

<b>MATERIA:</b>	SISTEMAS DE PROPULSION		
<b>ASIGNATURA:</b>	PROPULSION NAVAL III		
<b>GRUPO:</b>	ESPECÍFICA	<b>CREDITOS/</b>	TOTALES: 9
<b>CARACTER:</b>	OBLIGATORIA		TEORICOS: 7
<b>CURSO:</b>	4º ES-CG		PRACTICOS: 2
<b>CONTENIDO:</b> Plantas propulsoras. Máquinas de vapor. Turbinas de gas. Consolas y cuadros eléctricos. Análisis y tratamiento de aguas de calderas. Combustibles y lubricantes.			

## 1. OBJETIVOS

- Conocer las plantas propulsoras (vapor/turbinas de gas), instaladas en los buques de guerra actuales.
- Adquirir unos conocimientos básicos de los combustibles utilizados en la propulsión (vapor/gas), y saber interpretar las normas que sobre sus características físico-químicas están actualmente en vigor.
- Ser capaz de calcular la energía térmica producida, el trabajo teórico y real, pérdidas y rendimiento de los distintos aparatos y los parámetros de los fluidos utilizados.
- Saber llevar un control químico del agua de a bordo, en los sistemas de generación de vapor, y ser capaz de efectuar los análisis correspondientes.
- Saber en caso de avería de algún equipo, adoptar las decisiones inmediatas para conseguir la máxima operatividad de la Planta Propulsora.
- Ser capaz de dirigir desmontajes, inspecciones y determinadas averías.
- Ser capaz de dirigir los destinos de Propulsión en buques de instalaciones de vapor o turbinas de gas.
- Conocer los diferentes tipos de controles automáticos instalados en la propulsión de las fragatas actuales.
- Adquirir unos conocimientos elementales sobre ciertos aspectos de la lubricación así como de los lubricantes empleados en los equipos de la propulsión.
- Conocer los programas de seguridad operativa en la Armada y en los buques, con la metodología actual, acerca de las precauciones de seguridad e investigación de accidentes a bordo.

## 2. TEMARIO

**TEMA I: INTRODUCCION A LOS GENERADORES DE VAPOR.** El ciclo del agua a bordo. Generadores de vapor. Definiciones que caracterizan a las calderas navales. Condiciones que deben reunir las calderas navales. Clasificación de las calderas navales. Limitaciones de la capacidad de las calderas. Puntos límite. Componentes de las calderas: colectores de vapor y de agua. Tubos generadores y haces de tubos. Tubos de caída. Polines y soportes. Hogares. Paredes de agua. Envueltas. Recalentadores. Economizadores. Calentadores de aire. Identificación de todos los componentes de la caldera de prácticas Foster Wheeler

**TEMA II: TRATAMIENTO DE AGUA DE CALDERAS.** Características químicas del agua de plantas de vapor. Agentes contaminantes. Efectos de los contaminantes sobre los distintos componentes de la caldera. Control de los contaminantes. Control Coordinado de pH-fosfato. Significado de la fragilidad cáustica. Reacciones en el agua de la caldera tratada. Fenómeno de ocultamiento químico. Extracción. Límites del control de agua de calderas. Tratamiento inicial. Tratamiento químico de las calderas Combustion Engineering V-2M tipo B. Sílice en el agua de la caldera. Determinación de pH y conductividad del agua de calderas. Análisis de cloruros y fosfato. Cálculo de fosfatos (DSP y TSP) que hay que añadir a las calderas en distintas situaciones.

**TEMA III: ACCESORIOS DE CALDERAS.** Accesorios internos de calderas. Tubo interno de alimentación. Tubo interno de extracción. Separadores de agua y vapor. Tubo interno de toma de vapor. Desrecalentadores. Accesorios externos de calderas. Válvulas de comunicación de vapor. Válvulas de alimentación o retención. Válvulas de extracción. Válvula de seguridad. Válvula de seguridad del recalentador accionada por piloto. Indicadores de nivel. Indicadores de humo. Sopladores de hollín. Reguladores de alimentación. Recalentadores. Control del grado de recalentamiento. Factores que influyen en el grado de recalentamiento. Identificación de los accesorios internos y externos de calderas.

**TEMA IV: PROCESO DE LA COMBUSTION EN LOS GENERADORES DE VAPOR.** Composición química de los combustibles. Combustibles utilizados en las calderas navales. Características principales del fuel-oil y del gas-oil. Clases de combustión. Cantidad teórica y real del aire para la combustión. Coeficiente de exceso de aire. Interpretación de análisis de combustibles de calderas y ensayo de viscosidades cinemáticas. Transmisión de calor en las calderas. Pérdidas de calor por los gases de la combustión. Conducción de los fuegos en las calderas. Características de las llamas de la combustión y del humo. Obras refractarias. Clases de materiales refractarios. Elementos de anclaje. Averías en la obra refractaria. Procesos de la pulverización y combustión de los combustibles de calderas. Principio de la pulverización por presión. Pulverización por presión. Pulverización por vapor. Distribución y regulación del aire para la combustión. Ejecutar un balance térmico a la caldera Combustion Engineering V-2M a partir de los datos de proyecto.

