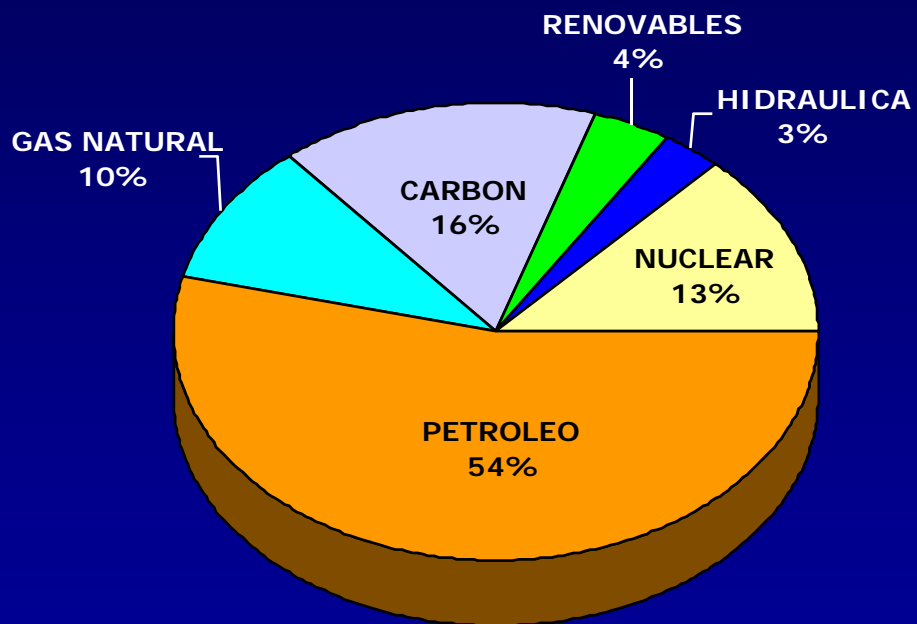


# **CARBON**

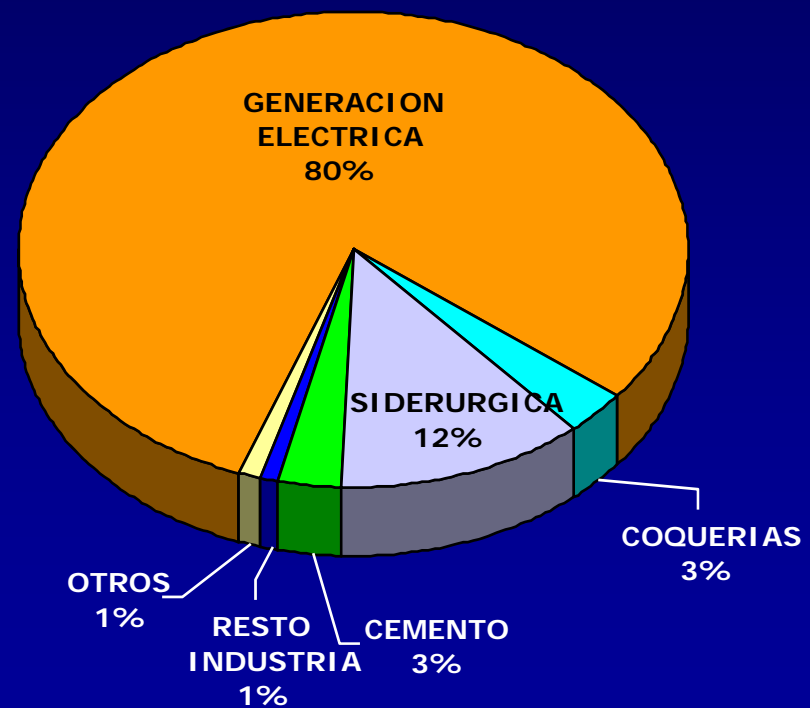
- **CARACTERISTICAS  
GENERALES**
- **CARBOGENESIS**
- **COMPOSICION Y ESTRUCTURA**
- **CLASIFICACIONES**
- **ENSAYOS NORMALIZADOS**

# CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA EN ESPAÑA Y DISTRIBUCION DEL CONSUMO DEL CARBON

## ENERGIA PRIMARIA



## CARBON



# CARBON

## CARACTERISTICAS GENERALES

### DESCRIPCION

: SOLIDO OSCURO, COMBUSTIBLE, ESTRATIFICADO

### ORIGEN

: ACUMULACION Y ENTERRAMIENTO DE MATERIA VEGETAL

### PROCESOS

: CAMBIOS BIOLOGICOS INICIALES + MECANICOS POR P,T

### COMPOSICION

: AMPLIAMENTE VARIABLE: MEZCLA DE COMPUESTOS

### ELEMENTOS

: C, H, O (+ N, S, CENIZAS Y HUMEDAD)

### TIPOS

: SEGUN PLANTAS DE ORIGEN Y/O PROCESOS EXPERIMENTADOS

### RANGOS

: SEGUN GRADO DE TRANSFORM. (CARBONIZACION) POR P,T

### GRADOS

: SEGUN CONTENIDOS EN IMPUREZAS

### USOS

- COMBUSTION PARA ELECTRICIDAD E INDUSTRIA (90%)
- COQUIZACION PARA COQUE SIDERURGICO

# CARBOGENESIS

## FASE BIOQUIMICA

### TIPOS

1 x 10<sup>6</sup> AÑOS

PLANTAS

FACTORES

MICROORGANISMOS

SUSTANCIAS VEGETALES  
DE  
PROCEDENCIA

NUTRIENTES  
OXIGENO  
pH

MACERALES

➔ VITRINITA  
(Mayoritario)

MADERA  
- TALLOS, TRONCOS, RAICES

AEROBIO  
ANAEROBIO

➔ INERTINITA  
(menos H)

MADERA

AEROBIO (COQUIZACION  
PREVIA)

