

## PROGRAMA DE ESTUDIOS: **COGENERACIÓN Y CICLO COMBINADO**

### PROTOCOLO

Fechas	Mes/año
Elaboración	07/2007
Aprobación	
Aplicación	

Clave	M-1-MFR-CCC-02	Semestre	Segundo		
Nivel	Licenciatura	Maestría	<b>X</b>	Doctorado	
Ciclo	Integración	Básico		Superior	<b>X</b>
Colegio	H. y C.S.	C. y T.	<b>X</b>	C. y H.	

<b>Plan de estudios del que forma parte:</b>	Maestría en Ingeniería Energética
--	-----------------------------------

<b>Propósito(s) general(es):</b>	Que el estudiante conozca los sistemas de cogeneración, los ciclos termodinámicos empleados y la identificación de los posibles sistemas en donde se podría llevar a cabo de manera exitosa un proyecto de cogeneración; también que el alumno conozca la importancia que tienen los sistemas de cogeneración y los procesos donde se vean involucrados estos sistemas.
----------------------------------	---

Carácter		Modalidad				Horas de estudio semestral (16 semanas)					
Indispensable	<b>X</b>	Seminario		Taller		Con Docente	Teóricas	36	Autónomas	Teóricas	36
		Curso	<b>X</b>	Curso-taller			Prácticas	12		Prácticas	12
Optativa *	<b>X</b>	Laboratorio		Clínica		Carga horaria semanal:		3	Carga horaria semestral:		48

Asignaturas Previas	Asignaturas Posteriores:
Economía de la energía, Ingeniería termodinámica y Fundamentos de ingeniería eléctrica	Indispensable para la orientación de Eficiencia Energética y Optativa para la orientación de Sistemas Eólicos

<b>Requerimientos para cursar la asignatura</b>	Conocimientos: Principios de termodinámica, leyes de la termodinámica, balances de materia, matemáticas aplicadas a la ingeniería, conceptos de máquinas térmicas y procesos termodinámicos, así como programación. Habilidades: Capacidad de abstracción para interpretar los sistemas de cogeneración, observación, inferencia sobre los parámetros que afectan el rendimiento de las máquinas térmicas, manejo de hojas de cálculo electrónicas y manejo básico de PC.
---	--

<b>Perfil deseable del profesor:</b>	Maestría o Doctorado en Ingeniería con conocimientos de termodinámica y máquinas térmicas.
--------------------------------------	--

<b>Academia responsable del programa:</b> Programa de Energía	<b>Diseñador (es):</b> M.E. Fernando Arroyo Cabañas
--	--

*\*Aquellas en las que se ofrece la posibilidad de cursar una de las asignaturas, para cubrir un requisito INDISPENSABLE será considerada INDISPENSABLE.*

**PROGRAMA DE ESTUDIOS**  
**COGENERACIÓN Y CICLO COMBINADO**

**INTRODUCCIÓN**

La cogeneración es el procedimiento mediante el cual se obtiene simultáneamente energía eléctrica y energía térmica útil; la gran ventaja es la eficiencia energética que se puede obtener. Al generar electricidad con un motor o una turbina, el aprovechamiento de la energía en el combustible es de 25 a 35 por ciento, lo demás se pierde. Al cogenerar se puede llegar a aprovechar el material de la energía que entrega la gasolina. Este procedimiento tiene aplicaciones tanto industriales como en ciertos edificios singulares en los que el vapor puede emplearse para la obtención de agua caliente sanitaria como por ejemplo ciudades universitarias, hospitales, etc. Otra modalidad de Cogeneración es la Trigeneración, en la que se utiliza el calor residual para producir Frío mediante el método de absorción además del calor y la energía eléctrica.

El curso aborda una introducción a los sistemas de cogeneración, los ciclos termodinámicos utilizados, los índices característicos y la identificación de los posibles procesos en los cuales se puede realizar la cogeneración de forma exitosa. La asignatura de Cogeneración es fundamental para quienes desean formarse como maestros en ingeniería, ya que permite construir habilidades básicas para emplearlas de forma adecuada en el campo laboral o de la investigación y desarrollo tecnológico.

**PROPÓSITOS GENERALES**

Que el estudiante conozca los sistemas de cogeneración, los ciclos termodinámicos empleados y la identificación de los posibles sistemas en donde se podría llevar a cabo de manera exitosa un proyecto de cogeneración; también que el alumno conozca la importancia que tienen los sistemas de cogeneración y los procesos donde se vean involucrados estos sistemas.

**PLANEACIÓN ESPECÍFICA**

**UNIDAD 1. INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE COGENERACIÓN**

**Propósitos específicos**

Que el estudiante describa de forma general el concepto de cogeneración, los beneficios que se pueden obtener, la clasificación de los sistemas y la descripción de los principales sistemas de cogeneración; esto con el propósito de involucrar al estudiante de forma directa con el tema de la cogeneración.

