



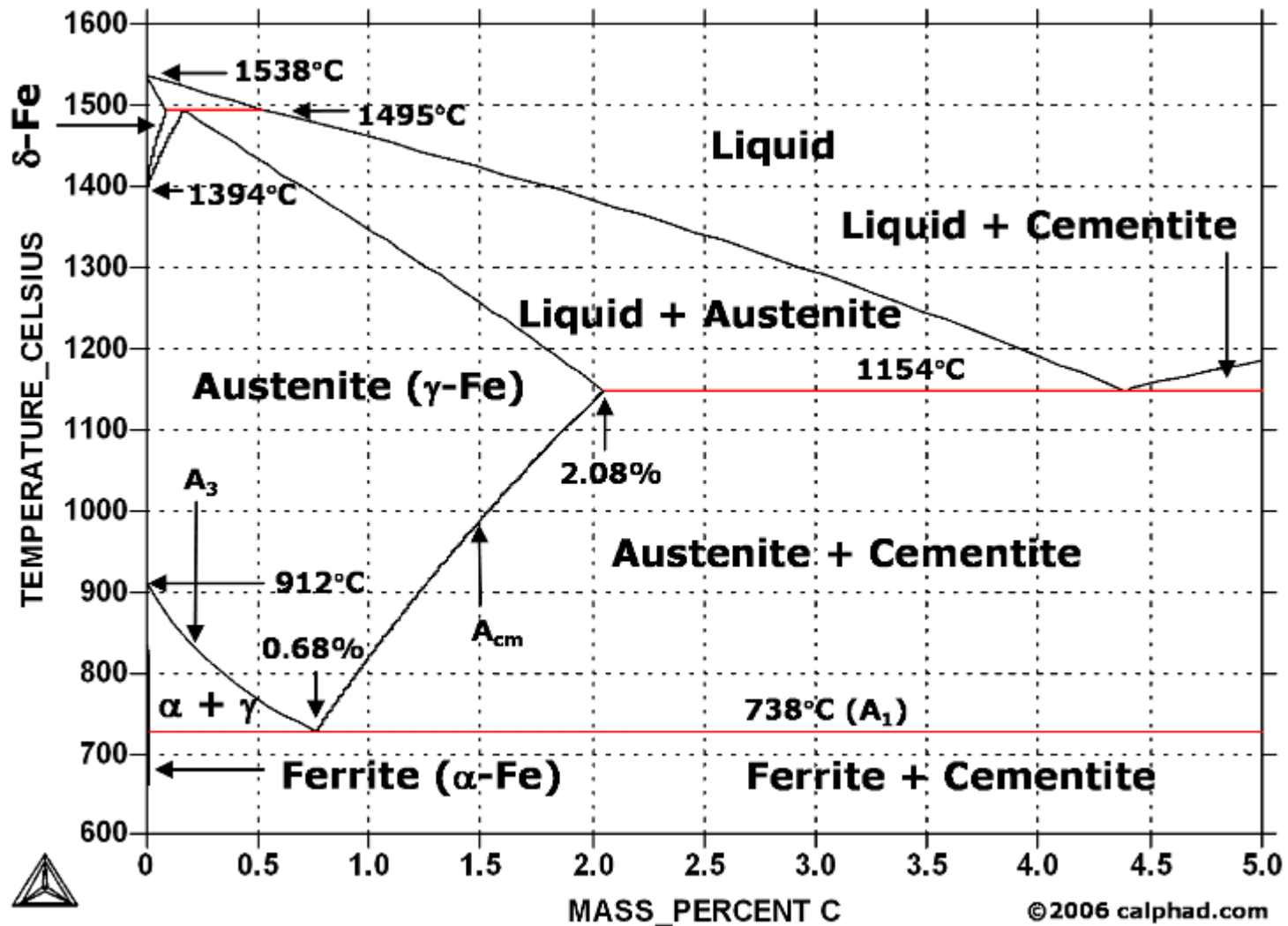
Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Metales y Cerámicos