➔ EXINITA  
(mas H)

ESPORAS, POLENES, CUTICULAS

ANAEROBIO (PUTREFACCION)

# CARBOGENESIS

## FASE GEOQUIMICA

250 A 300 x 10<sup>6</sup> AÑOS

### RANGOS

PRESION + TEMPERATURA (3000-4000 m → 150/200 °C)

REGLA DE HILT:

- RANGO CRECIENTE CON LA PROFUNDIDAD DE LA CAPA EN CIERTOS YACIMIENTOS
- RAZON: DEPENDENCIA CON LA TEMPERATURA DE LA VELOCIDAD DE TRANSFORMACION

RANGOS INICIALES: DESAPARICION DE CELULOSA, PERMANECIENDO LA LIGNINA

RANGOS FINALES: EVOLUCION HACIA CARBONO PURO

# CARBOGENESIS

## FASE GEOQUIMICA

### EFECTOS DEL INCREMENTO DEL RANGO

- ➔ AUMENTO DEL CONTENIDO EN CARBONO
- ➔ AUMENTO DE ESTRUCTURAS AROMATICAS
- ➔ AUMENTO DEL PODER CALORIFICO
- ➔ DISMINUCION DEL CONTENIDO EN VOLATILES
- ➔ DISMINUCION DEL CONTENIDO EN OXIGENO

