



## Programa de **GENERADORES DE VAPOR**

### **1. NOMBRE DE LA UNIDAD CURRICULAR**

Generadores de Vapor

### **2. CRÉDITOS**

10 créditos

### **3. OBJETIVOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

El objetivo es que el estudiante adquiera los conocimientos teórico-básicos relacionados con el diseño, el cálculo de las superficies de intercambio, el funcionamiento, la operación y el control, en condiciones de eficiencia y seguridad de los generadores de vapor, sus equipos auxiliares y las instalaciones de vapor industriales y de generación de potencia.

### **4. METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA**

El curso cuenta con clases teóricas expositivas para desarrollar el temario del curso. Clases de práctico orientadas al trabajo guiado de los estudiantes, en la primera mitad del curso en torno a repartidos de ejercicios y en la segunda mitad en torno a un proyecto de modelado de un generador de vapor.

La dedicación esperada se distribuye de la siguiente forma:

- 45 horas de clases teóricas.
- 26 horas de clases de práctico.
- 7 horas de actividades complementarias que pueden consistir en visitas a plantas industriales (o similares) y/o actividades en laboratorio.
- 72 horas estimadas de dedicación no presencial del estudiante.

### **5. TEMARIO**

1. Introducción: Utilización del vapor de agua como fuente de calor y de generación de energía. Ciclos Termodinámicos, Vapor saturado y sobrecalentado.
2. Generalidades: Definiciones, Reseña histórica, Normativa (ASME, NBBI, UNE) y Reglamentación (Requerimientos URSEA)
3. Clasificación: Presión de Trabajo, Capacidad de Generación y Por tipo. Otras clasificaciones (Combustible, Circulación natural, asistida y forzada). Tipos de Intercambio de Calor (Convectivas, Radiantes)
4. Balance General: Descripción del Balance general
5. Generadores de vapor Humotubulares: Principios de Funcionamiento, Retorno de llama, Marina Escocesa, Vertical. Producciones y presiones de trabajo: Componentes Principales, Circuito agua-vapor / humo y Superficies de intercambio, Tipo de Tiro
6. Generadores de vapor Acuotubulares: Principios de Funcionamiento, Componentes Principales, Circuito agua-vapor / humo y Superficies de intercambio tubulares, domo y colectores. Regulación de Temperatura de vapor sobrecalentado y re-sobrecalentado, Circuito aire / humo: Generadores de vapor con hogar balanceado y en sobre presión, Ventiladores de tiro forzado, inducido y recirculador y Precalentadores de aire, sopladores de hollín.
7. Hogares: Balance de hogar: Tipos de Hogares; Externos al cuerpo de presión; Internos al cuerpo de presión.
8. Cálculo de Superficies de Intercambio: Pasos de tubos (humotubulares); Bancos de tubos (SC; BC; ECO y Pcal); Funcionamiento dinámico de los generadores de vapor; Tablas y ábacos.
9. Sistema de Alimentación y Tratamiento del Agua: Bombas de agua de alimentación y circuito de alimentación. (Superficie de Calefacción); Desgasificación y tanque de reserva de agua de alimentación; Tratamiento Químico del Agua.
10. Sistema de alimentación de Combustibles y tipos de quemadores: Líquidos (Sistemas de alimentación de Fueloil, Precalentadores, Tipos de quemadores), Sólidos (Tipos de parrilla, Suspensión y lecho fluidizado) y Gaseosos (Sistema de alimentación y Tipos de quemadores).
11. Elementos de Diseño: Código ASME / Norma UNE; Conceptos básicos (cálculos de espesores, PMTA).
12. Medición, Control y Seguridad: Regulación del Nivel de agua (nivel de vista, controladores de nivel y tapón fusible; Sistema de Control; Bloqueo del Generador de Vapor, Acción manual y llave de corte), Regulación de presión (Manómetros, presostatos y válvulas de seguridad), Falta de llama, Medición de temperaturas (agua de alimentación, fueloil y Chimenea) y Composición de humos.
13. Sistema de distribución de vapor y Diseño de cañerías: Conceptos generales de diseño (determinación de diámetros, uso de ábacos y tablas. consideraciones de soportes y dilataciones). Estaciones reductoras

de presión y Trampas de vapor.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Tema	Básica	Complementaria
1. Introducción	(1), (2), (3)	(4)
2. Generalidades	(1), (2), (3)	(4)
3. Clasificación	(1), (2), (3)	(4)
4. Balance General	(1), (2), (3)	(4)
5. Generadores de vapor Humotubulares	(1), (2), (3)	(4)
6. Generadores de vapor Acuotubulares	(1), (2), (3)	(4)
7. Hogares	(1), (2)	(4)
8. Cálculo de Superficies de Intercambio	(1), (2)	(4)
9. Sistema de Alimentación y Tratamiento del Agua	(1), (2), (3)	(5), (6)
10. Sistema de alimentación de Combustibles y tipos de quemadores	(1), (2)	(5)
11. Elementos de Diseño	(1), (2)	(5)
12. Medición, Control y Seguridad	(1), (2), (3)	(4), (5), (6)
13. Sistema de distribución de vapor y Diseño de cañerías	(3)	

### 6.1 Básica

- (1.1) Barreto, Walter. Calderas, Vapor y Foguistas. 2ª edición, 2005, Montevideo, Uruguay
- (1.2) Babcock & Wilcox Co. Steam: Its generation and use. Ohio, 41ª edición, 2005, Estados Unidos.
- (1.3) Spirax Sarco. Guía de Referencia Técnica, Calderas y Accesorios, 2018, England.

