



TEMA 3.3
**“EL CEMENTO Y LOS
AGLOMERANTES HIDRÁULICOS.
ALIZA COMO MATERIA PRIMA”**

**INGENIERÍA DE PROCESOS
CURSO 14/15**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
...
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

TEMA 3.3

EMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

CONTENIDO

Aprovechamiento industrial de la caliza.

Obtención de cal química.

Industria del cemento.

1. Proceso de fabricación.
2. Dosificación de materias primas.
3. Tipos de cemento y propiedades.
4. Datos estadísticos.

Fabricación y aplicaciones del yeso.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

TEMA 3.3

PROCESAMIENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE LA CALIZA

DEFINICIÓN Y COMPOSICIÓN

Roca caliza.

Rocas sedimentarias formadas por depósitos de los productos de alteración química y física de rocas primitivas, como el feldespato cálcico.

Su componente fundamental es el CaCO_3 (calcita generalmente).

Componentes e intervalos de composición (%):

- | | |
|--------------------------------------|---------|
| 1. $\text{CaCO}_3 - \text{MgCO}_3$: | 97% |
| 2. CaO : | 30-56% |
| 3. MgO : | 0,2-21% |
| 4. Otros óxidos arcillosos: | 3% |

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

TEMA 3.3

PROCESAMIENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE LA CALIZA

ORIGEN Y TIPOS

Descomposición de bicarbonato $(\text{CO}_3\text{H})_2\text{Ca}$: $\text{Ca}^{2+} + 2(\text{HCO}_3^-)$
 $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ (ALABASTRO o TRAVERTINO)

Por sedimentación de carbonato cálcico.

Formadas por acumulación de restos de seres marinos.

Cambios de su estructura primitiva por metamorfismo motivado por altas T y P.
Dolomita (calcita o dolomita).

MARGOSAS: contenido de carbonato magnésico.

ARCILLOSAS Y SILÍCEAS: contienen arcilla o sílice:

10-20% de arcilla: caliza margosa

30% de arcilla: marga

75% de arcilla: arcilla margosa-marga arcillosa

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

PROCESAMIENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE LA CALIZA

INDUSTRIAS Y VÍAS

MATERIA QUÍMICA

Preparación de compuestos de calcio
Preparación de Ca(OH)_2 en disolución

MATERIA DE LA CONSTRUCCIÓN

Preparación de cal conglomerante (aérea o hidráulica)
Preparación de cementos portland (mezclas caliza-arcilla)

APROVECHAMIENTO:

Reacción por ácidos: $\text{CaCO}_3 + \text{RH} \longrightarrow \text{R}_2\text{Ca} + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Reacción térmica (por efecto del calor)

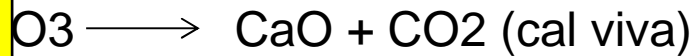
Reacción QUÍMICA o VIVA: $\text{CaCO}_3 \longrightarrow \text{CO}_2 + \text{CaO} - 42,5 \text{ Kcal}$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

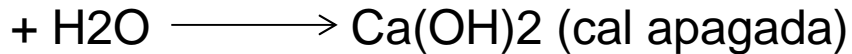
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

de calcinación (900-1000° C) (tras extracción y molienda):



de la reacción (150-450° C):



o:

obtenido se calienta, hincha y pulveriza debido a que la reacción es muy exotérmica (51 Kcal/mol CaO).

La cal apagada se tamiza para separar los productos indeseados (silicatos y óxidos). Se ensaca y se expende (granel).

Las calizas y las lechadas de cal (soluciones de Ca(OH)_2 en agua (agua de cal) y las suspensiones de Ca(OH)_2 en agua (lechada de cal) se utilizan como fuente de ion Ca^{2+} y como agente coagulante y floculante de bajo coste (industria carbonato sódico).

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

RECARBONATACIÓN DE CAL QUÍMICA: PUESTA EN OBRA

La cal se amasa con agua para su puesta en obra, se recarbonata al reaccionar con el CO₂ atmosférico, según: $\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \longrightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

La cal apagada primero fragua por cristalización del Ca(OH)₂ y luego se endurece al carbonatarse los cristales por el CO₂ y trabarse unos con otros.

Este proceso es muy lento y produce un CONGLOMERANTE AÉREO que tarda mucho en desarrollar su resistencia potencial que no es muy alta.

Normalmente esta cal se utiliza como MORTERO, mezclada con arena en una proporción adecuada para que el conglomerante rellene los huecos que dejan entre sí los granos de arena (Si – Al).

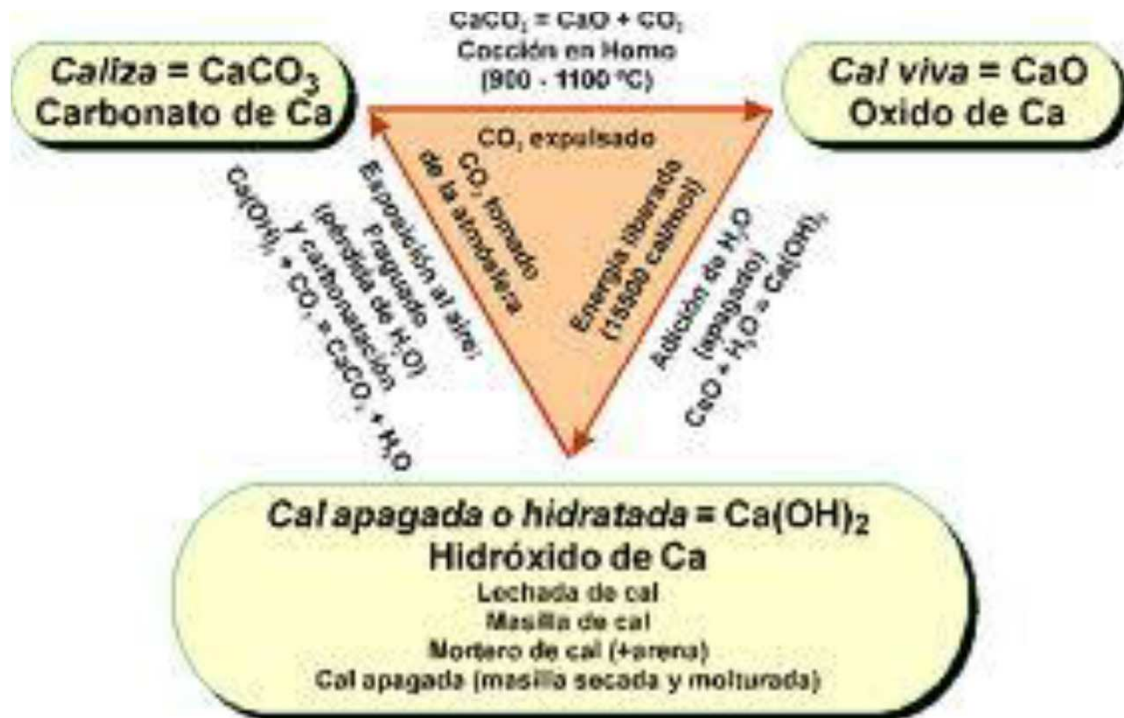
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

CICLO DE LA CAL QUÍMICA



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

CAL QUÍMICA A PARTIR DE CALIZA CON IMPUREZAS

5-6% arcilla) → CaO + CO₂ (1200° C)
 arcilla (>5-6%) → silicatos, aluminatos, ferritos

Si no se amasa con agua en su puesta en obra, se obtiene una cal
 CONGLOMERANTE HIDRAÚLICO (fragua en ambiente húmedo e, incluso,
 en agua).

Las propiedades hidráulicas del material obtenido son atribuidas a los
 silicatos, aluminatos y ferritos formados.

La hidraulicidad crece con el contenido en arcilla.

Con un contenido de arcilla del 22% se obtiene ya un cemento:
 intermedio entre las cales aéreas y los cementos.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

CAL QUÍMICA A PARTIR DE CALIZA CON IMPUREZAS

5-6% arcilla) \longrightarrow $\text{CaO} + \text{CO}_2$ (1200° C)
 arcilla (>5-6%) \longrightarrow silicatos, aluminatos, ferritos

Si no se amasa con agua en su puesta en obra, se obtiene una cal
 CONGLOMERANTE HIDRAÚLICO (fragua en ambiente húmedo e, incluso,
 con agua).

EFICIENTE DE HIDRAULICIDAD $\text{CH} = (\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3) / \text{CaO}$
 varía entre 0,1 (cales poco hidráulicas) y 0,52 (productos de alta
 hidráulica).

Como consecuencia de las variaciones de composición de la roca de
 partida pueden obtenerse una serie de cales, que varían desde las cales
 muy puras (altamente cálcicas), hasta las altamente hidráulicas, con
 contenidos de CaO de un 50 % o menos.

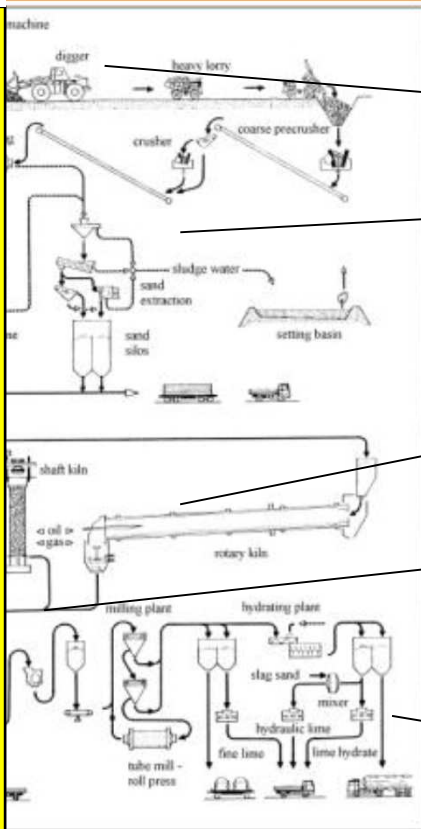
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA



■ EXTRACCIÓN

■ MOLIENDA

■ **CALCINACIÓN**

■ MOLIENDA DE LA CAL

■ APAGADO

- Suministrar suficiente calor ($>800\text{ }^{\circ}\text{C}$) para provocar la descomposición del carbonato.
- Mantener la caliza durante el tiempo necesario a una T entre $1200\text{-}1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ para ajustar la reactividad.
- Influencia de la presión: $P > P_{\text{atm}}$, Aumenta T