# COMPOSICION Y ESTRUCTURA DEL CARBON

ROCA SEDIMENTARIA

FRACCION ORGANICA + SUSTANCIAS  
(MACERALES) MINERALES

AGUA + GASES

➡ FORMACION Y CONDENSACION DE ANILLOS POLINUCLEARES CARBOCICLICOS

FUNDAMENTALES C, H, O

S, N COMPLEMENTARIOS

COMPOSICION PETROGRAFICA

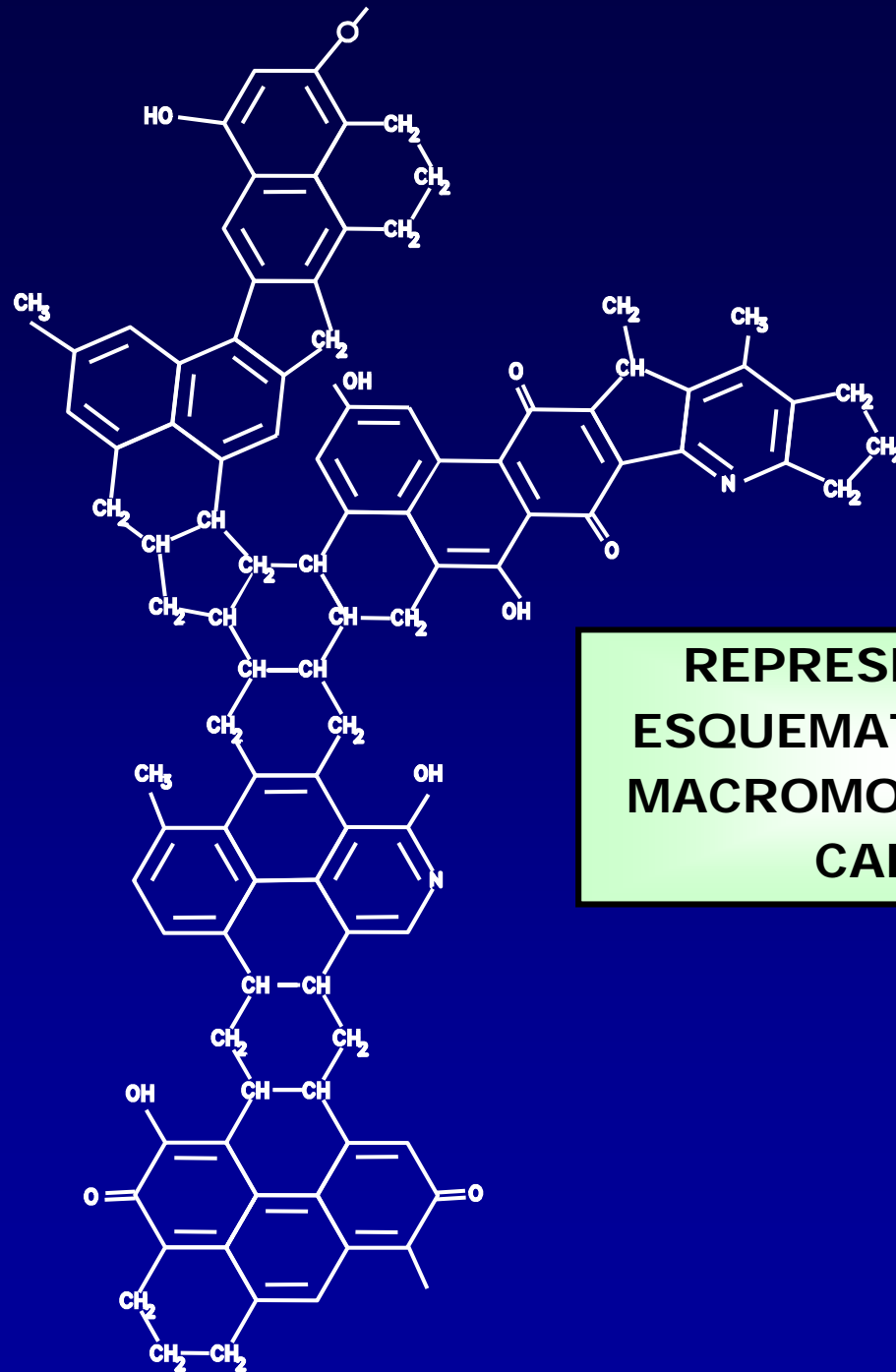
PROPORCION Y DISTRIBUCION DE MACERALES Y MINERALES CONSTITUYENTES

CARBONES HUMICOS

VITRINITA ➡ SERIE LIGNO-HULLERA

CARBONES SAPROPELICOS

EXINITA ➡ AMPELITAS Y BOGUES



**REPRESENTACION  
ESQUEMATICA DE LAS  
MACROMOLECULAS DE  
CARBON**



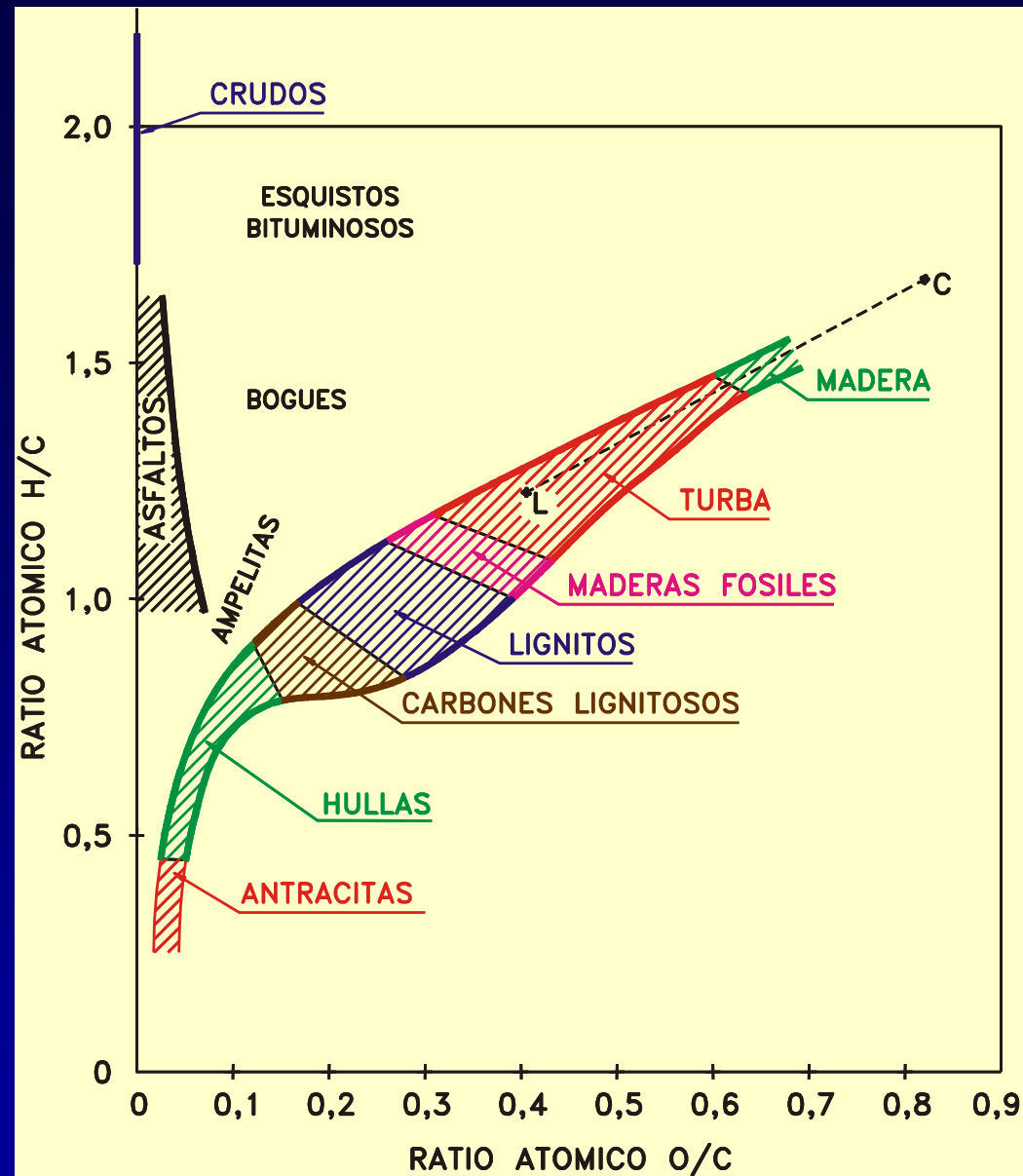
## SERIE LIGNO-HULLERA

### CONCEPTO

SERIE CONTINUA DE COMBUSTIBLES DE LA MADERA A LAS ANTRACITAS PASANDO POR TURBAS, LIGNITOS Y HULLAS

### CARACTERISTICAS

- DIAGRAMA DE VAN-KREVELEN. EJES O/C Y H/C
- CONTINUIDAD DERIVA EN RANGO (GRADO DE CARBONIZACION)
- RANGO MAS ELEVADO CORRESPONDE A UN ESTADO MAS AVANZADO DE EVOLUCION
- EL RANGO NO DEBE CONFUNDIRSE CON EDAD GEOLOGICA
- REFERENCIA APROXIMADA: RATIO H/C



REPRESENTACION DE COMBUSTIBLES SEGUN VAN KREVELEN

## CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS COMBUSTIBLES DE LA SERIE LIGNO-HULLERA<sup>(1)</sup>

TIPO	ANALISIS ELEMENTAL			RELACION ENTRE ATOMOS		PODER CALORIFICO <sup>(2)</sup>		VOLATILES %
	C %	H %	O %	Y=H/C	X=O/C	SUPERIOR	INFERIOR	
MADERA	50,0	6,1	43,9	1,46	0,66	4.750	4.450	80
TURBAS	59,3	5,7	35,0	1,15	0,44	5.700	5.400	67
LIGNITOS	70,0	5,5	24,5	0,94	0,26	6.750	6.450	54
HULLAS:								
GRASAS	88,2	5,3	6,5	0,72	0,06	8.600	8.400	30
SEMIGRASAS	92,4	4,4	3,2	0,57	0,03	8.700	8.500	17
SECAS	93,5	3,8	2,7	0,48	0,02	8.650	8.450	9
ANTRACITAS	95,5	2,5	2,0	0,31	0,02	8.400	8.300	3