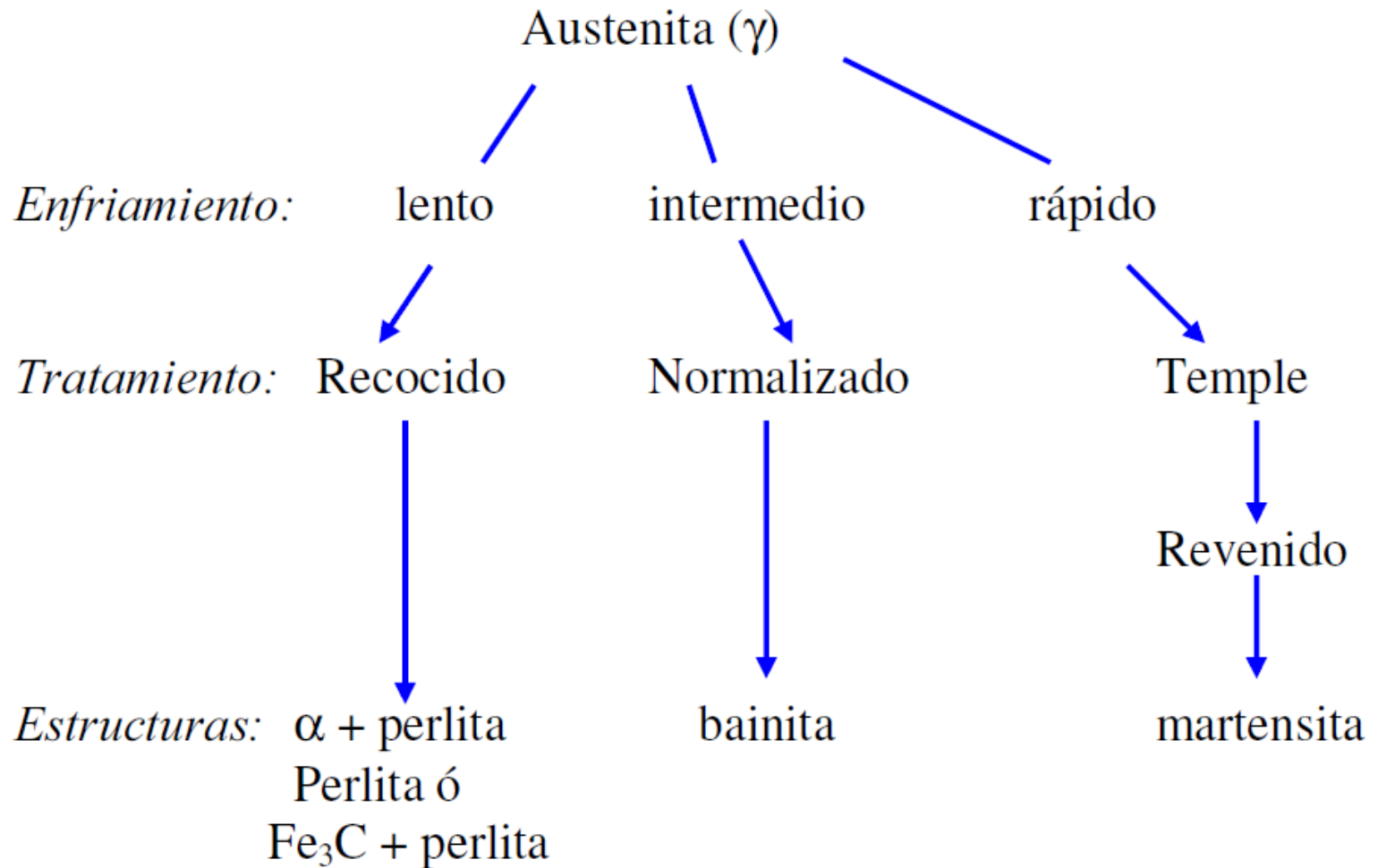
CI3501 – Materiales de Construcción

Rodrigo Bahamondes S.