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

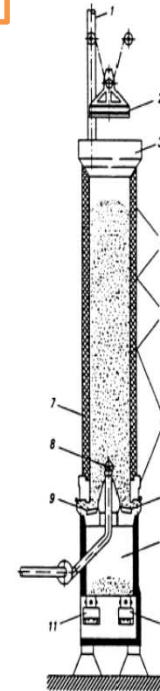
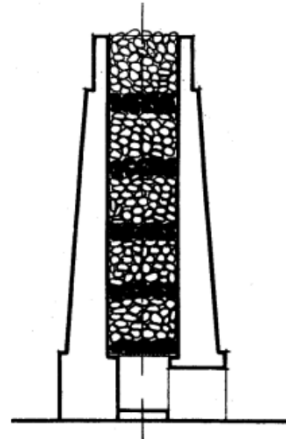
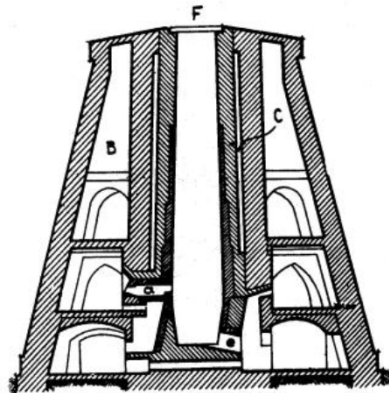
OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA: TIPOS DE HORNOS

uo

Rüdersdorf

De llama corta



- 1. Exhaust gas
- 2. Charging bucket with raw material and fuel
- 3. Gas seal bell
- 4. Preheating zone
- 5. Calcining zone
- 6. Cooling zone
- 7. Kiln lining
- 8. Combustion air inlet
- 9. Lime discharge
- 10. Intermediate hopper
- 11. Discharge channels

Vertical

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

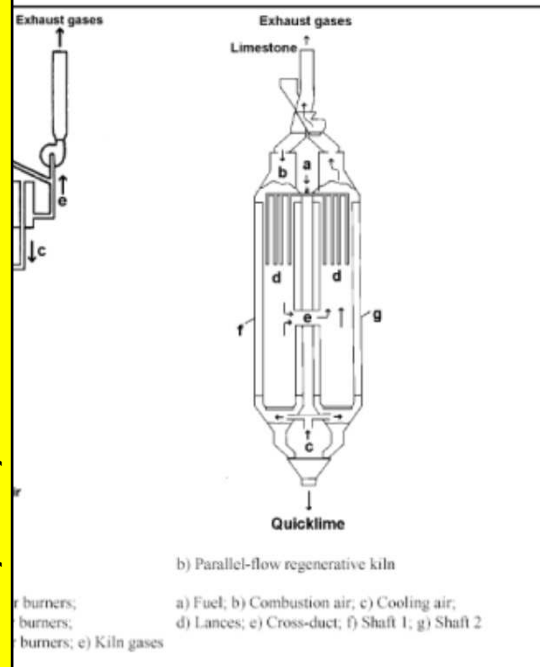
TEMA 3.3

SEQUESTRAMIENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA: TIPOS DE HORNOS

Variantes Vertical



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

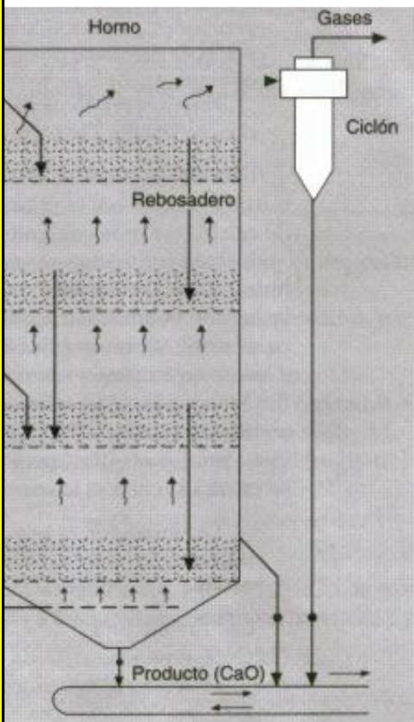
TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA: TIPOS DE HORNOS

Horno de lecho fluidizado

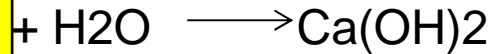


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA: APAGADO DE LA CAL

Combina con el agua dando lugar al hidróxido cálcico:



liberando calor.

Se produce un aumento de volumen (entre 250-300%).

La velocidad de hidratación depende de:

Las condiciones físicas de la cal viva: aumenta cuanto más finamente se obtenga la cal. Presenta gran superficie a la acción del agua.

La composición química de la cal viva (aumenta cuanto más pura sea la cal, las impurezas de Mg, frenan).

La temperatura de cocción de la caliza (aumenta si está bien cocida).

Los fragmentos poco cocidos o sobrecocidos, poca capacidad de hidratación.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA: APAGADO DE LA CAL

Etapas del proceso:

100 kg (peso) de cal viva, requieren para su apagado 18 partes de agua: 32,1% (en la práctica la cantidad se ve reducida debido a las impurezas).

El consumo de agua es un 250-300% del primitivo: Esto ocurre con cales puras (Mg disminuye el consumo).

El apagado es un fenómeno complejo debido a los silicatos y aluminatos que contiene:

1. Se debe apagar la cal hidráulica con suficiente cantidad de agua, apilándola en montones y cubriéndolos con arena para conservar la T.

2. La influencia de la pureza de los silicatos y aluminatos presentes en la cal hidráulica es incierta.

Factores que influyen: composición de las calizas empleadas, rapidez de cocción, T del horno, etc.

Los silicatos y aluminatos, son las que proporcionan a la cal su carácter hidráulico.

Los silicatos se alteran fácilmente por el agua en estado líquido o de vapor, por debajo de los 100 °C; y los aluminatos, por debajo de los 140°C. Hay que conseguir, aun por medio de un calentamiento artificial, que la T no baje de este último límite, porque, de lo contrario, el producto final perdería sus propiedades hidráulicas.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

MO DE OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA: SISTEMAS DE APAGADO

expuesta al aire absorbe la
polveriza por efecto del aumento

y tiene el grave inconveniente
produce el proceso de
n: Pérdida de propiedades

a veces se emplea este sistema
a de conservar por algún tiempo
utilizarla. Se prepara, entonces,
grandes; la reacción con el CO₂
sólo en la superficie, en la que
delgada capa de carbonato que
material del interior

POR ASPERSIÓN

- La cal viva, dispuesta en capas de no mucho espesor, se riega con agua y se reduce a polvo por sí misma.
- Si se va a usar rápidamente, puede envasarse con o sin cribado previo.
- Si se va a almacenar, suele cubrirse con arena hasta el momento oportuno.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

MO DE OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA: SISTEMAS DE APAGADO

imiento consiste en añadir agua a un estanque o excavación en el ...
ma se obtiene la cal apagada en ...
dar mucho la cantidad de agua inconvenientes que se pueden ...
adición insuficiente de agua ...
dase una elevación de ...
ra grande.
on: excesiva cantidad de agua ...
a la hidratación por mantener la ...
do baja.

HIDRATADORES MECÁNICOS

- Conseguir una perfecta dosificación de la mezcla de cal viva y agua.
- Se logra material de alta calidad.
- Debe controlarse la T para evitar grandes evaporaciones de agua por proceso exotérmico.
- Mezclar la cal viva con un exceso de agua para que, por evaporación, se pueda eliminar el sobrante de calor.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

DE OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA: CLASIFICACIÓN DE LA CAL

Producida a partir de calizas más o menos puras. Sólo fraguan al aire:

Clase I: $(CaO+MgO) > 90\%$, $CO_2 < 5\%$ (uso en blanqueos, acabados y morteros de alta resistencia).

Clase II: $(CaO+MgO) > 60\%$, $CO_2 < 5\%$ (uso en trabajos toscos y morteros para muros y techos).

Clase III: Material obtenido al calcinar calizas que contienen sílice y arcillas. Fragua en ambientes húmedos, incluso bajo el agua:

Clase IIIa I: $(SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3) > 20\%$, $CO_2 < 5\%$.

Clase IIIa II: $(SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3) > 15\%$, $CO_2 < 5\%$.

Clase IIIa III: $(SiO_2+Al_2O_3+Fe_2O_3) > 10\%$, $CO_2 < 5\%$.

Clase IIIb: Contenido en MgO:

Clase IIIb I: Clase o de bajo contenido en magnesia: máximo 5%.

Clase IIIb II: Clase o de alto contenido en magnesia: $>5\%$.

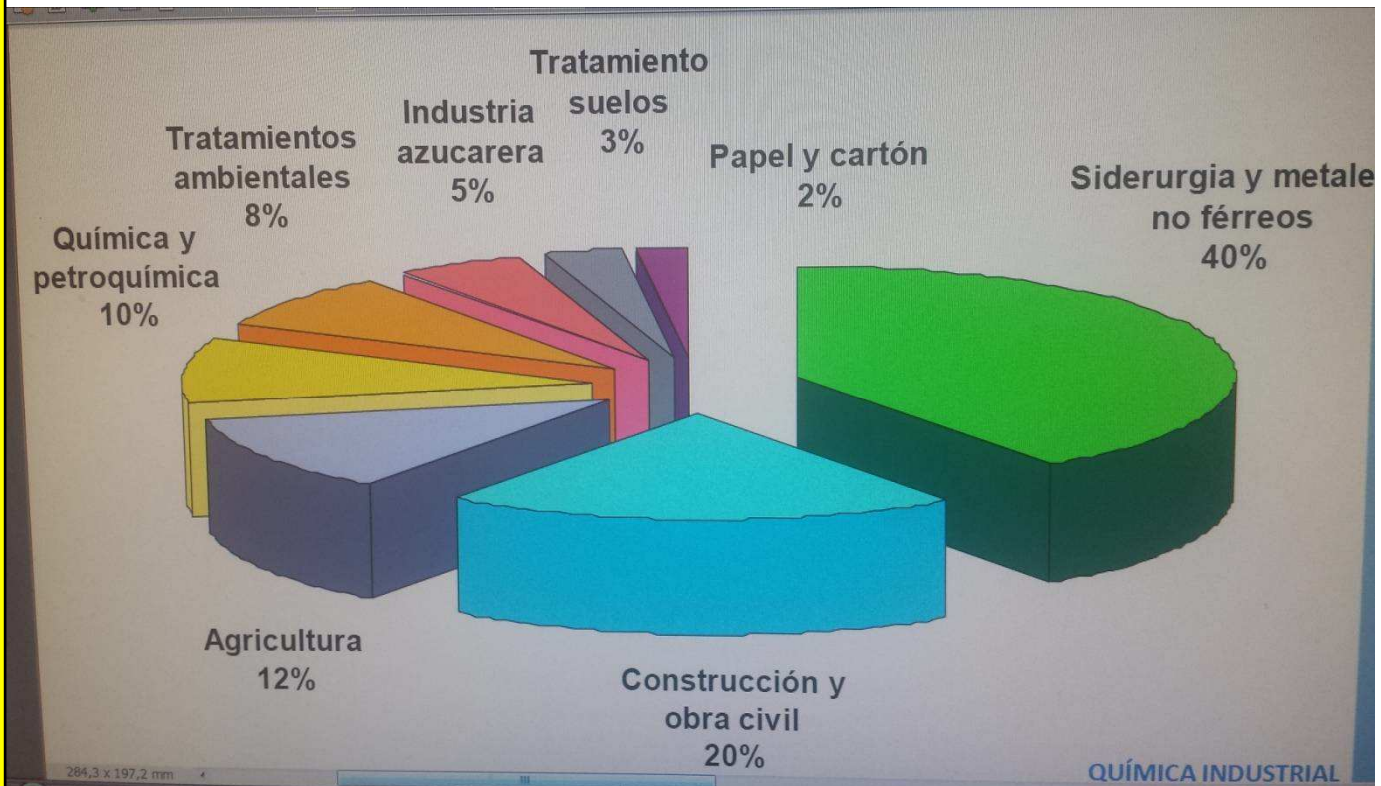
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA