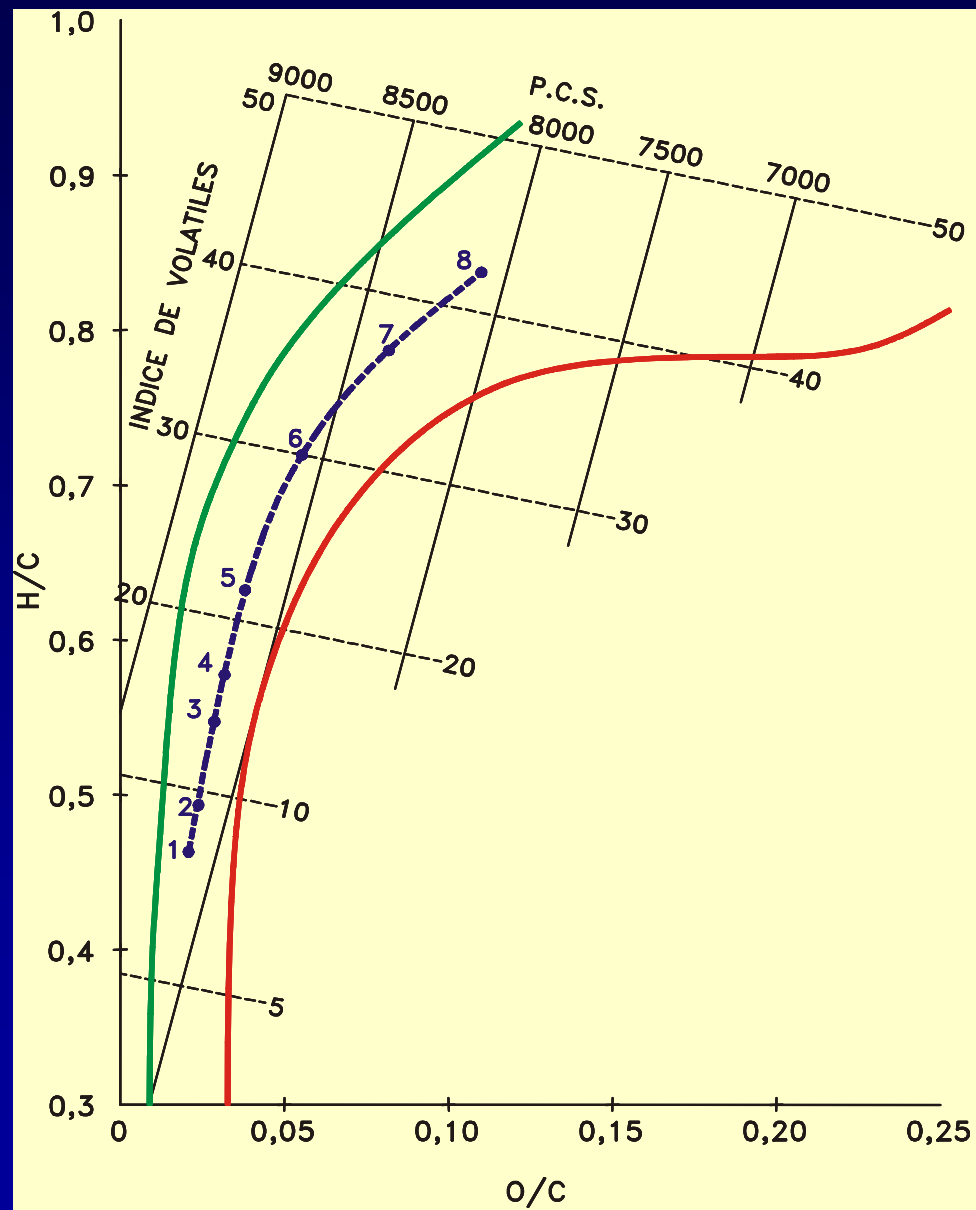
(1) Características relativas al combustible puro.

(2) Poderes caloríficos relativos al combustible puro "ficticio" (sólo C, H, O) en kcal/kg.