Tratamientos Térmicos de Aceros

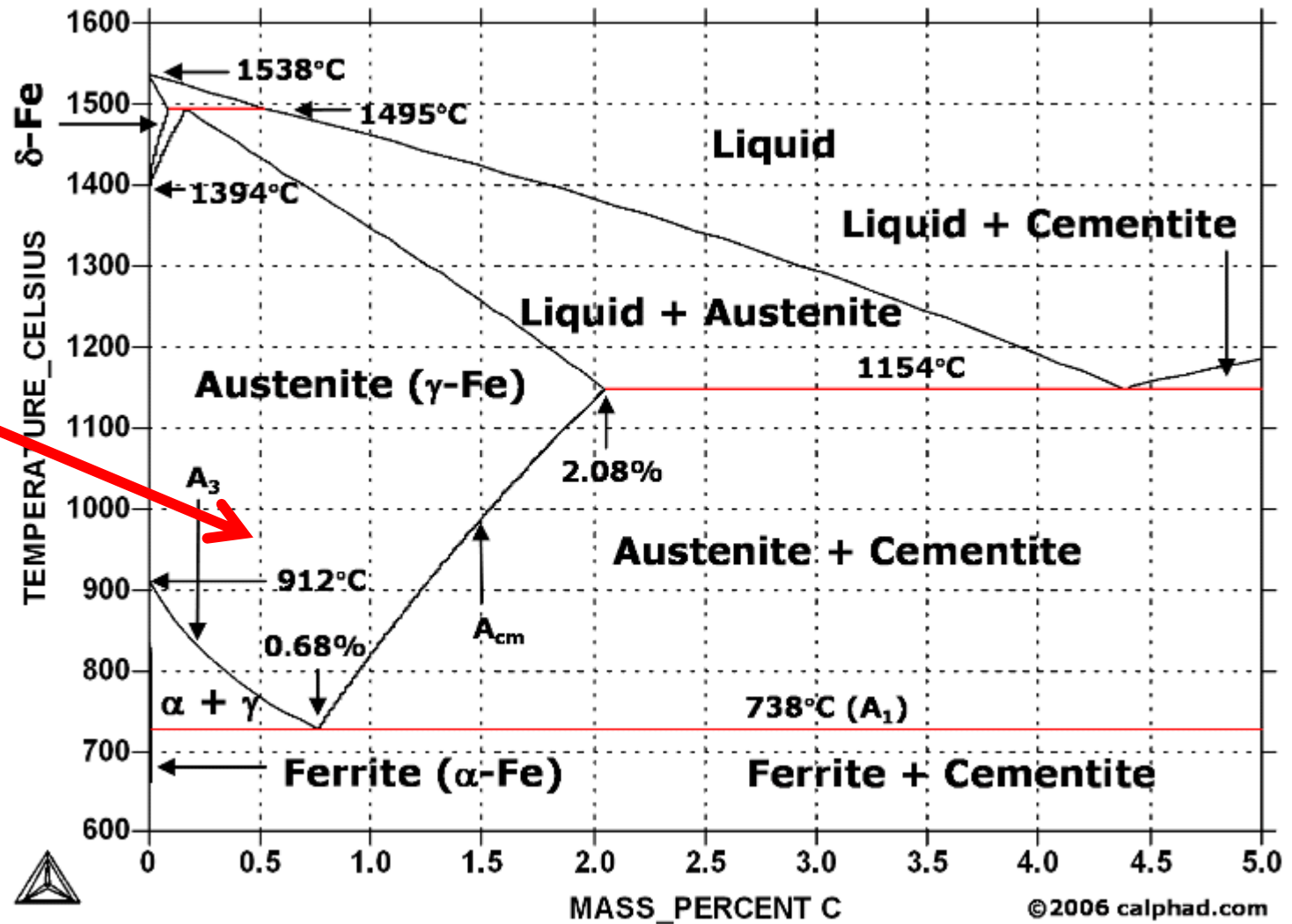


Tratamientos Térmicos de Aceros