PROCESO DE OBTENCIÓN DE CAL QUÍMICA: APLICACIONES



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

PROCESO FABRICACIÓN: FASES Y VÍAS

Mezclado de materias primas: (arcillas) (cenizas de tostación arenas) para ajustar la humedad deseada del clínquer.

En esta etapa se calcinan las materias primas provocando su descomposición. Los gases resultantes reaccionan a mayores temperaturas con las especies mineralógicas para formar el cemento.

El clínquer obtenido se somete a un enfriamiento, aprovechándose el calor.

El clínquer se somete a un almacenamiento con adiciones de yeso y otros aditivos para dar el cemento final. Los componentes pueden molerse por separado y mezclarse después con el clínquer.

Proceso seco: las materias primas se muelen hasta dar un polvo que se alimenta a un precalentador, precalcinador o directamente al horno.

- **Proceso semiseco:** las MP secas se pelletizan con agua y se alimentan a un precalentador de cinta o al horno

- **Proceso semihúmedo:** se trabaja con MP de alto grado de humedad. Se forma una papilla que se concentra en filtros prensa. Las tortas se extruyen para dar pellets y se alimentan a una precalentador de cinta o a un equipo de secado.

- **Proceso húmedo:** las MP, con una alta humedad, se muelen en húmedo para formar una papilla bombeable. Esta papilla se alimenta directamente al horno o se lleva primero a un secado

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

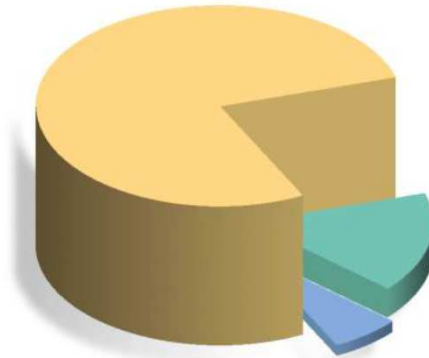
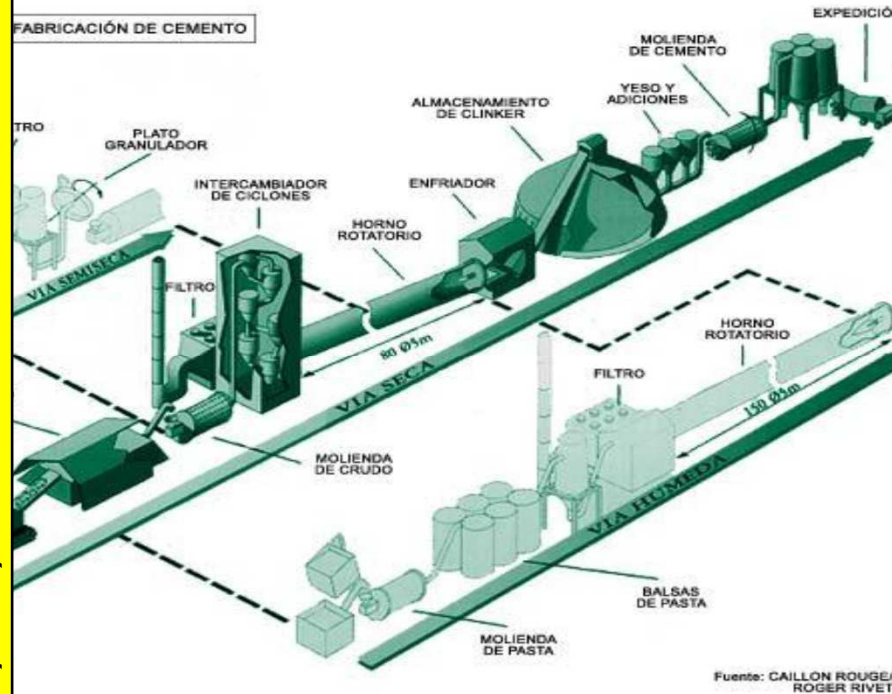
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

PROCESO FABRICACIÓN: ESQUEMA



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

PROCESO FABRICACIÓN: MOLIENDA

as generales de la molienda

en proporciones controladas se muelen y mezclan para dar una mezcla
lea con la composición requerida.

procesos secos y semisecos (más comunes), las MP se muelen y se
sando de los gases agotados o el aire de los enfriadores) para obtener
fino. Para las MP con alta humedad se pueden usar hornos auxiliares.

a y la distribución de tamaños del producto de la molienda son de gran
cia para el siguiente tratamiento térmico.

nos típicos son los de bolas y los de rulos.

as generales de la separación

adores de aire

adores centrífugos

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

PROCESO FABRICACIÓN: COCCIÓN

atación de la arcilla y descomposición a metacaolín ($2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$)
queda en forma de Fe_2O_3 .

posición de la caliza a CaO y CO_2

reacciones de composición:

ación de AF_4C ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CaO}$)

iciones molares:

- a) Si $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 > 1$ Formación A_3C ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$) (más frecuente)
- b) Si $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1$ Formación F_2C ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO}$)

ación de S_2C ($\text{SiO}_2 \cdot 2\text{CaO}$)

ación de S_3C ($\text{SiO}_2 \cdot 3\text{CaO}$) (a partir de S_2C y cal libre).

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

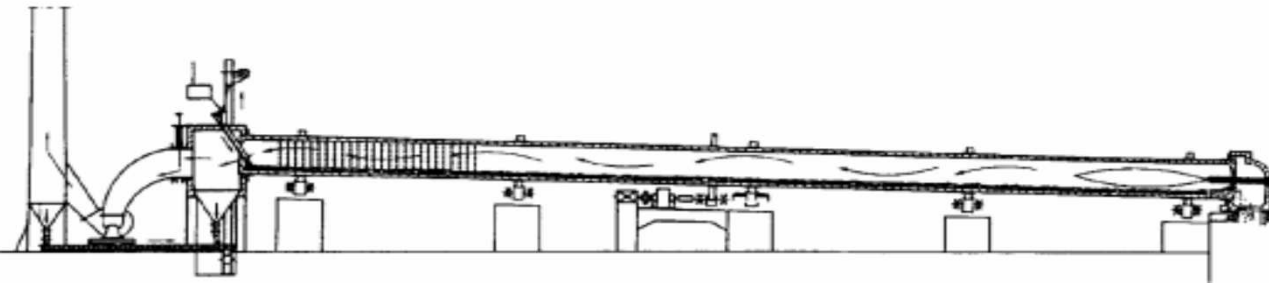
MÉTODO DE FABRICACIÓN: . COCCIÓN. HORNOS ROTATORIOS LARGOS

Clases de diseño

Los sistemas más antiguos y en los procesos en húmedo.

La longitud/diámetro puede llegar a ser de 38:1, siendo la mayor longitud de los hornos que producen hasta 3.600 Tm/día por el método húmedo.

Para disminuir la longitud de los hornos se emplean cadenas de hierro que se mueven a lo largo del horno, un sistema de rejado capaz de tomar el calor de los gases y cederlo a la pasta. Esto permite un proceso de desecación y produce un crudo granulado fino que se cuece bien en hornos de composición y da un clínquer uniforme.



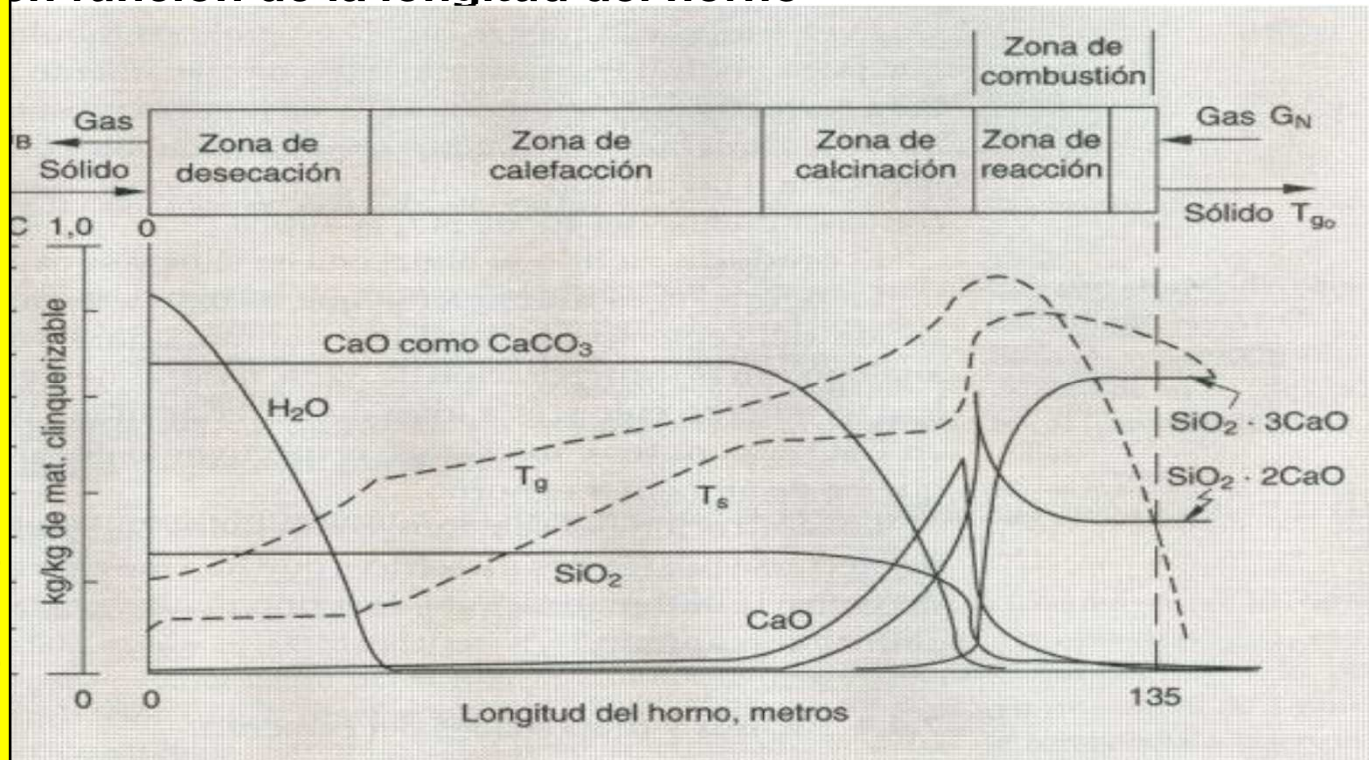
TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

