



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE  
INGENIEROS DE MINAS  
-----

Ríos Rosas, 21  
28003 MADRID.

**DEPARTAMENTO DE**  
**INGENIERÍA QUÍMICA Y COMBUSTIBLES**

PROGRAMA DE LA ASIGNATURA  
***TECNOLOGÍA DE COMBUSTIBLES***

**Curso** : 3º  
**Cuatrimestre** : 1º  
**Carácter** : Troncal

**Créditos totales**  
Teóricos : 2,3  
Prácticos : 2,2

**PLAN DE ESTUDIOS 1996**

Edición 1: 1999.09.20

## TECNOLOGÍA DE COMBUSTIBLES: PROGRAMA

### **a) OBJETIVOS Y CONTENIDOS**

#### **BLOQUE 1: Origen y formación de los combustibles sólidos**

##### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- 1.1 *Distinguir la denominación de "Combustibles" y su ámbito de aplicación en los distintos procesos de su aplicación.*
- 1.2 *Interpretar la estructura molecular de los carbones*
- 1.3 *Establecer la situación de los combustibles sólidos en el diagrama de Gibbs y denominar según estas coordenadas los diferentes combustibles.*
- 1.4 *Detallar las características diferenciales de cada maceral y sus aplicaciones tecnológicas.*

##### *CONTENIDOS*

#### **1.1: LOS COMBUSTIBLES FÓSILES EN LAS TECNOLOGÍAS DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA PRIMARIA.**

- Los combustibles como fuente más importante de la energía.
- Concepto generalizado y restringido de los combustibles.
- Utilización de los combustibles a lo largo de la Historia.
- El reparto de la energía entre los combustibles.
- Límites de la asignatura y relaciones con otras materias.

#### **1.2: ORIGEN Y FORMACIÓN QUÍMICA DEL CARBÓN**

- Composición química del carbón.
- Estructura de su molécula. Elementos que la integran
- Origen: Elementos originales en las plantas y su influencia en la formación del carbón.
- Fermentaciones aeróbicas y anaeróbicas.
- Oxidación y reducción.
- Respiración intramolecular y sus consecuencias.
- Teorías de la celulosa y de la lignina.
- Origen de los ácidos húmicos.
- Fase bioquímica en la formación del carbón según White.
- Fase dinamoquímica en la formación del carbón.
- Ley de Hilt.
- Índice de Wieluch para la hullificación
- Ideas actuales de la estructura del carbón.

#### **1.3: CLASIFICACIÓN GENERAL DE LOS COMBUSTIBLES SEGÚN SU GRADO DE HULLIFICACIÓN.**

- Madera, carbón vegetal, alquitrán de madera, creosotas, ácidos piroleñosos, alcohol metílico.
- Turba. Importancia como combustible y como materia prima para otras fabricaciones. Secado.
- Lignitos pardos. Líneas generales sobre su utilización. Piropisitas.

- Lignitos negros. Características especiales y problemas de su utilización.
- Hullas. Características generales.
- Deducción de las características y aplicación de cada uno mediante el diagrama de Gibbs.

#### 1.4: FUNDAMENTOS Y NOMENCLATURA DE LA PETROGRAFÍA DEL CARBÓN

- Antecedentes.
- Nomenclatura de H. Fayol
- Componentes macroscópicos o litotipos.
- Propuesta de M. Stopes.
- Transformación de los vegetales en elementos microscópicos con estructura o carentes de ella.
- Transformación de elementos accesorios de las plantas en macerales.
- Transformación de elementos externos de las plantas
- Microlitotipos y su proporción en los elementos microscópicos.
- Investigación con luz transparente y luz reflejada.
- Idea del análisis petrográfico y su utilidad técnica.

### **BLOQUE 2: Estudio del proceso de combustión**

#### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

*2.1 Distinguir y calcular distintos casos de combustión completa, incompleta e imperfecta con diferentes combustibles y condiciones.*

#### *CONTENIDOS*

##### 2.1: RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS EN EL AULA

- Combustión completa con el oxígeno teórico necesario.
- Combustión con aire teórico y un exceso a partir de la fórmula empírica del combustible.
- Determinación de la composición elemental de un combustible a partir de los gases de su combustión
- Determinación del aire en exceso para una combustión.
- Aplicación del diagrama de Ostwald a distintos combustibles.