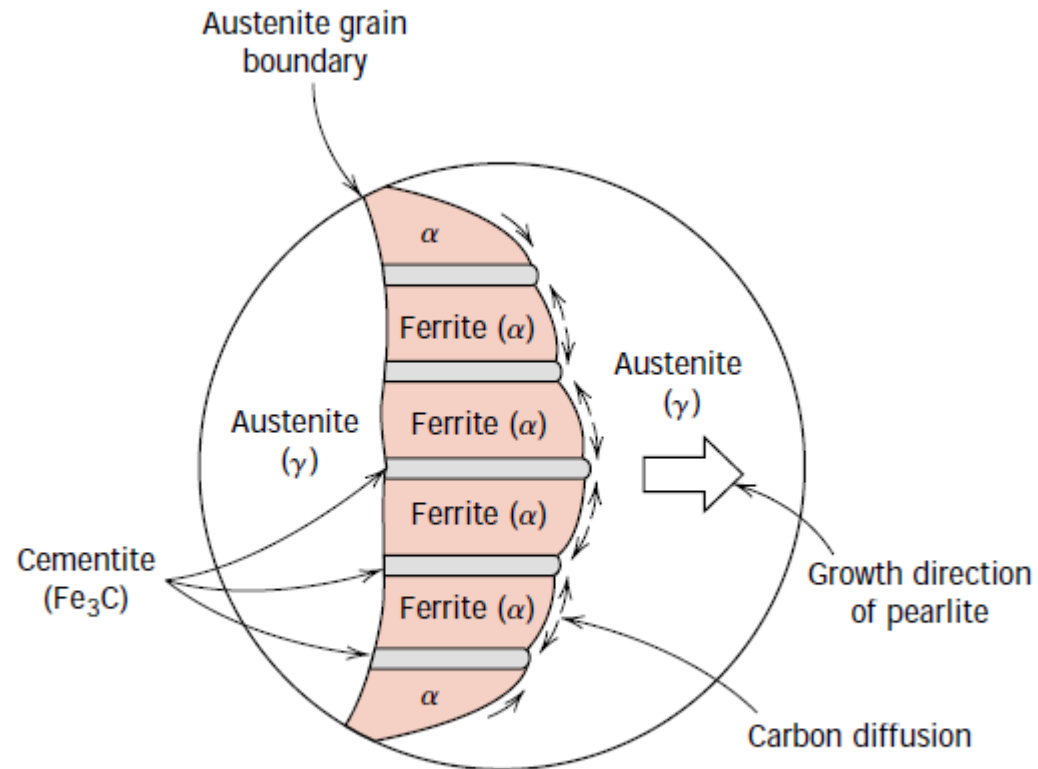
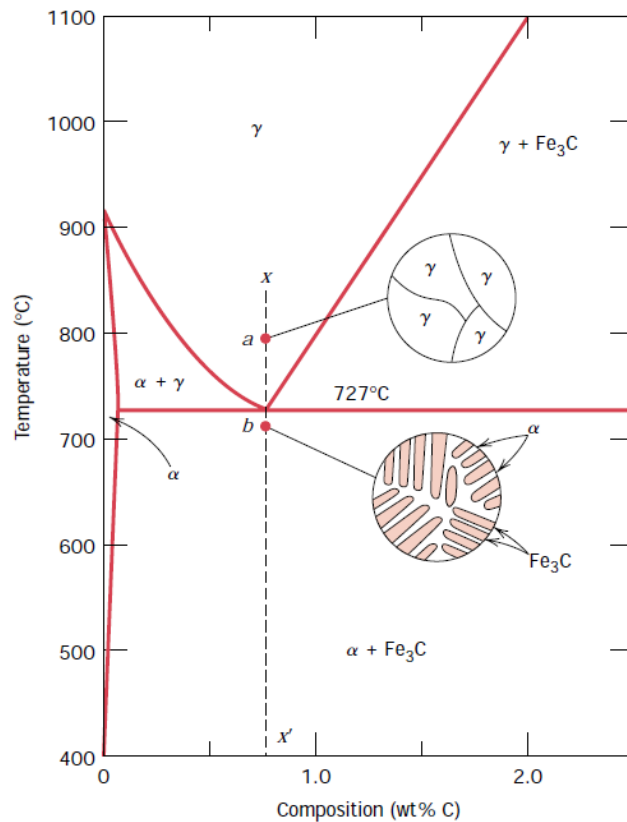
Tratamientos Térmicos de Aceros