PROCESO DE FABRICACIÓN: COCCIÓN. HORNOS ROTATORIOS LARGOS

Temperaturas en función de la longitud del horno



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVIÁ WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

EMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

SO FABRICACIÓN: COCCIÓN. HORNOS ROTATORIOS LARGOS

en función de la longitud del horno

La del horno salen unos 4000 m³ de gas por tonelada de clínquer. Las zonas de clinquerización (zona de reacción) ocupan poco trecho del horno. La razón de tan grandes longitudes de los hornos es por la rigurosa conservación del calor del combustible (carbón pulverizado, residuos o fuelóleo) para reducir los costos.

La temperatura de la carga alcanza 1400-1500° C, mientras que la de los gases es de 2000° C. Los hornos necesitan condiciones oxidantes, por lo que la cocción se hace en presencia de aire.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

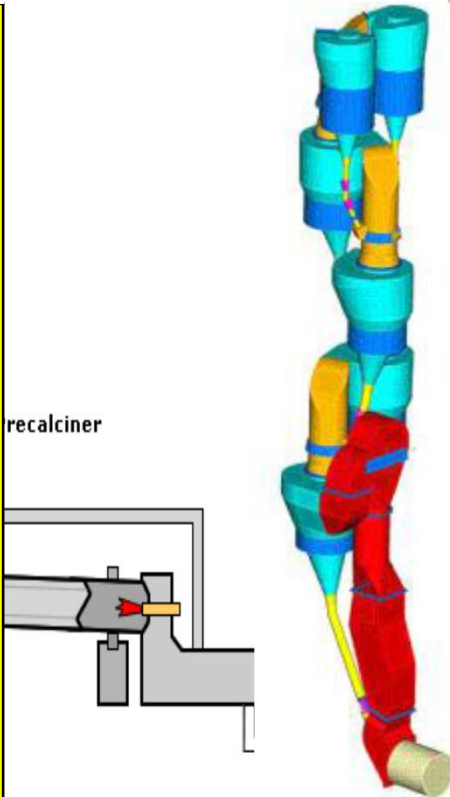
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

BASIS DE FABRICACIÓN: COCCIÓN. HORNOS ROTATORIOS CORTOS

Características

- La entrada de calor se divide en dos puntos:
 - Combustión primaria: en zona de combustión del horno.
 - Combustión secundaria: en una cámara especial de combustión entre el horno y el sistema ciclónico (precalcinación). En esta cámara se puede quemar hasta el 60 % del combustible. Esta energía se consume en la calcinación de las MP, que casi se completa totalmente cuando entra en el horno rotatorio.
- El aire caliente se toma del enfriamiento del clínquer.
- A pesar de que los materiales llegan calcinados en un 75 a 95% al horno rotatorio, estos siguen teniendo zona de calcinación, lo que lleva a unas razones L/D entre 13:1 y 16:1.

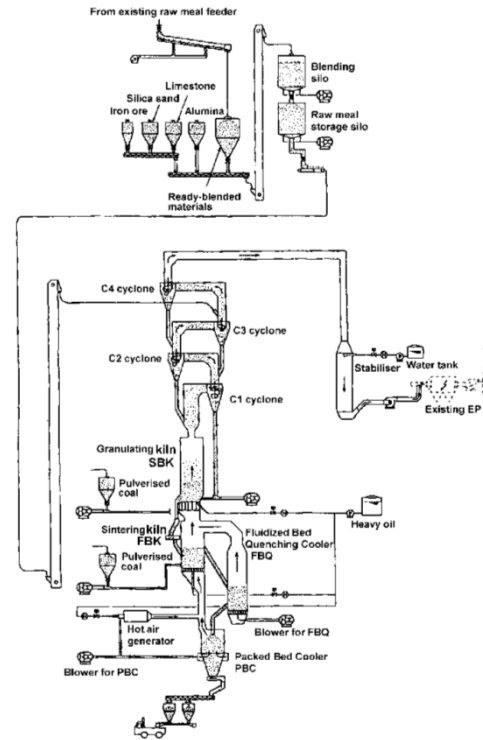
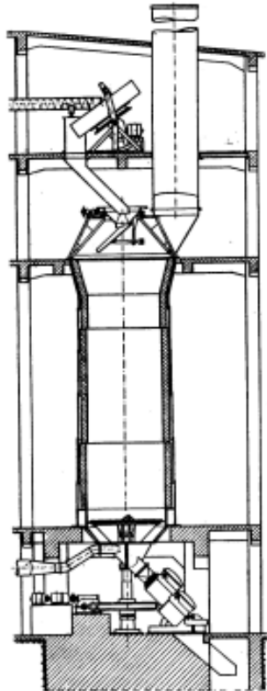


CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

FABRICACIÓN: COCCIÓN. HORNOS VERTICALES Y FLUIDIZADOS



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

PROCESO FABRICACIÓN: COCCIÓN. TIPOS DE COBUSTIBLES

EL USO DE RESIDUOS

altas temperaturas y largos tiempos de residencia (5-10 segundos de residencia del gas a 1100° C); además de atmósferas reductoras ideales para destruir sustancia orgánicas.

horno con alta inercia térmica. No son posibles cambios en la T del horno durante largos periodos de tiempo.

combustible alternativo que evita la formación de gases ácidos. Si el combustible contiene azufre se producen emisiones ácidas ya que los gases se adsorben y neutralizan en la atmósfera del horno.

Las cenizas en el clínquer:

Las cenizas de los combustibles alternativos pueden proporcionar componentes del clínquer (ej.: Neumáticos usados: hierro).

Algunos metales de los residuos se incorporan al clínquer, aunque Hg o Pb no se deben utilizar, lo que obliga al control de la composición del gas de salida.

La ventaja principal es la flexibilidad de combustible y facilidad de cambio del mismo. En cualquier momento el horno puede volver a ser convencional.

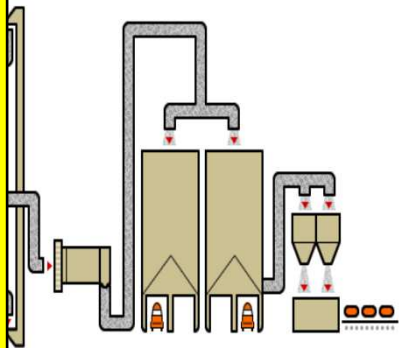
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

O FABRICACIÓN: ENFRIAMIENTO Y MOLIENDA DEL CLINQUER

ENFRIAMIENTO

- Mediante corriente de aire; uso como precalentador.
- El enfriador del clínquer tiene dos misiones:
 - Recuperar tanto calor como sea posible del clínquer caliente (1450 °C) y devolverlo al proceso (el calor se recupera por precalentamiento del aire que se usa posteriormente en la combustión de los combustibles)
 - Reducir la T del clínquer hasta niveles permisibles para las siguientes etapas.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

O FABRICACIÓN: ENFRIAMIENTO Y MOLIENDA DEL CLINQUER

ENFRIADORES: ENFRIADORES TUBULARES

principio parecido al horno para un cambio inverso

la salida del horno pero dirección inversa.

salida del horno, el clínquer en un calentador intermedio y en un segundo tubo rotatorio, el

se enfría en contracorriente en función del aire para la combustión (recordar el exceso de aire en exceso).

TIPOS DE ENFRIADORES: ENFRIADORES DE CINTA

- El enfriamiento en estos equipos se consigue pasando una corriente de aire a través de una cinta que porta una capa de clínquer.

- En este caso el aire no se usa para posteriores combustiones, sino para el secado de materias primas

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

EMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

O FABRICACIÓN: ENFRIAMIENTO Y MOLIENDA DEL CLINQUER

ADICIÓN DE YESO Y DE OTROS ADITIVOS

para otorgar características al cemento:

inclusores de aire (jabones derivados de la colofonia, alquilarilsulfonatos, silicato cálcico...).

res (silicato cálcico, cloruro cálcico, formiato cálcico, carbonatos potásico y

res y agentes reductores (lignosulfonatos de Ca, Mg, Na, NH₄, carbohidratos, silicatos...).

tes (lignosulfonato, agentes tensoactivos...).

es (óxidos ferroso y de cromo, negro de humo).

abilizantes (oleatos, siliconas).

elantes (etilenglicol, cloruro cálcico...).

s.

es de la corrosión (nitrato y cromato sódicos).