### **BLOQUE 3: Características y clasificación de los carbones**

#### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- 3.1 Aplicar los valores de poderes caloríficos superior e inferior a presión y a volumen constante de un combustibles en el proceso de la combustión.*
- 3.2 Aplicar el comportamiento de los elementos químicos del carbón durante el proceso de la combustión para establecer su repercusión en los rendimientos.*
- 3.3 Aplicar las características principales de los combustibles sólidos para determinar la mejor tecnología de su utilización.*

#### *CONTENIDOS*

### 3.1: PODER CALORIFICO DE LOS COMBUSTIBLES

- Poder calorífico superior e inferior.
- Cálculo del poder calorífico mediante fórmulas aproximadas en función de las reacciones de combustión, del análisis elemental, del análisis inmediato, del aire teórico de combustión y del aire total de combustión.
- Poder calorífico inferior de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos.
- Cálculo de la temperatura máxima de la llama en la combustión.

### 3.2: PRESENCIA Y FORMAS DE LA HUMEDAD, AZUFRE Y MATERIA MINERAL EN LOS CARBONES.

- Formas de la presencia del agua en los carbones.
- Contenido de agua de los carbones según su antigüedad. Influencia de los poros.
- Determinación de la humedad de un carbón. Sus dificultades.
- Influencia del agua en los procesos tecnológicos más importantes: Molido, cribado, combustión, gasificación, briquetado.
- Influencia del agua en las características físicas del carbón: Densidad, meteorización, combustión espontánea, etc.
- Origen del azufre en el carbón.
- Formas en que se presenta: Azufre orgánico, azufre pirítico, azufre de sulfatos.
- Origen de la materia mineral.
- Distinción entre la materia mineral y las cenizas de un carbón.
- Fórmula de Parr.
- Elementos químicos de las cenizas del carbón.
- Problemas que presentan las cenizas: Fusibilidad, corrosión, desdosificación, reacciones no previstas.
- Métodos de determinación del punto de reblandecimiento y de fusión de las cenizas.

### 3.3: DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES EN LOS COMBUSTIBLES SÓLIDOS.

- Determinación de la humedad total.
- Determinación de las cenizas.
- Determinación de las materias volátiles.
- Determinación del azufre total.
- Determinación del poder calorífico superior.

## **BLOQUE 4: Origen, composición y caracterización técnica del petróleo. Productos**

### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- 4.1 *Conocer las distintas teorías existentes sobre el origen del petróleo y proceso de transformación.*
- 4.2 *Interpretar la estructura molecular de los petróleos.*
- 4.3 *Conocer los distintos productos petrolíferos obtenidos en las refinerías y su aplicación industrial.*

### *CONTENIDOS*

#### 4.1: ORIGEN Y COMPOSICIÓN DEL PETRÓLEO.

- Origen del petróleo a partir de la materia primigenia.
- Composición química del petróleo.

#### 4.2: CARACTERIZACIÓN TÉCNICA DEL PETRÓLEO

- Relación entre la masa molecular de los hidrocarburos y su temperatura de ebullición.

- Relación entre la densidad de los hidrocarburos y su estructura molecular.
- Grados A.P.I.
- Métodos de caracterización de los crudos de petróleo: Bureau of Mines, Índice de caracterización V.O.P., Índice de correlación, contenido en azufre.

#### 4.3: PRODUCTOS DERIVADOS DEL PETRÓLEO

- Evolución de las propiedades de los productos petrolíferos que determinan su demanda y calidad.
- Productos gaseosos del refino del petróleo: Hidrógeno, hidrocarburos ligeros saturados, hidrocarburos ligeros no saturados, mezclas de propano-propileno y butano-butileno.
- Los gases de refino como materias primas petroquímicas.
- Gasolina: Diversas denominaciones y criterios de separación de las gasolinas, características principales de este carburante (volatilidad, curva de ebullición ASTM, estabilidad).
- Estudio químico de la detonación, teorías sobre las causas del fenómeno, índice de octano.
- Correlación entre el rendimiento térmico del motor, la compresión del mismo y el índice de octano.
- Medida del índice de octano, métodos AMotor $\cong$ , Research $\cong$  y ASupergrado $\cong$ .
- Correlaciones entre la composición química de las gasolinas y su índice de octano.
- Antidetonantes, Afluido etílico $\cong$  y plomo tetraetilo, otros agentes antidetonantes (plomo tetrametilo, M.T.B.E), inhibidores de envejecimiento.
- Kerosenos, white spirit, combustibles para reactores (JP), petróleos lampantes.
- Combustibles para tractores, disolventes.
- Evolución de la importancia de los kerosenos, gasóleos (volatilidad, inflamabilidad, índice de coquización, viscosidad, densidad).
- Índices de cetano y ceteno.
- La detonación en los motores Diesel, aceleradores de inflamado, correlación entre la composición química del gasóleo y la detonación; diesel-oil.
- El gasóleo como combustible, fuelóleo aceite para quemar (viscosidad, cenizas).
- Aceites lubricantes, su importancia, propiedades principales (viscosidad, su medida), comportamiento en condiciones de engrase límite, estabilidad, coquización, punto de congelación, punto de inflamación
- Aceites bases para lubricantes, aceites pesados, medios y ligeros, mezclas y adiciones (compuestos anticorrosión, detergentes, antiespumantes, etc).
- Clasificación española de los aceites lubricantes, aceites lubricantes sintéticos, aceites para transformaciones.
- Grasas y lubricantes sólidos.
- Betunes asfálticos, clasificaciones industriales (emulsiones y cutbacks), solubilidad, contenido de enfaltemas y otros compuestos, reblandecimiento, índice de penetración.
- Parafinas, petrolatum, cerasinas y vaselinas (características y usos).
- Coques petrolíferos, características y utilización.