A_1
 lento
 Recocido
 $\alpha + \text{perlita}$
 Perlita ó
 $\text{Fe}_3\text{C} + \text{perlita}$



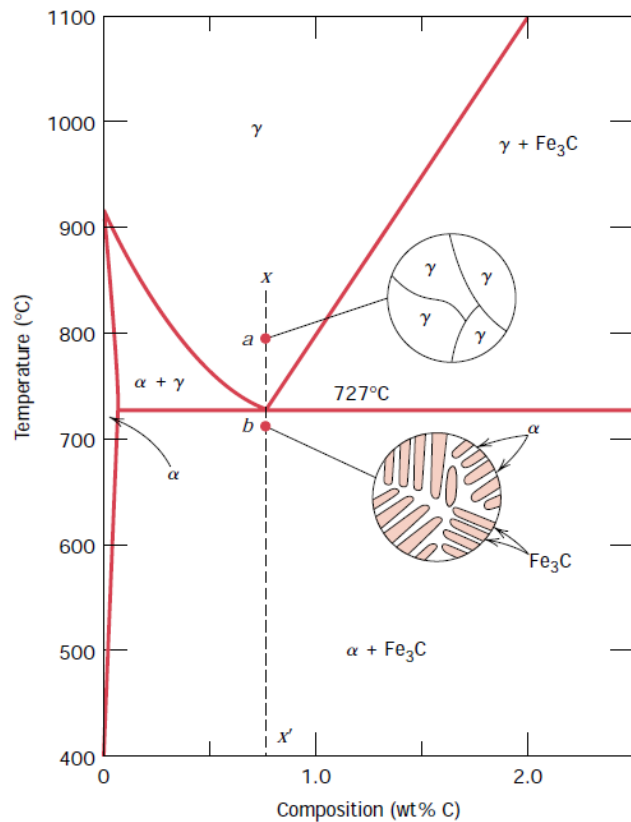
Tratamientos Térmicos de Aceros

Recocido → Perlita + Ferrita o Cementita

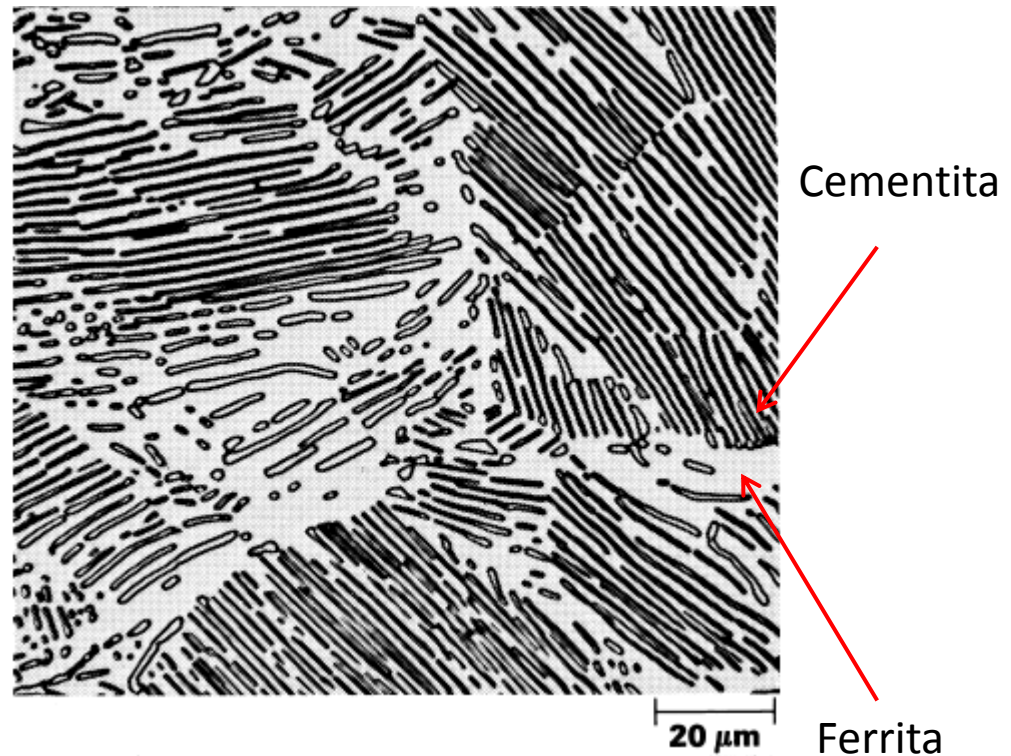


Tratamientos Térmicos de Aceros

Recocido → Perlita + Ferrita o Cementita

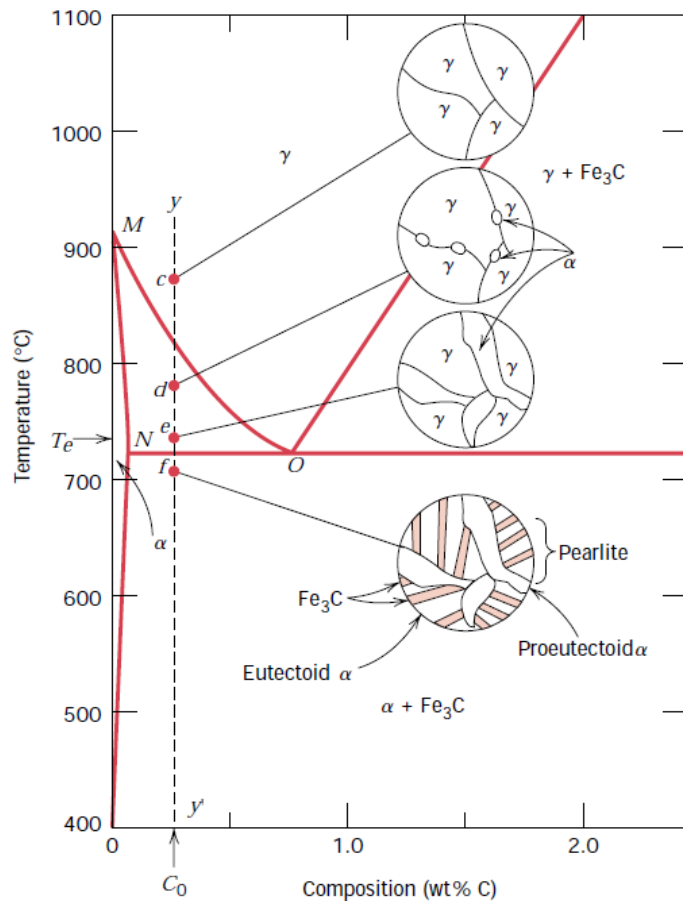


Perlita pura (Acero Eutectoide)

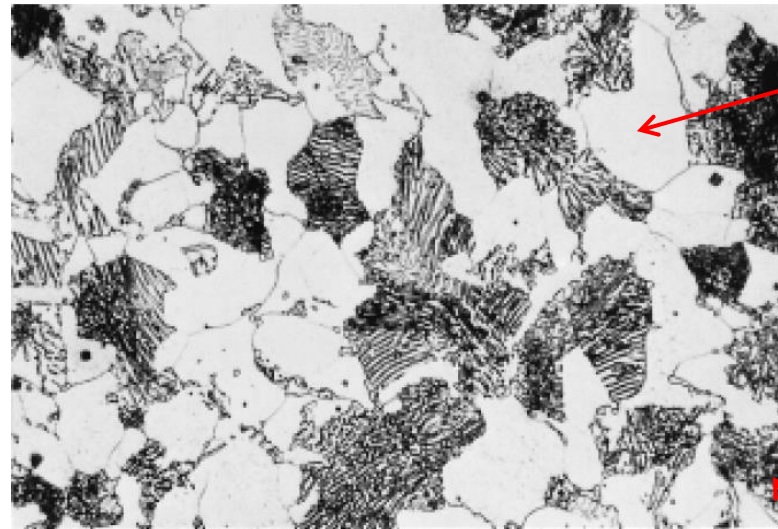


Tratamientos Térmicos de Aceros

Recocido → Perlita + Ferrita o Cementita



Perlita + Ferrita Proeutectoide (Acero hipoeutectoide)