**TEMA V: CONTROLES AUTOMATICOS DE LOS GENERADORES DE VAPOR.** Necesidad de operar con controles automáticos. Control automático HAPAN. Terminología del control HAPAN. Componentes del control automático de la combustión. Transmisores magistrales. Selector de máxima señal. Relé inversor. Transmisores de flujo de aire. Relé de proporción. Relé selector de mínima señal. Controlador de aire. Estaciones de transferencia. Operaciones del control automático de la combustión. Operaciones del control automático de agua de alimentación HAPAN. Control automático de la presión de descarga de la bomba de alimentación. Control automático de la

recirculación de la bomba de alimentación. Manejo de los controles de agua de alimentación y de la combustión en las consolas de prácticas.

**TEMA VI: FUNCIONAMIENTO DE LAS CAMARAS DE CALDERAS.** Encendido de calderas. Instrucciones generales para la encendida. Encendido de calderas de hogar sencillo y de doble hogar. Encendido de calderas con control automático de combustión. Encendido de la caldera del aula de prácticas de vapor. Guardias en las cámaras de calderas. Control de agua de alimentación. Control de la combustión. Control de aire de la combustión. Manejo de los aparatos auxiliares. Manejo de los sopladores de hollín. Extracciones. Régimen de puerto. Apagado de calderas. Precauciones de seguridad en las cámaras de calderas.

**TEMA VII: CONTROL DE AVERIAS EN LAS CAMARAS DE CALDERAS.** Agua en el circuito de petróleo. Fallo de la presión del petróleo. Fallo en el calentador de petróleo. Pérdida de petróleo en el circuito a quemadores. Retroceso de llama. Fuego en la caja de aire. Fallo de la obra refractaria. Fallo de la presión de aire de control. Bajo nivel de agua en la caldera. Alto nivel de agua en la caldera. Fallo en la alimentación. Rotura de tubos vaporizadores. Encendido de la caldera del aula de vapor. Prueba del sistema del bloqueo de nivel. Control de nivel y alimentación de la caldera.

**TEMA VIII: MANTENIMIENTO Y REPARACION DE LOS GENERADORES DE VAPOR.** Pruebas e inspecciones de calderas. Inspección de los polines. Prueba hidráulica. Inspección y prueba de las envueltas. Inspección de chimeneas y tragantes. Inspección de la obra refractaria. Inspección de superficies de calefacción. Inspección de las zonas de agua y vapor. Mantenimiento de las zonas de gases. Procedimientos para la limpieza exterior. Limpieza mecánica. Lavado con agua caliente. Limpieza con aire comprimido. Limpieza con vapor húmedo. Secado de la caldera. Empleo de productos químicos. Mantenimiento de las zonas de agua de las calderas. Procedimientos para la limpieza interior. Precauciones de seguridad para trabajar en las zonas de agua. Hervido de calderas. Métodos de preparación de las calderas inactivas. Taponado de tubos. Reentubado.

**TEMA IX: TURBINAS DE VAPOR. GENERALIDADES.** El ciclo de Rankine. Cálculo de los rendimientos del ciclo de Rankine. Influencia de las condiciones de trabajo sobre el ciclo de Rankine. Expansiones no isentrópicas. Curva de condición. Turbinas de vapor. Definición. Componentes y sistemas. Clasificaciones de turbinas. Turbinas de acción y de reacción. Saltos y etapas. Clasificación de las turbinas atendiendo a la división, dirección y repetición del flujo del vapor. Turbinas de ciar. Clasificación de las turbinas atendiendo a la forma del rotor y a las condiciones de empleo. Turbinas de admisión parcial y de admisión total. Identificación de las turbinas del aula prácticas de vapor.

**TEMA X: CALCULOS SOBRE TOBERAS Y PALETAS DE ACCION Y REACCION.** La tobera ideal. Cálculo del gasto y determinación de las formas en una tobera ideal. Sección mínima o garganta de la tobera. Formas y distribución de las toberas en las turbinas de acción y reacción. Paletas de acción. Análisis de la velocidad de una etapa de acción con un ángulo cualquiera. Pérdida en la etapa de acción. Empuje axial en una etapa simple de acción. Etapa de acción de velocidad compuesta. Paletas de reacción. Análisis de la velocidad de una etapa de reacción con un ángulo cualquiera. Pérdidas en la etapa de reacción. Empuje axial en una etapa de reacción. Comparación entre las turbinas de acción y de reacción.