### **BLOQUE 5: Combustibles gaseosos. Clasificación. Características y tratamiento**

#### *OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

5.1 *Analizar los distintos parámetros que influyen en la combustión de los diferentes gases combustibles.*

5.2 *Analizar la influencia de los distintos procesos aplicados al gas natural en la obtención final de la energía.*

## CONTENIDOS

### 5.1: COMBUSTIBLES GASEOSOS. CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIONES.

- Características generales de los combustibles gaseosos, especialmente las que influyen en la combustión (fuerzas intermoleculares, difusibilidad, transporte de calor generado).
- Consecuencias en cuanto al rendimiento y a las variables del proceso.
- Tipos de gases y su origen.

### 5.2: GAS NATURAL, COMPOSICIÓN, TRATAMIENTO, LICUACIÓN Y REGASIFICACIÓN.

- Origen, composición y tipos de gas natural.
- Tratamientos gaseosos del gas natural (desulfuración, deshidratación, desgasolinización); procesos empleados.
- Licuación del gas natural; principios físico-químicos de la licuación (procesos isoentálpicos e isoentrópicos); aplicaciones.
- Regasificación del gas natural licuado; procesos.

## **BLOQUE 6: Contaminación producida por la utilización de los combustibles.**

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 6.1 *Calcular la temperatura de rocío de los gases de combustión, planteando los problemas de desulfuración y recuperación del azufre, así como su repercusión en los rendimientos energéticos.*

## CONTENIDOS

### 6.1: COMPORTAMIENTO DEL AZUFRE CONTENIDO EN LOS COMBUSTIBLES DURANTE EL PROCESO DE LA COMBUSTIÓN.

- Problemas del azufre y métodos de recuperación.

## **b) BIBLIOGRAFÍA**

### BÁSICA:

- CANSECO, A., 1999. Apuntes de Cátedra. ETSI Minas, Madrid.
- DELGADO J., 1998. Los productos petrolíferos: su tecnología. G.T.S..
- SEDIGAS, 1998. Manual del gas y sus aplicaciones. SEDIGAS.
- VAN KREVELEN, S.W., 1977. Coal Science. Elsevier Publishing Company.

### COMPLEMENTARIA:

- BADIN, E.J. Coal Combustion Chemistry-Correlation Aspects. Elsevier, Amsterdam.
- GARDINER, W. C. Jr., 1984. Combustion Chemistry. Springer-Verlag.
- LOWRY, H.H. Chemistry of Coal Utilization. John Wiley & Son, Londres.

**c) PRÁCTICAS EN GRUPOS REDUCIDOS**

No hay.

**d) PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN**

1. El contenido de la asignatura se divide en tres partes: Teoría, problemas, aplicaciones prácticas. Las dos primeras de idéntico peso, pero con la condición de alcanzar como mínimo tres puntos en cada una. La tercera parte es para mejorar a partir del aprobado.
2. La evaluación de la teoría se lleva a cabo mediante cuestiones breves valorando la capacidad de aplicación de los conceptos estudiados, evitando la reproducción de lo expuesto en las clases o contenido literal de los textos recomendados. Los temas objeto de la evaluación se escogerán al azar al comienzo de la prueba de entre los que figuran en el programa de la asignatura.
3. Los problemas son de aplicación de conceptos y tienen características similares a las resueltas durante el curso. Con el enunciado se adjunta toda la documentación necesaria para su resolución.