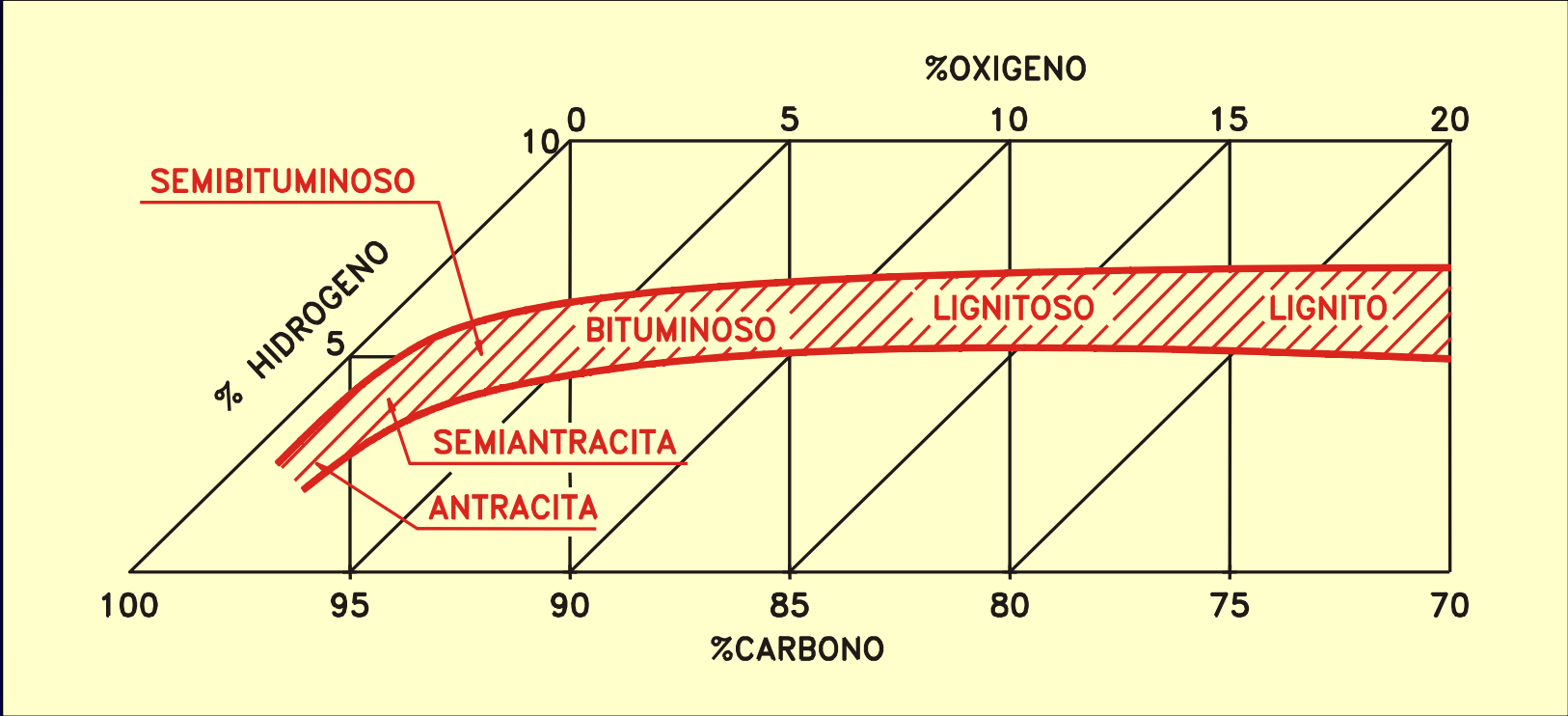
## COMPARACION CARBON-PETROLEO

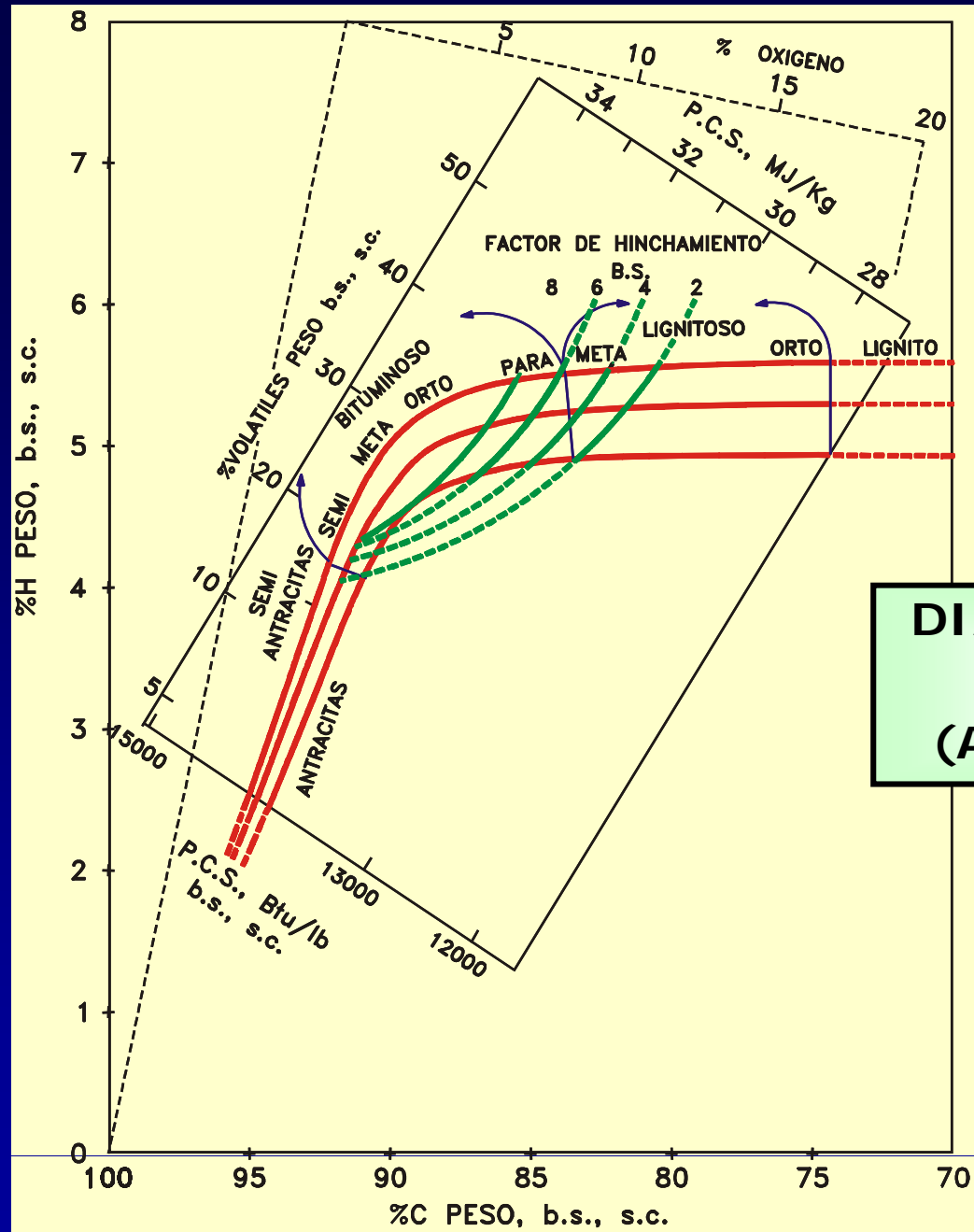
PARAMETRO	CARBON	PETROLEO
ESTADO FISICO	SOLIDO	LIQUIDO
CONTENIDO EN MATERIA MINERAL	5-40% PESO (+)	METALES 0,005 A 0,015% SALES 20 A 400 ppm (PESO)
CONTENIDO EN HUMEDAD	1-60% PESO (+)	0,1 A 1%
CARBONO	65 A 95% PESO (+/-)	84 A 87% PESO
HIDROGENO	3 A 6% " (-)	11 A 14% "
OXIGENO	2 A 30% " (+)	0,1 A 0,5% "
AZUFRE	0,2 A 11% " (+/-)	0,04 A 6% "
NITROGENO	1 A 1,5% " (+/-)	0,1 A 1,5% "