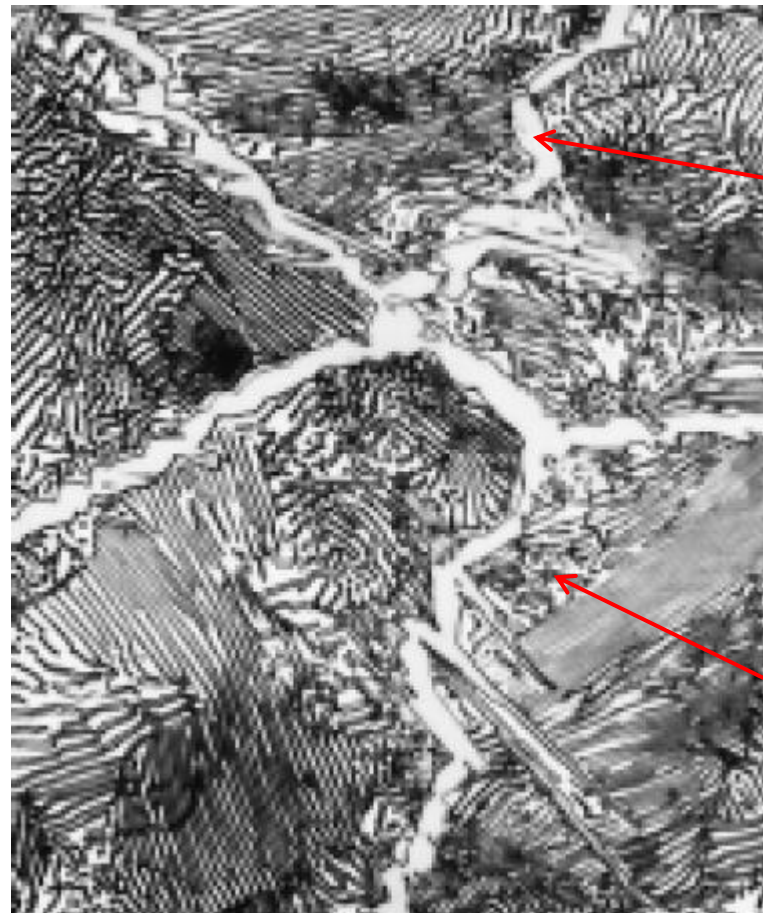
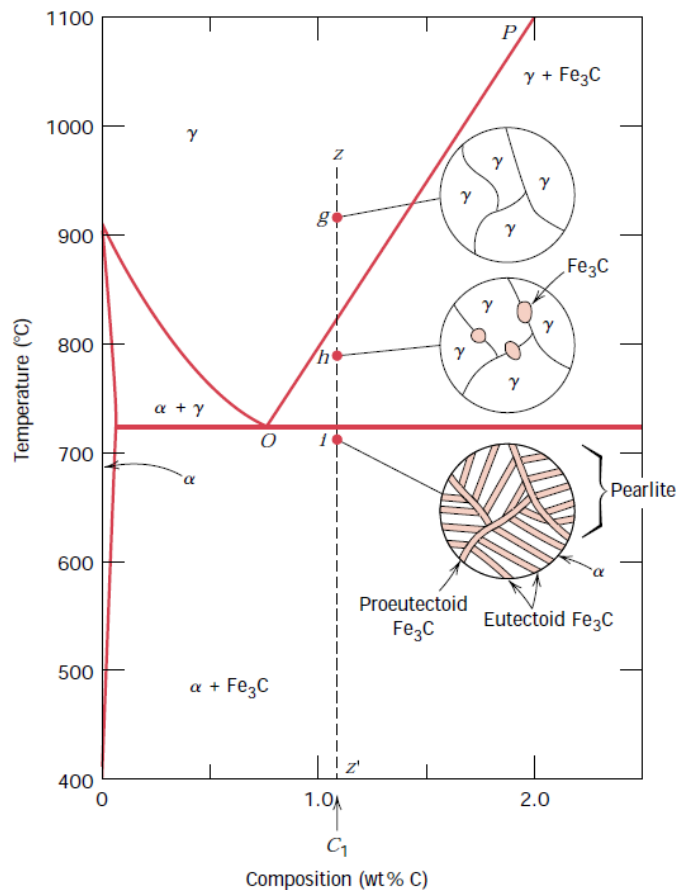
Ferrita

Perlita

Tratamientos Térmicos de Aceros

Recocido → Perlita + Ferrita o Cementita

Perlita + Cementita Proeutectoide (Acero hipereutectoide)