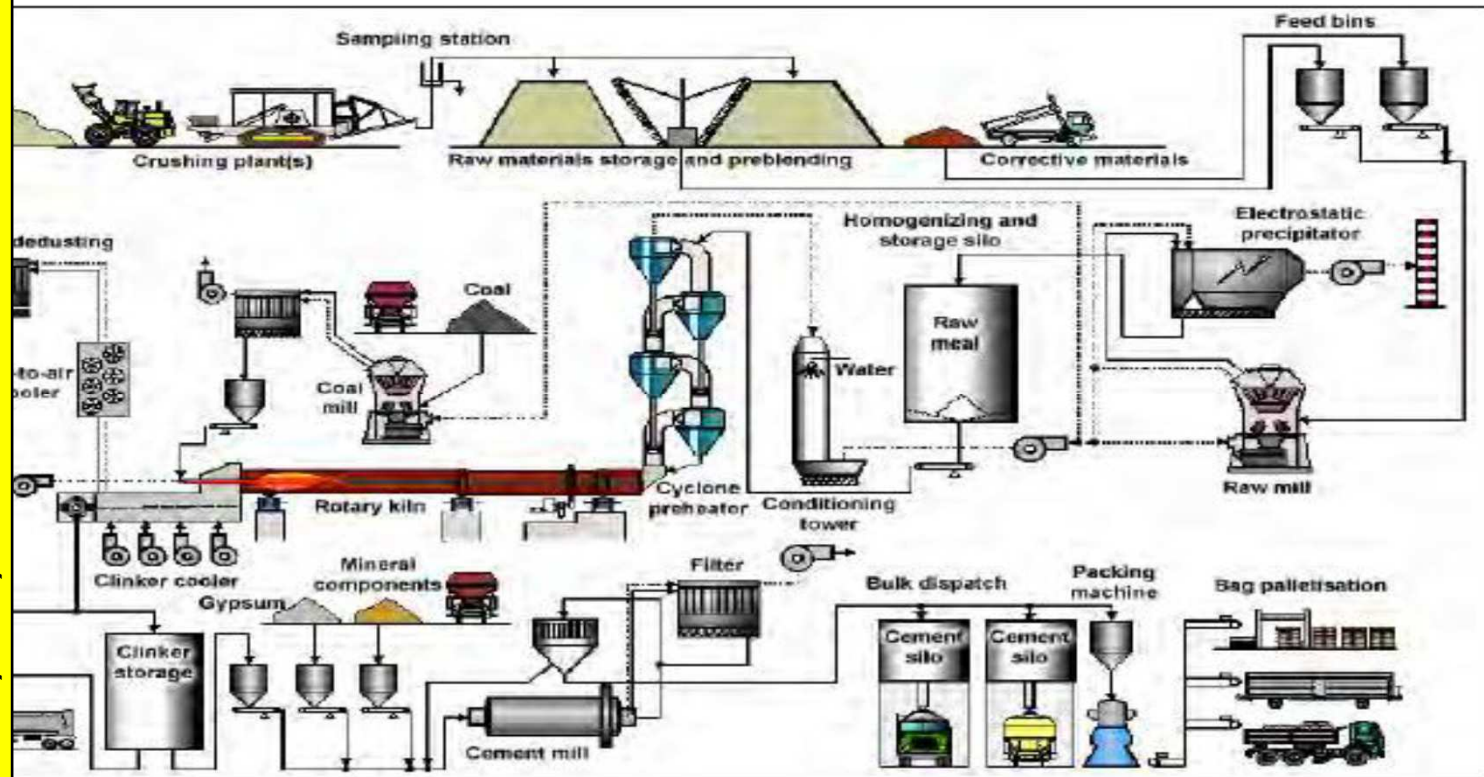
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

PROCESO FABRICACIÓN: ESQUEMA GENERAL



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

EMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

DOSIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

Clases del clínquer

30% SILICATOS Según reacciones en la cocción.

$3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{CaO}$): Aluminoferrito tetracálcico

$3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaO}$): Aluminato tricálcico, ó F2C ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{CaO}$): Ferrito dicálcico
(relación molar entre ferrito y alúmina)

$2\text{SiO}_2 \cdot \text{CaO}$): Silicato bicálcico

$3\text{SiO}_2 \cdot \text{CaO}$): Silicato tricálcico

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

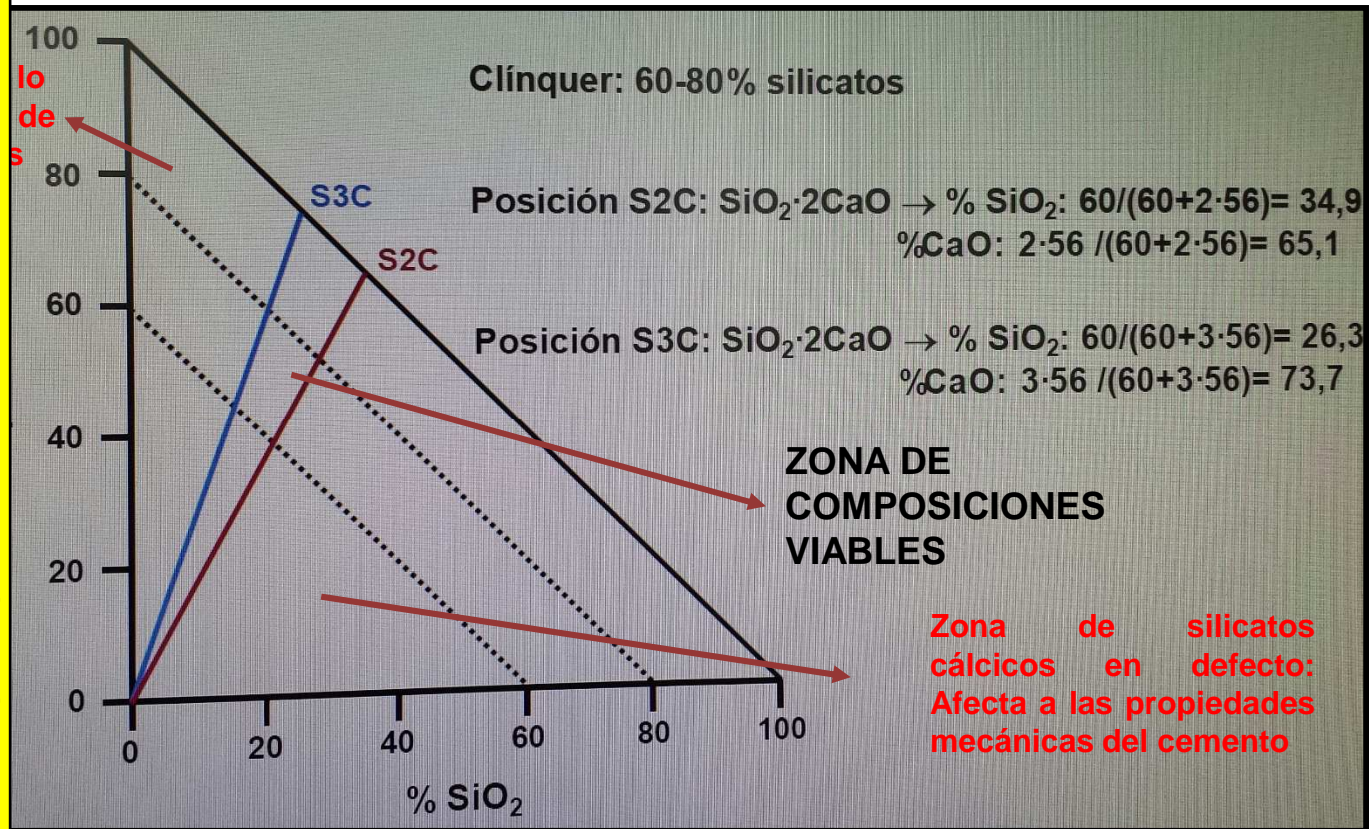
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

OSIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS. FORMA GRÁFICA



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

EMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

OSIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS. FORMA GRÁFICA

Cálculo de CaO para silicatos (eje 'y' gráfico).

ares de los compuestos:

de AF4C:

necesario para formar AF4C:

$$\text{CaO/Fe}_2\text{O}_3 = 4 \cdot 56 / 159,7 = 1,40$$

ina (Al_2O_3) consumida en la formación de AF4C:

$$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 = 102 / 159,7 = 0,64$$

de A3C ó F2C:

$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 > 1$: Formación A3C (más habitual)

necesario: $3 \cdot \text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 = 3 \cdot 56 / 102 = 1,65$

$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{Fe}_2\text{O}_3 < 1$: Formación F2C

necesario: $2 \cdot \text{CaO}/\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2 \cdot 56 / 159,7 = 0,70$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

CLASIFICACIÓN DE MATERIAS PRIMAS. FORMA GRÁFICA: EJEMPLO

Dosificación de MP cuya composición se muestra en la tabla, para obtener un cemento con 70% de silicatos con una proporción S2C/S3C = 1

Arcilla	Caliza
75,0	3,5
18,2	1,3
6,2	0,6
0,2	94,4
0,4	0,2
12,1	42,3

Perdido*

Perdido: cantidad de masa que se pierde tras calcinación. Se deben considerarlas en la dosificación de MP

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

SELECCIÓN DE MATERIAS PRIMAS. FORMA GRÁFICA: EJEMPLO

Presentar las coordenadas de SiO₂ (X) y de CaO (Y) para cada MP.

CLASES DE LA ARCILLA:

$$X_a (\% \text{ SiO}_2) = 75 \text{ (Dato directo de la tabla)}$$

$$Y_a (\% \text{ CaO}) \text{ Hay que calcularlo}$$

$$\text{CaO AF4C} = 1,4 \text{ (rel. mol)} \cdot 6,2 \text{ (tabla)} = 8,8 \text{ partes de CaO}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ AF4C consumida} = 0,64 \cdot 6,2 = 4 \text{ partes de Al}_2\text{O}_3$$

(que relación Al₂O₃ : Fe₂O₃ > 1):

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ resto} = \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ inicial} - \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ AF4C} = 18,2 - 4 = 14,2 \text{ partes de Al}_2\text{O}_3$$

$$\text{CaO A3C} = 1,65 \cdot 14,2 = 23,4 \text{ partes de CaO}$$

$$\text{CaO silicatos} = \text{CaO inicial} - \text{CaO AF4C} - \text{CaO A3C}$$

$$\text{CaO silicatos} = 0,2 - 8,8 - 23,4 = -32 \quad Y_a$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

CIÓN DE MATERIAS PRIMAS. FORMA GRÁFICA: EJEMPLO

AS DE LA CALIZA

X_c (% SiO₂) = 3,5 (dato directo de la tabla)

Y_c (% CaO) Hay que calcularlo:

...:

- CaOAF4C = 1,4 · 0,6 = 0,84 partes de CaO
- Al₂O₃ AF4C consumida = 0,64 · 0,6 = 0,384 partes de Al₂O₃
(ya que relación Al₂O₃ : Fe₂O₃ > 1):
- Al₂O₃ resto = Al₂O₃ inicial – Al₂O₃ AF4C = 1,3 – 0,384 = 0,5 partes de Al₂O₃
- CaOA3C = 1,65 · 0,5 = 0,825 partes de CaO