**TEMA XI: DETALLES CONSTRUCTIVOS DE TURBINAS DE VAPOR.** Basadas o asientos. Envueltas. Ruedas y rotores. Chumaceras. Sellos o

prensa-estopas del eje. Obturadores de vapor. Sistema de obturación de vapor en las fragatas DEG. Empaquetado de la turbina de acción. Banda exterior de refuerzo. Toberas y diafragma de toberas. Empaquetado de la turbina de reacción. Puntas de las paletas de reacción. Pistón de equilibrio. Identificación en el aula de prácticas de vapor de todo el material de toberas y paletas de acción y reacción.

**TEMA XII: REGULACION Y CONTROL DE LAS TURBINAS DE VAPOR.** Métodos generales de la regulación de la potencia en turbinas. Regulación cuantitativa o por llenado. Regulación por cierre parcial. Regulación por bypass. Etapas de crucero. Control de turbinas auxiliares. Reguladores de velocidad constante. Reguladores de presión de descarga constante. Reguladores de velocidad límite.

**TEMA XIII: CONDUCCION DE UNA PLANTA DE MAQUINAS.** Preparación de la máquina para salir a la mar. Procedimiento para mantener el barco "sosteniendo". Atenciones durante la navegación. Preparativos para entrar en puerto e incomunicar. Calentamiento, levantado de vacío y puesta en marcha de las turbinas del aula de vapor. Conducción de las turbinas del aula de vapor mediante las consolas neumáticas y electrónicas del control de la propulsión.

**TEMA XIV: MANTENIMIENTO DE LAS TURBINAS DE VAPOR.** Mantenimiento y cuidado general de las turbinas. Lubricación de las turbinas de vapor. Ajustes principales de una turbina. Mantenimiento de cojinetes de turbinas. Reparaciones y reemplazo de cojinetes. Levantamiento del rotor y envuelta de la turbina. Control de huelgos de turbinas. Huelgos radiales. Huelgos axiales. Tomar huelgos axiales y radiales en la turbina de vapor del aula de prácticas. Equilibrado de rotores. Equilibrado estático. Equilibrado dinámico. Cálculo de la velocidad crítica del rotor. Vibraciones en las turbinas.

**TEMA XV: AVERIAS EN INSTALACIONES DE TURBINAS DE VAPOR.** Agarrotamiento de la válvula de maniobra. Ruidos o vibraciones anormales en la máquina principal o en el eje propulsor. Trincado y destrincado de un eje propulsor. Fallo de la presión de vapor principal o auxiliar, o de ambas. Pérdida de vacío. Salinidad en el condensador. Fallo en el tanque desaireador. Agua en el aceite. Avería en el circuito de lubricación. Calentamiento de un cojinete. Con la turbina del aula de vapor en marcha, provocar una caída de vacío. Puesta en funcionamiento de la cámara de vapor del aula de prácticas, vigilancia de la planta y control de averías.

**TEMA XVI: DESARROLLO DE LAS TURBINAS DE GAS.** Película nº 109: Funcionamiento de las turbinas de gas. Resumen histórico y antecedentes de las turbinas de gas. Principios de funcionamiento de las turbinas de gas. Ciclo Brayton. Ventajas e inconvenientes de las plantas propulsoras de turbinas de gas. Combustibles para turbinas de gas. Principales tipos de combustibles y características. Explicación de las turbinas de gas del aula de prácticas.

**TEMA XVII: COMPONENTES DE LAS TURBINAS DE GAS.** Compresores centrífugos. Compresores de flujo axial. Difusores. Cámaras de combustión. Aire primario, secundario y de dilución. Turbina del generador de gas. Turbina de potencia. Cojinetes principales. Obturadores de aceite. Obturadores de aire. Aire de sangría. Aparatos auxiliares. Explicación de la turbina de prácticas del aula en turbinas de gas. Identificación de los distintos componentes.

**TEMA XVIII: SISTEMAS Y CIRCUITOS DE LAS TURBINAS DE GAS.** Sistemas de arranque de las turbinas de gas. Arrancadores eléctricos, hidráulicos y neumáticos. Sistemas de encendido de las turbinas de gas.

Encendido por chispa. Ciclo de lavado. Sistema de combustible de las turbinas de gas. Circuito de lubricación de las turbinas de gas. Fluidos hidráulicos. Arranque de la turbina de gas del aula de prácticas.