## **Temas y subtemas**

- 1.1. Definición de cogeneración.
- 1.2. Beneficios de la cogeneración.
- 1.3. Clasificación de los sistemas de cogeneración.
- 1.4. Descripción de los principales sistemas de cogeneración.

## **UNIDAD 2. CICLOS TERMODINÁMICOS UTILIZADOS EN COGENERACIÓN**

### **Propósitos específicos**

Que el estudiante identifique el esquema a detalle de una turbina de vapor, de gas y un motor alternativo Diesel, el funcionamiento de las calderas de recuperación de calor, que describa cada uno de los ciclos involucrados en los procesos térmicos e interprete de forma objetiva lo observado en cada comportamiento del sistema analizado.

## **Temas y subtemas**

- 2.1. Esquemas con turbina de vapor (ciclo Rankine).
- 2.2. Esquema con turbina de gas (ciclo Brayton).
- 2.3. Motor alternativo Diesel.
- 2.4. Calderas de recuperación de calor.

## **UNIDAD 3. ÍNDICES CARACTERÍSTICOS DE LOS SISTEMAS DE COGENERACIÓN**

### **Propósitos específicos**

Que el estudiante conozca los índices y eficiencias de los sistemas de cogeneración, la eficiencia de las calderas y las relaciones de calor útil y potencia eléctrica; y analice las ventajas y desventajas de operar con estos sistemas.

## **Temas y subtemas**

- 3.1. Introducción.
- 3.2. Índices y eficiencias.
- 3.3. Eficiencia de calderas.
- 3.4. Índice de calor (HeatRate o IC).
- 3.5. Índice (Calor útil/Potencia eléctrica o Q/E).

## **UNIDAD 4. IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS DE COGENERACIÓN**

### **Propósitos específicos**

Que el estudiante conozca los perfiles de consumos energéticos, determine la relación calor energía, y lleve a cabo un proyecto en donde elabore un análisis técnico y económico de un caso particular, esto con el propósito de que el estudiante en un futuro pueda implementar un sistema de cogeneración en función de los procesos que estén involucrados.

### **Temas y subtemas**

- 4.1. Perfiles de consumos energéticos.
- 4.2. Determinación de la relación Q/E.
- 4.3. Análisis técnico.
- 4.4. Análisis económico.
- 4.5. Ejemplos de aplicación.

## **UNIDAD 5. OPERACIÓN EN CICLO COMBINADO**

### **Propósitos específicos**

Que el estudiante describa y presente las ventajas de combinar el ciclo de Brayton (para gas, con todas sus variantes para optimizar su desempeño), con el ciclo de Rankine (para vapor, también con sus variantes), que es universalmente conocido como “ciclo combinado”, para obtener un rendimiento mucho mayor que el obtenido con ciclos simples. Que conozca los equipos y maquinarias empleados en la operación, en ciclo combinado, de plantas para la generación de electricidad.

- 5.1. El ciclo de Brayton y sus modificaciones para mejorar su rendimiento. Efecto del enfriamiento al ingreso del compresor. Efecto de regeneración. Efecto del interenfriamiento y recalentamiento.
- 5.2. Turbinas de gas avanzadas. Otros equipos empleados en una planta de ciclo combinado.
- 5.3. El ciclo de Brayton-Rankine (el ciclo combinado). Perspectiva general de las plantas de ciclo combinado. Distribución de la energía en un ciclo combinado. Contribución de cada subciclo. Optimización de la operación.

### **BIBLIOGRAFÍA BÁSICA**

- Villares Martín, Mario, Cogeneración. 2ª Ed., Fundación Confemetal, 2003.
- Jutglar I Banyeras, Lluís, Cogeneración de Calor y Electricidad, 1ª Ed., Grupo Editorial CEAC, 1997.
- Sala Lizarraga, J.M., Cogeneración: Aspectos termodinámicos, tecnológicos y económicos, 1ª Ed., Universidad del País Vasco, 1994.
- Horlock, J.H., Cogeneration-Combinedheat and power, Krieger Publishing Company, 1996.
- Horlock, J.H., CombinedPowerPlants: IncludingCombinedCycle Gas Turbine (Ccgt) Plants, 3ª Ed., Krieger Publishing Company, 2001.
- Agüera S. J., Balances Térmico y Exergético de Centrales Térmicas, Ed. Ciencia 3, 1991.

### **BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA**

- Spiewak S. A., Weiss L., Cogeneration & Small Power Production Manual. The Fairmont Press Inc., 1997.
- Conae, Eficiencia Energética en Sistemas de Generación y Distribución de Vapor. Metodología para Diagnósticos Energéticos. Conae, México, 1997.
- Ruiz Esparza, R., Diseño de Sistemas de Cogeneración. Módulo II, Diplomado en Cogeneración. DEPMI UNAM, 1992.