### 6.2 Complementaria

- (4) V. Ganapathy. Steam Generators and Waste Heat Boilers For Process and Plant Engineers, 2015, Londres, Inglaterra
- (5) URSEA, Reglamento de Generadores de Vapor. 2021, Montevideo, Uruguay
- (6) C.W.Thomasset. Pequeño Manual del Foguista, 2011, Montevideo, Uruguay.

## 7. CONOCIMIENTOS PREVIOS EXIGIDOS Y RECOMENDADOS

### 7.1 Conocimientos Previos Exigidos

Termodinámica básica, Combustión, Transferencia de calor, Intercambiadores de

calor y Mecánica de los fluidos.

### **7.2 Conocimientos Previos Recomendados**

Instrumentación y control industrial, nociones de ciencia e ingeniería de materiales y máquinas para fluidos.

## ANEXO A

### Para todas las Carreras

#### A1) INSTITUTO

Instituto de Ingeniería Mecánica y Producción Industrial (IIMPI)

#### A2) CRONOGRAMA TENTATIVO

Semana 1	Introducción (1.5h teórico). Generalidades (1.5h teórico).
Semana 2	Clasificación (1.5h teórico). Balance General (1.5h teórico). Conceptos previos - Repaso combustión (2h práctico).
Semana 3	Generadores de vapor Humotubulares (3h teórico). Balance General básico (2h práctico).
Semana 4	Generadores de vapor Humotubulares (3h teórico). Balance General completo, diferentes casos (2h práctico).
Semana 5	Generadores de vapor Acuotubulares (3h teórico). Diseño de cañerías (2h práctico).
Semana 6	Generadores de vapor Acuotubulares (3h teórico). Funcionamiento de los Generadores de Vapor (2h práctico).
Semana 7	Sistema de distribución de vapor y Diseño de cañerías (3h teórico). Cálculo de superficies de intercambio (2h práctico).
Semana 8	Cálculo de Superficies de Intercambio (3h teórico). Modelado de casos de operación (2h práctico).
Semana 9	Sistema de Alimentación y Tratamiento del Agua (3h teórico). Modelado de casos de operación (2h práctico).
Semana 10	Sistema de alim. de Combustibles y tipos de quemadores (3h teórico). Modelado de casos de operación (2h práctico).
Semana 11	Sistema de alim. de Combustibles y tipos de quemadores (3h teórico), Visita (3hs actividades complementarias)
Semana 12	Hogares (3h teórico).. Modelado de casos de operación (2h práctico). Visita (4hs actividades complementarias)
Semana 13	Medición, Control y Seguridad (3h teórico). Defensas de proyectos (2h práctico).
Semana 14	Medición, Control y Seguridad (3h teórico). Defensas de proyectos (2h práctico).
Semana 15	Charlas técnicas profesionales. (3h teórico). Defensas de proyectos (2h práctico).

### **A3) MODALIDAD DEL CURSO Y PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

El curso tiene las siguientes instancias:

- i. **Primer parcial:** Consta de una prueba escrita de 50 puntos a realizarse en el período de primeros parciales del semestre.
- ii. **Actividades complementarias:** La participación en todas las actividades es obligatoria para la aprobación del curso.
- iii. **Proyecto de modelado de la operación y/o diseño de un generador de vapor.** Será un trabajo realizado en grupos bajo la tutoría de al menos un docente del curso. Se espera que los estudiantes se reúnan con su tutor de forma periódica. Se pautaran hitos intermedios a lo largo del semestre. Antes de finalizar el curso deberán realizar una entrega y una defensa oral del trabajo. La evaluación es individual y cada estudiante podrá sumar hasta 50 puntos. Se valorará el trabajo durante el desarrollo del proyecto, la calidad de la entrega y la defensa.

Para la **aprobación del curso** (ganar el derecho a examen) se requiere:

- Obtener al menos 10 puntos en el proyecto (instancia iii).
- Realización de las actividades complementarias (instancia ii).
- Sumar como mínimo 25 puntos en el total de las actividades.

Para la **exoneración parcial** (de la primera etapa del examen) se requiere:

- Obtener al menos 20 puntos en el parcial (instancia i).
- Realización de las actividades complementarias (instancia ii).
- Obtener al menos 20 puntos en el proyecto (instancia iii).
- Sumar como mínimo 60 puntos en el total de las actividades

Para la **aprobación de la unidad curricular** se cuenta con **examen obligatorio** en la siguiente modalidad:

- Primer etapa (eliminatória): Prueba escrita de ejercicios enfocada principalmente en los aspectos prácticos;
- Segunda etapa: Prueba Oral enfocada en los aspectos teóricos del curso.

### **A4) CALIDAD DE LIBRE**

Los estudiantes no podrán acceder a la Calidad de Libre.

### **A5) CUPOS DE LA UNIDAD CURRICULAR**

No corresponde