CaOsilicatos = CaOinicial – CaOAF4C – CaOA3C

CaOsilicatos = 94,4 – 0,84 – 0,5 = 92,7 Y_c

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

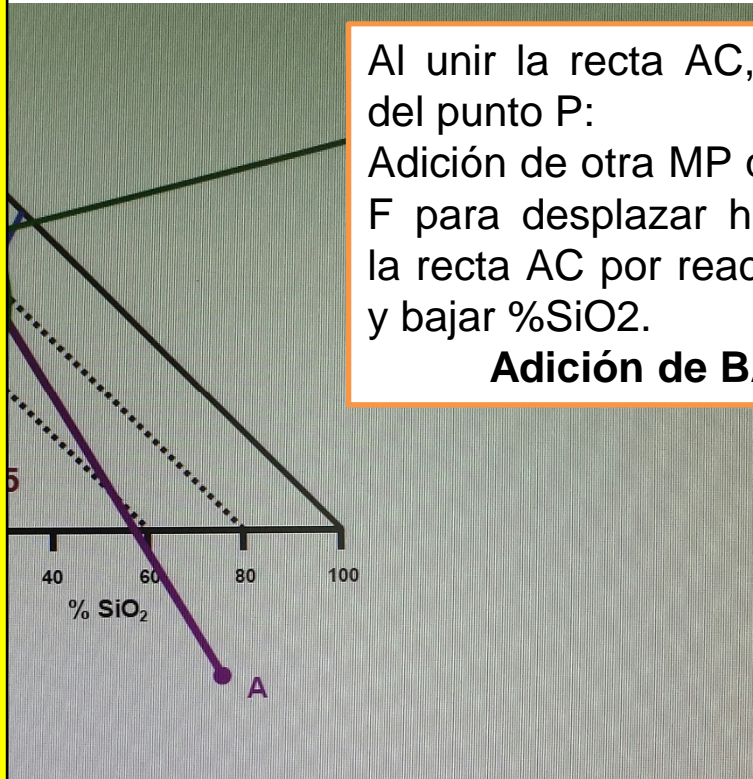
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

SELECCIÓN DE MATERIAS PRIMAS. FORMA GRÁFICA: EJEMPLO



Al unir la recta AC, pasa alejada del punto P:
Adición de otra MP que aporte A y F para desplazar hacia izquierda la recta AC por reacción con CaO y bajar %SiO₂.

Adición de BAUXITA

%	Bauxita
SiO ₂	10,3
Al ₂ O ₃	62,6
Fe ₂ O ₃	24,3
Otros	2,8
Pérdidas al fuego	0,7

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

CIÓN DE MATERIAS PRIMAS. FORMA GRÁFICA: EJEMPLO

AS DE LA BAUXITA

X_b (% SiO₂) = 10,3 (dato directo de la tabla)

Y_b (% CaO) Hay que calcularlo:

- CaOAF4C = 1,4 · 24,3 = 34,02 partes de CaO
 - Al₂O₃ AF4C consumida = 0,64 · 24,3 = 15,6 partes de Al₂O₃
- (ya que relación Al₂O₃ : Fe₂O₃ > 1):
- Al₂O₃ resto = Al₂O₃ inicial – Al₂O₃ AF4C = 62,6 – 15,6 = 47 partes de Al₂O₃
 - CaOA3C = 1,65 · 47 = 77,55 partes de CaO

$$\text{CaOsilicatos} = \text{CaOinicial} - \text{CaOAF4C} - \text{CaOA3C}$$

$$\text{CaOsilicatos} = 0 - 34,02 - 77,55 = -111,6 \quad Y_b$$

o (X_b , Y_b) con el P, obteniendo R

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

CIÓN DE MATERIAS PRIMAS. FORMA GRÁFICA: EJEMPLO

Cálculo de dosificaciones: regla de la PALANCA

Caliza calcinada: **recta AR**

Arcilla calcinada: **recta CR**

Bauxita calcinada: **recta (AR+CR) · (PR/BP)**

Medidas: •AR = 104 •CR = 37 •PR = 11 •BP = 160

Cálculo de la dosificación final:

•104 partes de caliza

•37 partes de arcilla

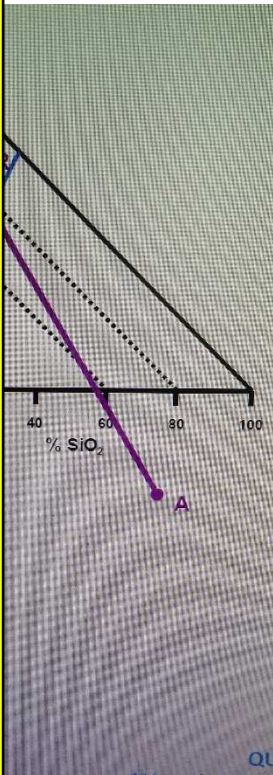
• $(104+37) \cdot (11/160) = 9,7$ partes de bauxita

Hay que considerar las pérdidas al fuego:

Caliza → $104 / (1 - 0,423) = 180$ partes → **77,6%**

Arcilla → $37 / (1 - 0,121) = 42$ partes → **18,1%**

Bauxita → $9,7 / (1 - 0,007) = 10$ partes → **4,3%**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

de los cementos

RESISTENCIA MECÁNICA.

- **Resistencia química:** reacciones con agua de mar, aguas carbónicas.
- **Velocidad de hidratación** (previa a su aplicación).
- **Calor desprendido en hidratación** (si es elevado, puede dificultar cierto tipo de construcciones, como hormigón de grandes masas).

	S3C	S2C	AF4C	A3C	F2C
Hidratación	Alta	Baja	Alta	Alta (instant.)	Alta
Velocidad de hidratación	Alta	Baja	Baja	Alta	Baja
Resistencia química	Alta (ráp)	Alta (lenta)	Muy baja	Muy baja	Muy baja
Calor desprendido	Aceptable	Alta	Alta	Muy baja	Alta

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 --
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

EMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

Constituyentes: Silicatos cálcicos (S2C y S3C)

Se añaden en un cemento por elevada resistencia mecánica: 60-80%.

En cemento a base de SiO_2 y CaO es difícil obtenerlo por medios actuales por: imposibilidad (mezclas muy refractarias): necesidad de elevadas T ($>2000\text{ }^\circ\text{C}$).

Se favorecen las reacciones entre los sólidos.

Se requiere una molienda más fina: Mayores costes energéticos.

Se añaden fundentes (Fe_2O_3 y Al_2O_3) por lo que aparece fase líquida que disuelve y permite trabajar a menores temperaturas.

Se requieren también adiciones de pirita o bauxita.

El S2C aumenta velocidad de hidratación. Desarrollo más rápido de resistencia. Se puede utilizar antes la obra en servicio (al mes de amasado, el S3C toma casi toda su resistencia).

El S3C disminuye velocidad de hidratación. Tarda más en desarrollar resistencia (varios meses).

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

Constituyentes: Aluminato cálcico (A3C)

(arse) → $A_4C \cdot 12H_2O$

cia química obliga, a veces, a **forzar la dosis de Fe_2O_3** en los crudos de forma que la caliza prima pueda pasar a AF4C → Este exceso de Fe_2O_3 puede pasar a formar F2C.

hidratación → los cementos con este constituyente **fragan enseguida**, casi de inmediato (antes de dar tiempo para su puesta en obra, inutilizándose) → se agrega **de yeso** al cemento para retrasar el fraguado.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

El cemento Portland (más común) está formado por Clínquer + Yeso (< 2%)

Composición del clínquer:

SiO₂: 40-50%

Al₂O₃: 20-30%

CaO: 10-15%

Fe₂O₃: 5-10%

Yeso: Regulador del fraguado.

Composición del cemento Portland:

5% óxido de calcio

1% óxido de silicio

7% óxido de aluminio

0.5% óxido de hierro

0.1% óxido de magnesio (impurezas)

0.1% sulfatos (del yeso)

Otros (agua, CaO, TiO₂, P₂O₅, SrO, Mn₂O₃, etc.)

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

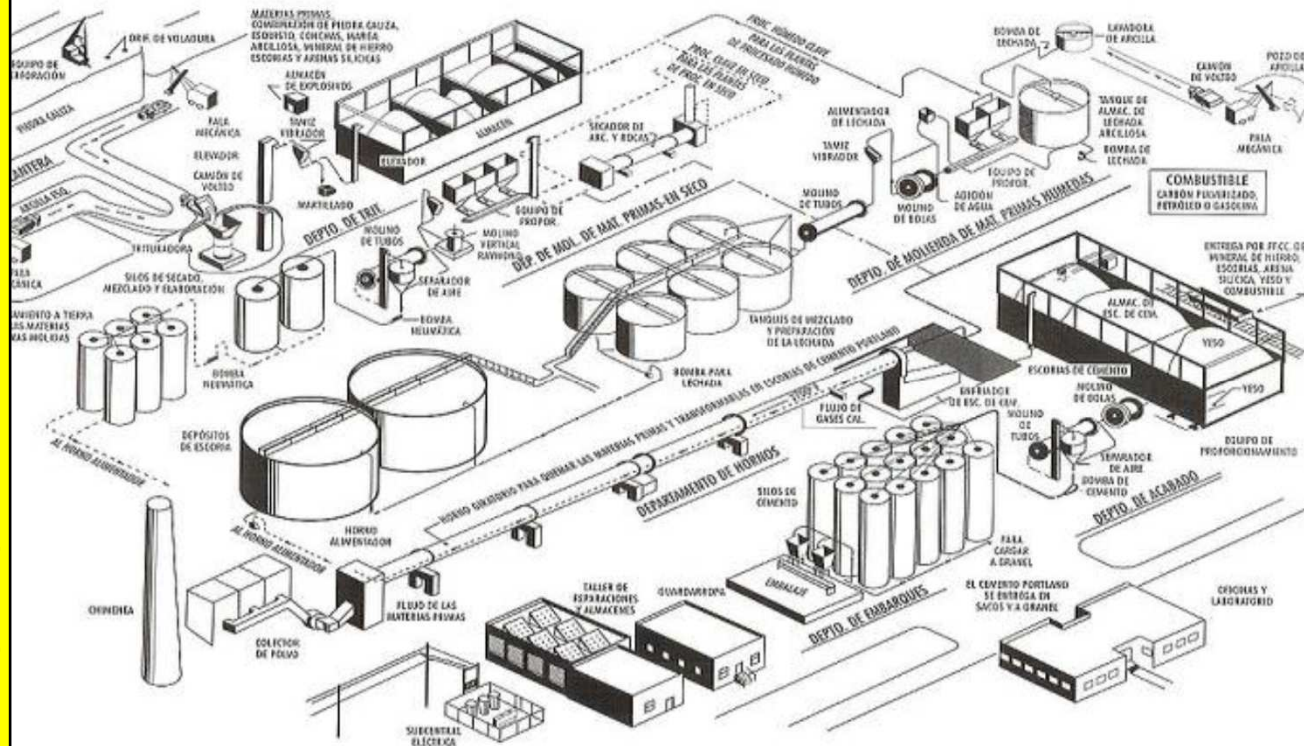
TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

PORTLAND



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

CEMENTO PORTLAND: Resistencia mecánica

mezclado con agua da un producto de características plásticas con propiedades que solidifica en algunas horas después y endurece progresivamente durante un periodo de varias semanas hasta adquirir su resistencia característica: Proceso de

Desarrollo del cemento Portland: --- estructura cristalina de calcio-silicato-hidrato.