# DIAGRAMA DE VAN KREVELEN (AMPLIADO CON ISOCALAS E ISOVOLAS)



# DIAGRAMA DE SEYLER

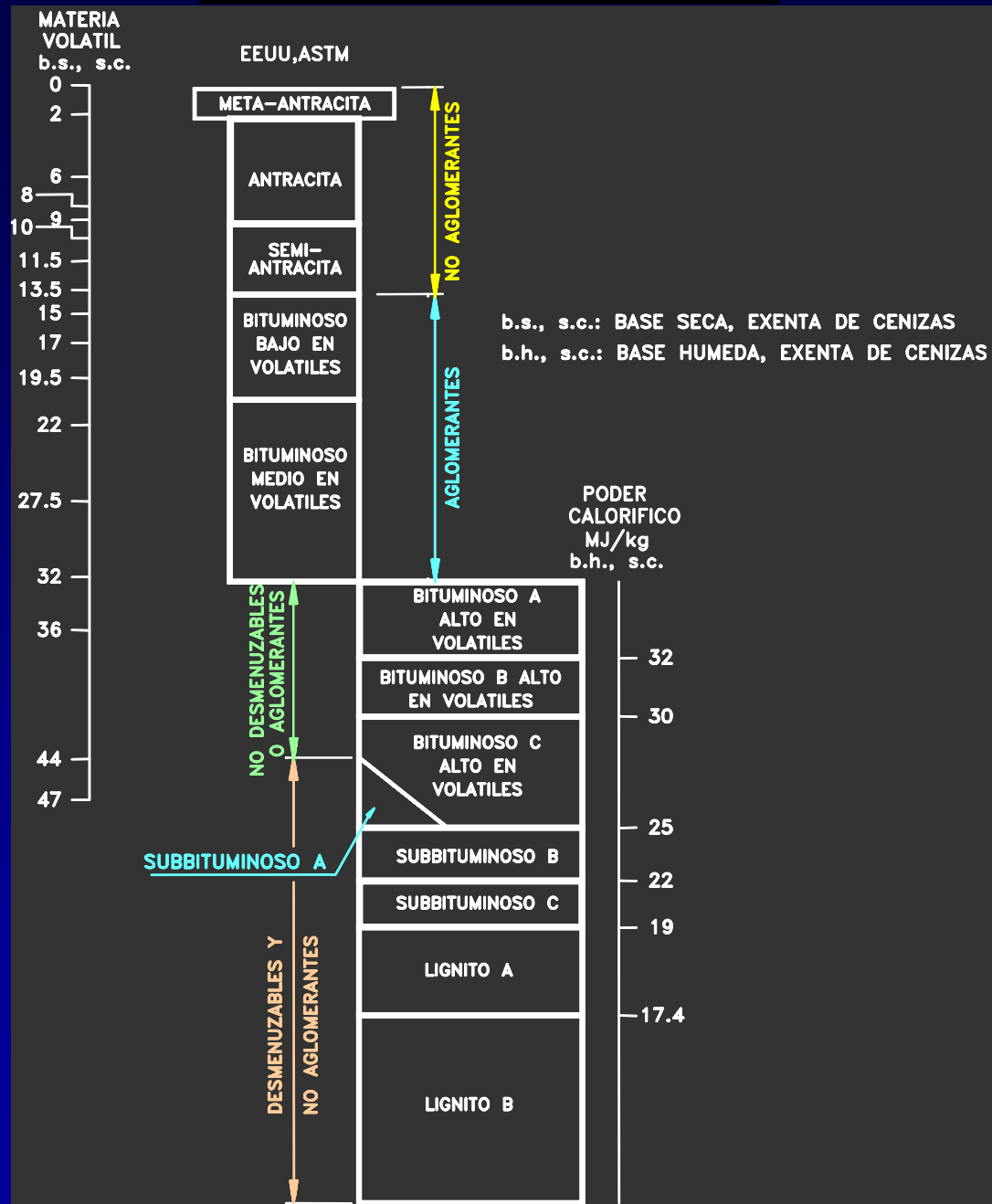




**DIAGRAMA DE SEYLER (AMPLIADO)**

NOTA: b.s., s.c.: BASE SECA, EXENTO DE CENIZAS

# CLASIFICACION ASTM





## ENSAYOS NORMALIZADOS

### EXISTENCIA DE MULTIPLES ENSAYOS DEL CARBON:

- \* UTILIZACION EN FUNCION DE FACILIDAD DE EJECUCION Y APLICABILIDAD INDUSTRIAL
- \* NECESIDAD DE NORMALIZACION PARA ESTABLECER CRITERIOS COMPARABLES