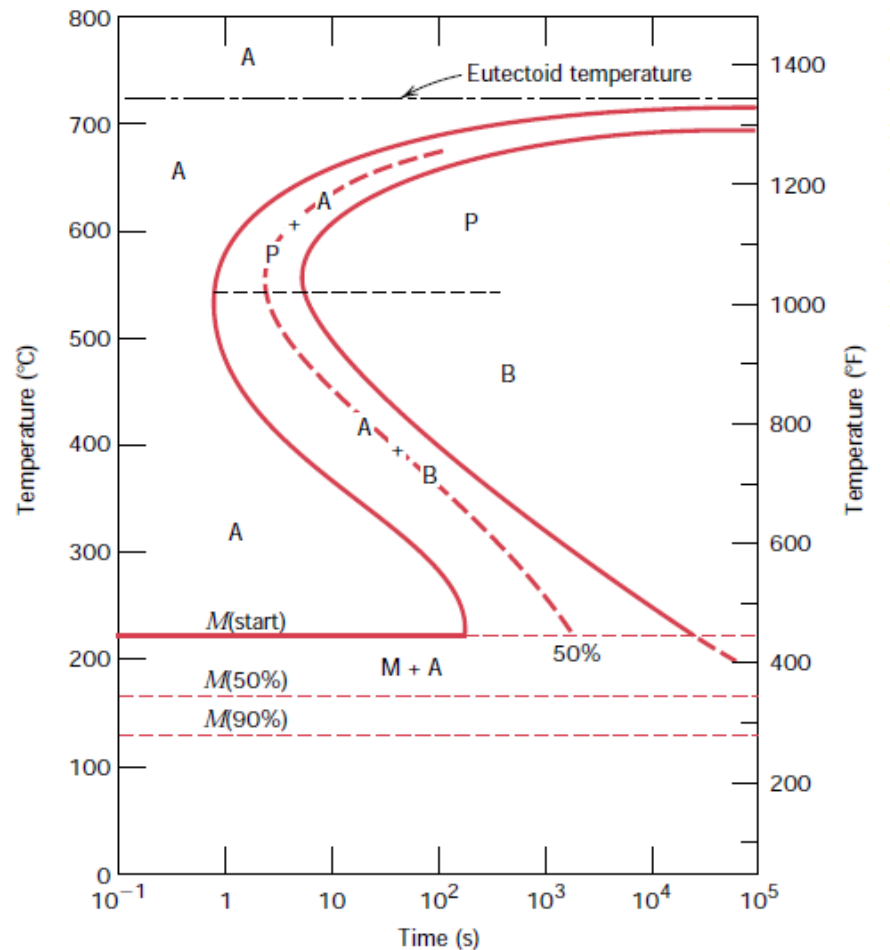


Cementita

Perlita

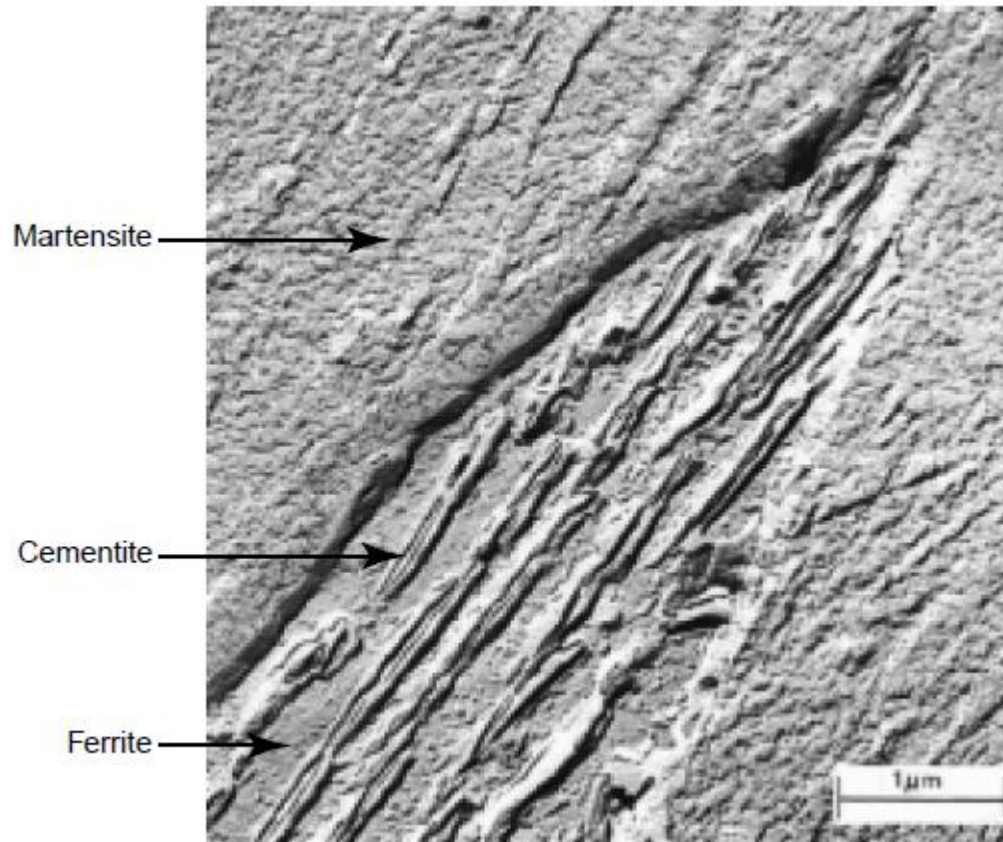
Tratamientos Térmicos de Aceros

¿Dónde se encuentran las microestructuras fuera del equilibrio? → Diagramas TTT



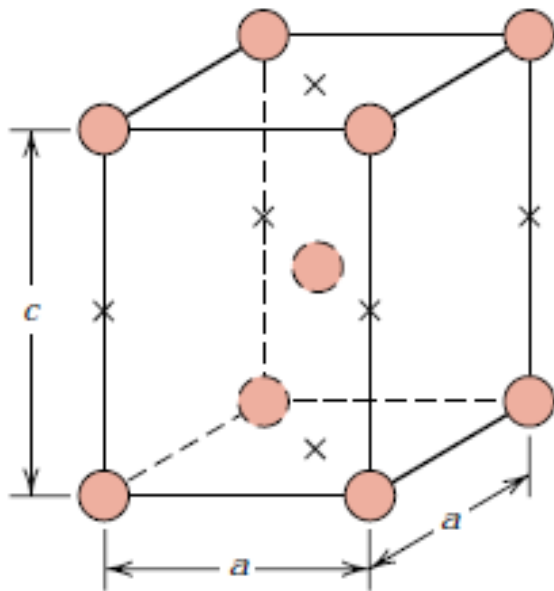
Tratamientos Térmicos de Aceros

Normalizado → Bainita (enfriamiento intermedio)