Desarrollo del cemento Portland: --- estructura cristalina de calcio-silicato-hidrato. --- endurecimiento y el desarrollo de fuerzas internas de tensión: reacción más lenta del agua con el S3C formando una estructura amorfa llamada calcio-silicato-

Cemento Portland + arena : MORTERO

Cemento Portland + piedra: HORMIGÓN

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

PORTLAND. FRAGUADO: Efecto de la adición de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

tiempo de fraguado inicial del cemento:

En presencia del yeso, no se hidrata de inmediato sino que reacciona con el yeso formando con ello un sulfoaluminato: $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ llamado ETRINGITA. La concentración de A3C está por debajo de la precisa para que empiecen a separarse sus cristalinicos.

La adición de yeso debe ser $< 2\%$ por posibles dilataciones dentro del cemento fraguado y deformaciones.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

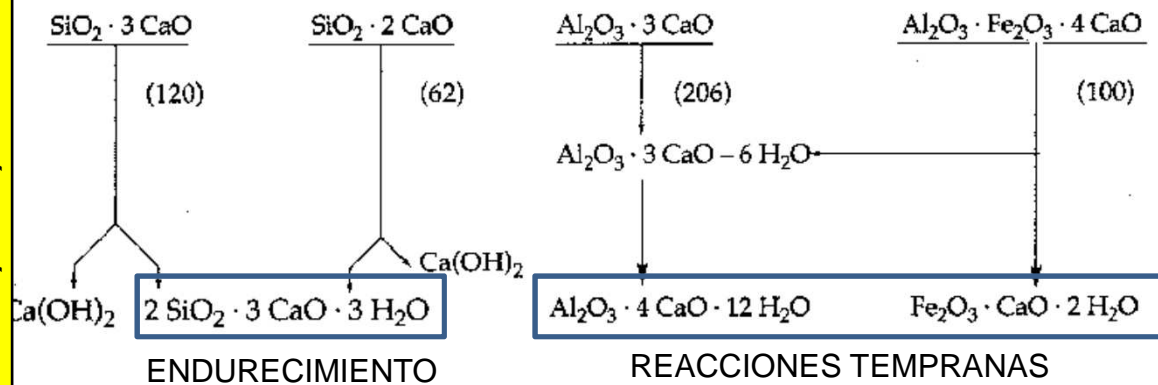
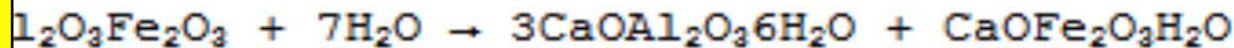
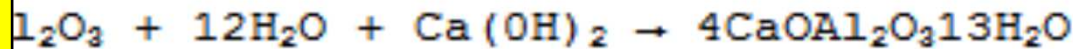
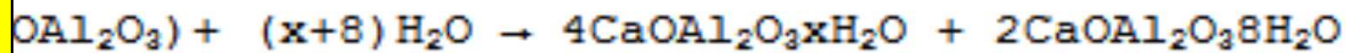
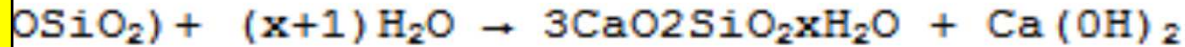
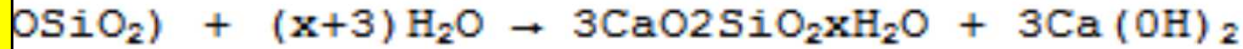
TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

PORTLAND. FRAGUADO: REACCIONES DE HIDRATACIÓN



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

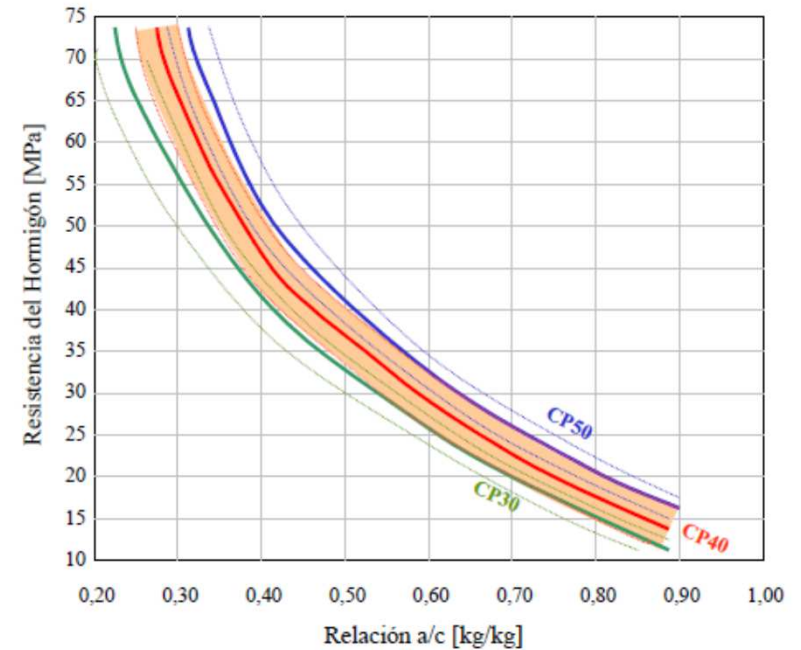
PLAND. FRAGUADO: ENDURECIMIENTO

Relación agua-cemento (A/C)

se forman los hidratos de aluminato y de silicato sobre gránulos de cemento.

En la hidratación pasa a disolución de los geles coloidales y provocando su **interpenetración del gel** de unos granos con otros. Fuerzas responsables de la cohesión de este aglomerante.

Los **elementos del hormigón** (arena, grava, etc.) **se unen entre sí por fuerzas de adhesión** por lo mismo son capaces de **adherirse a los elementos del hormigón** (arena, grava, etc.) **cementándolos**.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

PORTLAND. FRAGUADO: POROSIDAD DEL GEL DE TOBERMORITA S2C.2H2O

ca:

gro por congelación de agua retenida en los poros □ fracturas.

neabilidad del hormigón, absorbe agua, la incorpora al gel: hinchamiento.

mica:

eso de agresivos a la masa del cemento.

porosidad:

es de aire: adición de jabones que provocan millones de burbujitas que absorben
ones interiores de presión.

: aumento de la compacidad.

as superficies con películas (pinturas bituminosas, resinas sintéticas).

n de silicatos alcalinos que forman in situ gel de sílice.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

OTROS: CEMENTO BLANCO

Similar al Pórtland, pero con dos

Composición: Consta de A3C, S2C y S3C y **compuestos férricos** (colorea el cemento). En la práctica se buscan materias primas (caolines) con la menor proporción de impurezas ferruginosas o de

Procesamiento: operaciones (trituración-geneización, cocción, molienda) se realizan en **condiciones que eviten la oxidación**.

En la fabricación de C3 (fundente) se utilizan **criolita** y **fluorita** y CaF₂, poseen mecanismo de acción para activar la sílice y facilitar su hidratación (al).

OTROS CEMENTOS: CEMENTO ALUMINOSO

- MP principales: **Bauxita y Caliza** (sin adiciones)
- Componentes mineralógicos:
- Principal: AC**, acompañado de 3C5A y 5C3A.
- Secundarios:** S2C, ASC2 y compuestos ferruginosos.
- Reacción:** AC se hidrata y produce A2C y alúmina hidratada, no dejando cal libre por lo que tiene mayor resistencia química. No obstante el S2C al hidratarse su deja una cierta cantidad de cal libre como se vio para el cemento Pórtland.
- Características:
- Vertido en **lingoteras** (control de enfriamiento para regular el fraguado).
- Rapidez** en la que adquiere **resistencia mecánica**.
- Problema de la **aluminosis:** el aluminato cálcico hidratado que se forma al fraguar cristaliza en el sistema hexagonal y en forma metaestable, que por el tiempo y la T puede pasar a cúbica, más estable y de menor volumen. El hormigón pierde resistencia y aumenta su porosidad, lo que hace vulnerables las armaduras a la acción de los gases

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

TIPOS DE CEMENTO Y PROPIEDADES

Main types	Notation of the 27 products (types of common cement)		Composition (proportion by mass 1)										Mncr additional constituents	
			Main constituents											
			Clinker K	Blastfurnace slag S	Silica fume D, 2	Natural Pozzolana		Fly ash		Burnt shale T	Limestone*			
			natural P	calclined Q	siliceous V	calcareous W		L	LL					
CEM I	Portland cement	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-slag cement	CEM III/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-silica fume cement	CEM III/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Portland-pozzolana cement	CEM III/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Portland-fly ash cement	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
	Portland-burnt shale cement	CEM III/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
	Portland-limestone cement	CEM III/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
	Portland-composite cement	CEM III/A-M	80-94	----- 6-20 -----						-----		-	0-5	
		CEM II/B-M	65-79	----- 21-35 -----						-----		-	0-5	
CEM III	Blastfurnace cement	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Pozzolanic cement	CEM IV/A	65-89	-	----- 11-35 ----->						-	-	0-5	
		CEM IV/B	45-64	-	<----- 36-55 ----->						-	-	0-5	
CEM V	Composite cement	CEM V/A	40-64	18-30	-	<----- 18-30 ----->			-	-	-	-	0-5	
		CEM V/B	20-36	31-50	-	<----- 31-50 ----->			-	-	-	-	0-5	

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

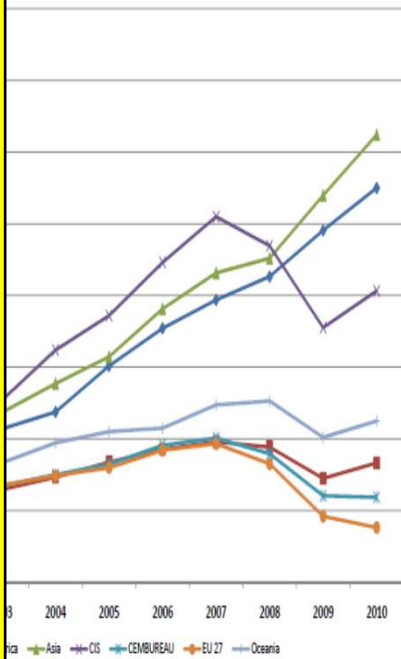
TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRÁULICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