### EVOLUCION DE CRITERIOS

### DE COMPOSICION QUIMICA ELEMENTAL A CRITERIOS TECNOLOGICOS FUNCION DEL USO

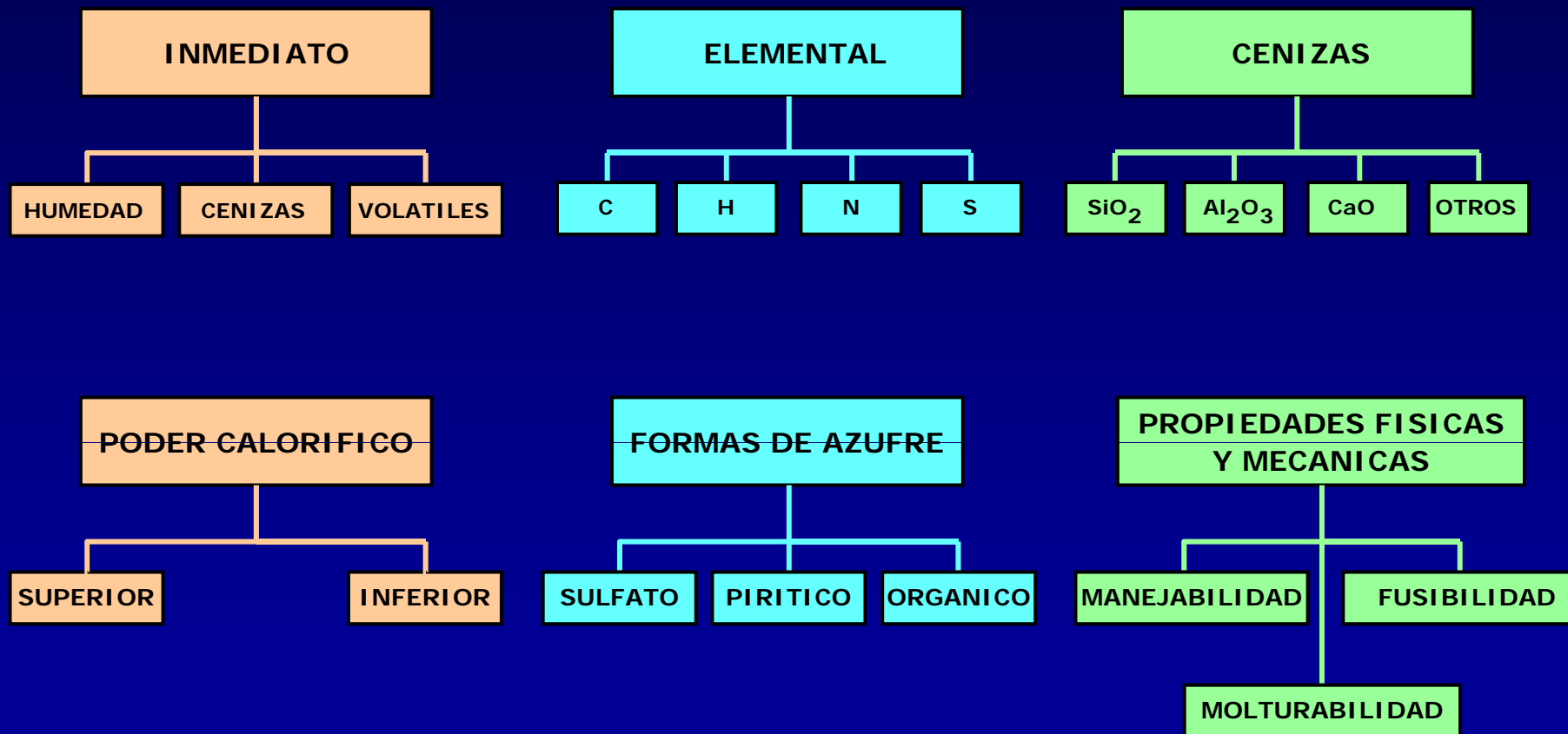
#### COMBUSTIBLE

- PCS
- Cenizas
- Volátiles

#### MATERIA PRIMA (gas, coque)

- Volátiles
- Hinchamiento
- Aglomeración

# ENSAYOS NORMALIZADOS PARA CARBONES



# CARBON

## ANALISIS INMEDIATO

- \* DETERMINACION DEL CARBON MAS **SIMPLE Y GENERALIZADA**
- \* COMPRENDE ANALISIS DE **HUMEDAD, CENIZAS Y VOLATILES**
- \* OBTENCION DE **CARBONO FIJO POR DIFERENCIA** A 100 DE LA SUMA DE PORCENTAJES DE HUMEDAD, CENIZAS Y VOLATILES
- \* PERMITE UN SEGUIMIENTO FIABLE Y CON POCO RETARDO (**A BAJO COSTE**) DE LAS VARIACIONES EN CARACTERISTICAS DEL CARBON CONSUMIDO EN LOS GRUPOS TERMICOS

## CARBON ANALISIS INMEDIATO

### HUMEDAD

PERDIDA DE PESO A 105 ° C

TEMPERATURAS SUPERIORES: - **PERDIDAS DE AGUA ADSORBIDA**  
- **PERDIDAS DE AGUA DE PIROLISIS**  
- **MAS IMPORTANTES PARA CARBONES  
DE RANGO BAJO**

HUMEDAD (MUY VARIABLE): **FUNCION DE EXTRACCION,  
PREPARACION, EXPOSICION INTEMPERIE**

HUMEDAD STANDARD (ASTM: EQUILIBRIO CON AIRE 30°C Y 97% H.R.)

