

Autor

A.Calvo

Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echeverría"

Centro de Estudios de Tecnologías Energéticas Renovables

Dirección: Calle 114 esq. 127, Marianao 15, Ciudad de la Habana, Cuba

Teléfonos (537) 20-2267

e-mail: aegcalvo@mecanica.ispjae.edu.cu

aegcalvo@yahoo.com