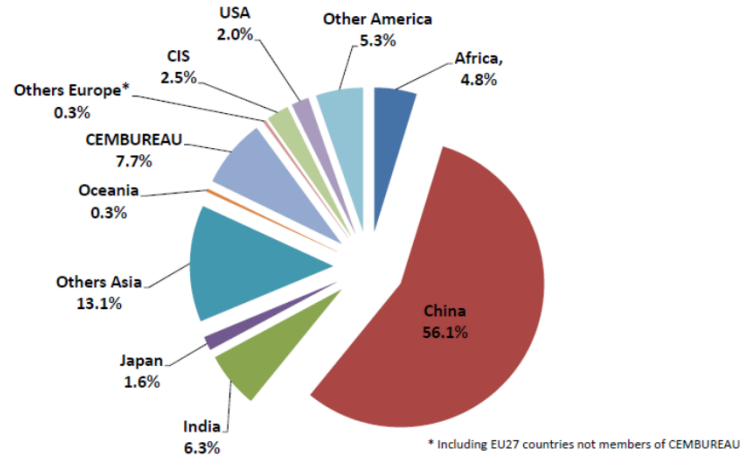
INDUSTRIA DEL CEMENTO

DATOS ESTADÍSTICOS

Production by Region - Evolution 2000-2010
Index 2000 = 100



World cement production 2010, by region and main countries
3.3 billion tonnes



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

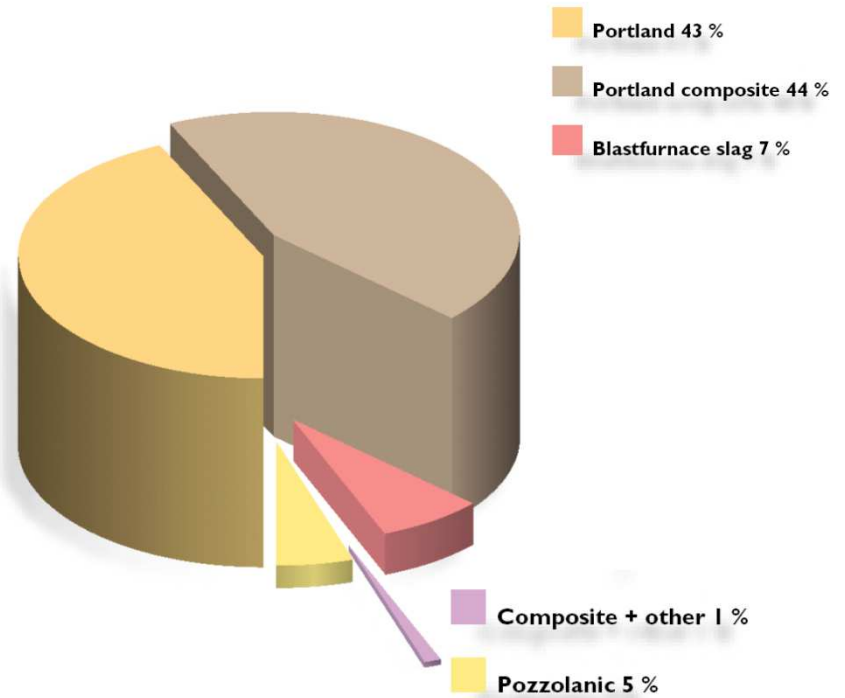
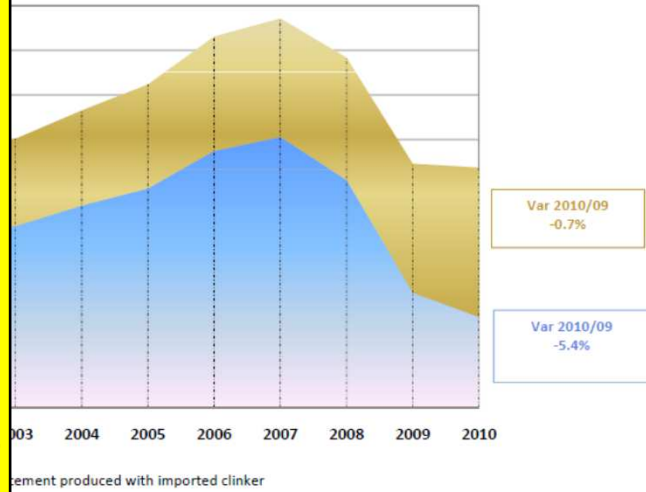
TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

DATOS ESTADÍSTICOS

Production in CEMBUREAU and EU27 countries
Million tonnes



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

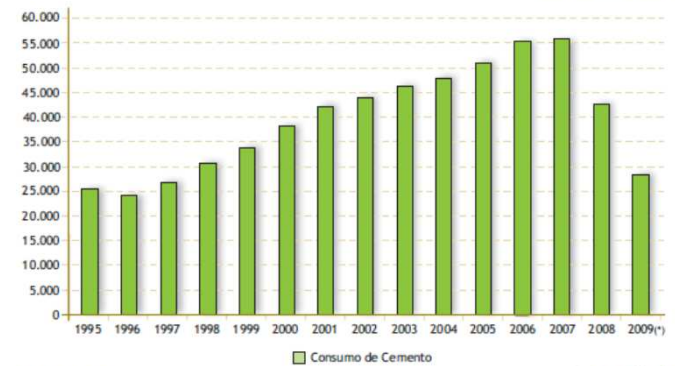
CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

INDUSTRIA DEL CEMENTO

DATOS ESTADÍSTICOS



Evolución del consumo de cemento en España
Miles de toneladas

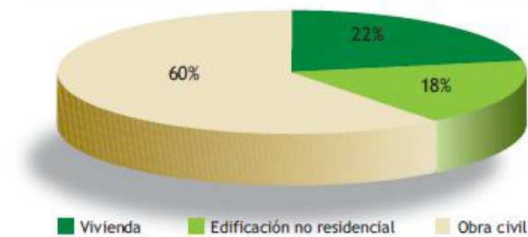


Fuente: Oficemen

(*) Dato provisional

Destino final consumo de cemento

2009



Fuente: Oficemen

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

EMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

FABRICACIÓN Y APLICACIONES DEL YESO

CARACTERÍSTICAS DEL YESO

algez está muy difundido en la litosfera.

$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

primas: piedra de yeso o algez ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), anhidrita (CaSO_4).

ducto industrial, hemihidrato: $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$

o externo puede ser netamente cristalino o amorfo; en este caso los on irregulares y están entremezclados de tal forma que le dan un o cristalino.

ta en las siguientes variedades:

hinar: formación casi transparente, dura y muy pura.

osa: muy pura, formada por fibras cristalinas que dan un aspecto oso.

linaria o común: muy compacta y sin señales aparentes de cristalización, es la más frecuente.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

FABRICACIÓN Y APLICACIONES DEL YESO

PROCESO DE FABRICACIÓN Y TIPOS

ata la T hasta lograr el desprendimiento total de agua, fuertemente se obtienen diferentes yesos

Piedra de yeso o algez

Yeso hemihidrato: $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$: capacidad de fraguar y endurecerse por rehidratación a dihidrato (conglomerante aéreo)

Yeso para estuco (deseccación del hemihidrato, fraguado más rápido)

Yeso con ligero residuo de agua: fraguado lentísimo y gran resistencia

Yeso de fraguado aparentemente rápido, pero muy baja resistencia

Yeso anhidro o extra cocido, de fraguado lentísimo o nulo . Yeso muerto

Empieza a formarse el yeso hidráulico

Yeso hidráulico normal, de pavimento o Estrich

Yeso hidráulico con proporción de cal libre y fraguado más rápido

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

SEQUESTRAMIENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

FABRICACIÓN Y APLICACIONES DEL YESO

COCCIÓN

CONTACTO

de cuba

erica, de eje vertical, de unos 5 m. de altura, y están realizados en
or la parte superior y se vacían por puertas de descarga situadas en la
n bloques de 10 a 20 cm de diámetro, se mezcla con capas alternadas
e.
a una selección exagerada del yeso ni del combustible, de modo que
s tanto lignitos como otros combustibles muy pobres.

tatorios

cionamiento sobre los anteriores por la agitación constante a que se
sa.
torio cilíndrico, de eje ligeramente inclinado para facilitar la salida del
nviados al interior del horno a elevada temperatura.



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
--
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

FABRICACIÓN Y APLICACIONES DEL YESO

COCCIÓN

CONTACTO

Las características de la industria yesera: cuerpo cilíndrico de acero (1-1,25 m. diámetro; 1,8-4,2 m. altura).

En la parte superior de la caldera hay una trampilla para la introducción de la piedra y un tubo de ventilación que conduce los vapores desprendidos a un colector.

El calor corre a cargo de unos tubos horizontales que atraviesan la caldera de

un eje vertical evita que se produzcan sobrecalentamientos en la masa.

hornos

se basan en su fundamento a los hornos con contacto con gases, pero con menor

gasto en su sistema de calefacción: gases van por la periferia. Menor gasto que en los hornos con control del producto durante el cocido.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

TEMA 3.3

CEMENTO Y LOS CONGLOMERANTES HIDRAÚLICOS. LA CALIZA COMO MATERIA PRIMA.

FABRICACIÓN Y APLICACIONES DEL YESO

APLICACIONES

APLICACIONES

de cemento pórtland (agente de fraguado).

de vinos.

de suelos (disminución de acidez).

industria del papel.

odontología (moldes) y uso quirúrgico (inmovilización de huesos).

esculturas.

moldeo de arcillas por colado.

FABRICACIÓN Y APLICACIONES DEL YESO

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

- F. Estudio de Materiales. Tomo I. Revista de Obras Públicas, Madrid, 1977.
- Commission. Reference Document on Best Available Techniques in the Lime Manufacturing Industries. Documento pdf. www.jrc.es, diciembre 2001.
- Lime Association. www.lime.org. Página web de la asociación lime y canadiense de fabricantes de caliza que recoge información sobre procesos productivos y aplicaciones.
- Roby, A. Introducción a la Química Industrial 2ª Ed. Reverté, Barcelona, 1997.
- www.flemmureau.be/sites/default/files/Activity_Report_2010.pdf

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70