**TURBAS: 20-30%**

**LIGNITOS: 15-25%**

**HULLAS: 5%**

**H. GRASAS: 1-2%**

**ANTRACITAS: 3%**

## CARBON ANALISIS INMEDIATO

### HUMEDAD: EFECTOS

- \* CARBONES DE BAJO RANGO: **ALTOS CONTENIDOS, COSTES DE TRANSPORTE ELEVADOS**
- \* ACCION COMO INERTE: **MENORES TEMPERATURAS DE LLAMA Y EVACUACION DE ENTALPIA DE CAMBIO DE ESTADO CON LOS HUMOS**
- \* **BAJOS CONTENIDOS: FAVORECEN MOLIENDA Y DIFICULTAN AGLOMERACIONES**

**CARBON  
ANALISIS INMEDIATO**

**VOLATILES**

**HIDROGENO, CO, CH<sub>4</sub>, HC LIGEROS**

**VALOR: FUNCION DE LAS CARACTERISTICAS DEL ENSAYO**

**ISO: PERDIDA DE PESO A 900°C DURANTE SIETE MINUTOS  
EN CRISOL CERRADO SIN CONTACTO CON AIRE**

**CONDICIONA: • REACTIVIDAD Y FACILIDAD DE IGNICION  
• ESTABILIDAD DE LA LLAMA**

**ALTO RANGO: BAJOS EN VOLATILES. COMBUSTION LENTA.  
ESTABILIDAD DE LLAMA CRITICA**

**BAJO RANGO: ALTOS EN VOLATILES. IGNICIONES ESPONTANEAS**

## CARBON ANALISIS INMEDIATO

### CENIZAS

RESIDUO SOLIDO DE COMBUSTION COMPLETA A 750°C

PERFILES DEFINIDOS. NECESIDADES DE ESPECIFICACION  
PRECISA DE TEMPERATURA DE ENSAYO

MATERIA MINERAL DEL CARBON AFECTADA EN COMBUSTION:

- Deshidratación de caolín y yeso. Pérdida de H<sub>2</sub>O
- Disociación de carbonatos. Pérdida de CO<sub>2</sub>
- Oxidación de piritas. Pérdida de SO<sub>2</sub>

CENIZAS OXIDADAS < MATERIA MINERAL (BASE PONDERAL)

MAYOR CONTENIDO EN CENIZAS IMPLICA:

- Menor poder calorífico
- Mayores costes de manipulación y transporte
- Mayores escorias
- Mayor eficacia en depuración de partículas

ANALISIS DE CENIZAS:

- SiO<sub>2</sub> (30-55%) + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (15-35%) + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (2-20%) + CaO (2-15%)
- También: MgO, K<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>O, SO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>
- Trazas de otros muchos elementos

## CARBON ANALISIS ELEMENTAL

- DETERMINACION POR METODOS AUTOMATICOS BASADOS EN TECNICAS DE INFRARROJOS
- RESULTADOS EXPRESADOS EN BASE SECA EXENTA DE CENIZAS

CARBONO E  
HIDROGENO

CALCULO  $\text{CO}_2$  Y  $\text{H}_2\text{O}$  EN COMBUSTION  
C EN FRACCIONES ORGANICA E INORGANICA

NITROGENO

IMPORTANCIA EN FORMACION DE  $\text{NO}_x$  DEL  
COMBUSTIBLE. CORRELACION NO SIMPLE

AZUFRE

IMPORTANCIA EN FORMACION DE  $\text{SO}_2$  Y  $\text{SO}_3$   
(CORROSION, ENSUCIAMIENTO, MEDIOAMBIENTAL)

OXIGENO

OBTENIDO HABITUALMENTE POR DIFERENCIA.  
INDICADOR DEL RANGO DEL CARBON



## PODER CALORIFICO

- CALOR LIBERADO CUANDO SE QUEMA LA UNIDAD DE MASA DE UN CARBON EN CONDICIONES NORMALIZADAS
- DETERMINACION MEDIANTE BOMBA CALORIMETRICA (POR DIFERENCIA DE TEMPERATURAS ANTES Y DESPUES DE COMBUSTION DE LA MUESTRA)

**PODER CALORIFICO  
BRUTO  
A VOLUMEN CONSTANTE**

(Los gases de combustión  
contienen  $H_2O$ ,  $SO_4H_2$  y  
 $NO_3H$ )

**CORRECCIONES**

**POR HUMEDAD  
AZUFRE  
NITROGENO**



**PODER CALORIFICO SUPERIOR  
P.C.S  
INCLUYE CALOR LATENTE DE  
CONDENSACION DEL VAPOR**

**PODER CALORIFICO INFERIOR  
(NETO) P.C.I.**

# CARBON

## PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS-1

### MANEJABILIDAD

ENSAYOS ASOCIADOS AL TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DEL CARBON

- \* **DENSIDAD APARENTE: TRANSPORTE EN CINTAS**
- \* **DISTRIBUCION DE TAMAÑOS: RENDIMIENTO DE MOLINOS**
- \* **FRIABILIDAD/DESMENUZABILIDAD: DEGRADACION EN MANIPULACION**

### MOLTURABILIDAD

ENSAYO HARDGROVE. CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y ENERGIA PARA PROCESO DE MOLIENDA.

MOLIENDA EN MOLINILLO NORMALIZADO Y TAMIZADO PARA COMPARACION CON MUESTRA DE REFERENCIA

INDICES INFERIORES A 50: **DIFICULTAD EN PULVERIZACION**

### ABRASIVIDAD

ENSAYO PARA ESTIMACION DE DESGASTE DE MOLINOS

PERDIDA DE METAL EN PALAS DE UN MOLINO DE REFERENCIA

**CARBON**  
**PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS-2**

**INDICE DE  
HINCHAMIENTO Y  
AGLOMERACION**

**INDICE DE LA EXPANSION PARA FORMACION DE  
RESIDUOS POROSOS DE POCO PESO**

**FUSIBILIDAD DE  
CENIZAS**

**DEFORMACION DE PIRAMIDES EN HORNO A T Y  
ATMOSFERA CONTROLADA**

**MEDIDA DE LA FUSION Y REBLANDECIMIENTO DE  
LAS CENIZAS DEL CARBON**

**SLAGGING: ESCORIACION DE HOGAR**

**FOULING: ENSUCIAMIENTO DE SOBRE Y  
RECALENTADOR**

**VISCOSIDAD DE  
CENIZAS  
FUNDIDAS**

**VELOCIDAD DEL FLUJO DE DEPOSITOS**