**TEMA XIX: TURBINAS DE LAS EMPLEADAS EN LA AMADA.** Descripción de la turbina de gas Pegasus del avión de despegue vertical. Descripción de la turbina de gas Allison 501-K17 de los turbogeneradores del portaaviones Príncipe de Asturias. Descripción de la planta de vapor para la recuperación de calor residual del portaaviones Príncipe de Asturias. Turbina de gas LM-2500: Módulo de la turbina. Sistemas de admisión de aire y *exhaustación*. Aire de refrigeración. Calentador combustible/módulo. Sistema de detección de hielo. Detección y extinción de fuegos. Compresor axial. Cámara de combustión. Turbina del generador de gas. Turbina de potencia. Transmisión de accesorios. Caja de engranajes de transferencia. Cojinetes y obturadores de la turbina. Sistemas de arranque e ignición. Embrague automático sincronizado (SSS). Freno de las turbinas.

**TEMA XX: CONTROL DE LA PROPULSION DE LAS FRAGATAS FFG.** Sistema de funcionamiento de la central automatizada. Consolas de control de la propulsión. Registrador de datos. Registrador de órdenes. Consola del control local (LOP). Consola del control de la propulsión (PCC).

**TEMA XXI: LUBRICACION.** Fricción y desgaste. Regímenes de lubricación. Funciones esenciales de los lubricantes. Clasificación de los lubricantes. Aceites naturales. Destilación y refinado. Aceites sintéticos. Grasas y pastas. Silicona. Especificaciones y grados SAE. Características fundamentales de los lubricantes.

**TEMA XXII: SEGURIDAD OPERATIVA.** La Seguridad Operativa en la Armada. La seguridad de buques en la Armada. La Seguridad Operativa a bordo. Precauciones de seguridad en buques. Revistas e inspecciones de seguridad en buques. Investigación de accidentes en buques.

### **3. METODOLOGIA GENERAL**

- Desarrollo por el profesor de los aspectos fundamentales teórico-prácticos de la asignatura, apoyado en el material de las aulas de prácticas y publicaciones técnicas.
- Participación del alumno en el desarrollo práctico de la asignatura.

### **4. RECURSOS O MATERIALES DIDACTICOS**

- Aula de Generadores de vapor con los siguientes equipos:
- Una caldera Foster Wheeler convenientemente seccionada.
- Controles automáticos neumáticos de la combustión y de la alimentación.
- Una colección de elementos de calderas: quemadores, calentadores de fuel-oil, válvulas, filtros, seguridades etc.
- Aula de Vapor con una instalación de propulsión completa, que simula la planta propulsora de un buque y que instala los siguientes equipos:
- Una caldera de prácticas de 20Kg/cm<sup>2</sup> de presión.

- Una instalación de turbinas (avante/ciar) con eje propulsor simulado por un freno eléctrico.
- Tres consolas electroneumáticas para manejo de la planta propulsora.
- Equipos simuladores para producir averías y registradores de datos.
- Aula de Turbinas de gas con los siguientes equipos:
  - Una turbina de gas con su consola de arranque.
  - Una turbina de gas de un reactor convenientemente seccionada.
  - Una turbina de gas de un helicóptero.
  - Una turbina de gas de un alternador.
- Una colección de elementos integrantes de las turbinas de gas: auxiliares, filtros, álabes, atomizadoras, etc.
- Una turbina Curtis-Parsons seccionada. Turbinas de acción. Una colección de elementos de turbinas de vapor: bloques de toberas, diafragmas, álabes, obturadores etc.
- Laboratorio de química con todos los equipos necesarios para efectuar análisis de agua de calderas, análisis de combustibles y de grasas y lubricantes.
- Colección de películas en video de generadores de Vapor y Turbinas de Gas.
- Proyector de transparencias.
- Colección de láminas de equipos que instalan las plantas de propulsión.

## **5. CRITERIOS Y PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION**

- Pruebas teórico-prácticos escritas en grupo.
- Comprobaciones y preguntas orales individuales de concepto.

## **6. TEXTOS BASICOS**

- Publicación 420: Instalaciones de vapor. Escuela Naval Militar.
- Publicación 524: Planta Propulsora y Equipos de las Fragatas "FFG". Escuela Naval Militar.
- Publicación Introducción a las Turbinas de Gas Marinas. Escuela Naval Militar.

## **7. TEXTOS Y BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA**

- Tratamiento y Análisis de agua de calderas y de alimentación 59086-GX-STM-020/CH-220 V2 R3, Vol.2, Cap.220.
- Publicación 540: Tecnología Química. Escuela Naval Militar.
- Especialidad Propulsión, para Oficiales del Cuerpo General: Turbinas de vapor.
- Especialidad Propulsión, para Oficiales del Cuerpo General: Turbinas de gas.
- Marina USA.: Bureau of Ships, Cap. 41: Turbinas y Cap. 50: Turbinas Auxiliares.
- Manual de adiestramiento de la OVAF.: Propulsión vapor.
- Curso Operadores de Consolas Fragatas FFG. Vol. 1 de 2.
- PSO-01(A).
- PSB-01/02/03/04/05.

## HOJA DE EVALUACION