Tratamientos Térmicos de Aceros

Recocido → Martensita



Martensita

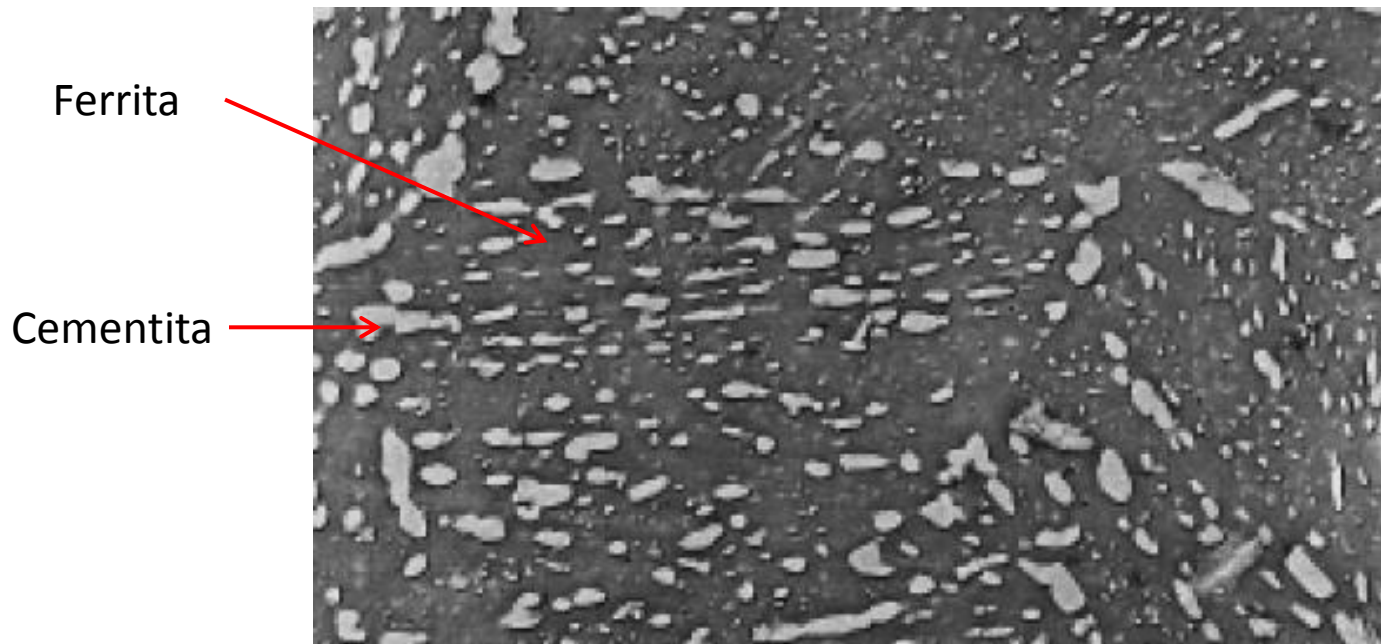
Austenita Retenida



Estructura Acicular (aguja)

Tratamientos Térmicos de Aceros

Recocido → Martensita → Revenido → Martensita Revenida



martensite (BCT, single phase) → tempered martensite (α + Fe_3C phases)

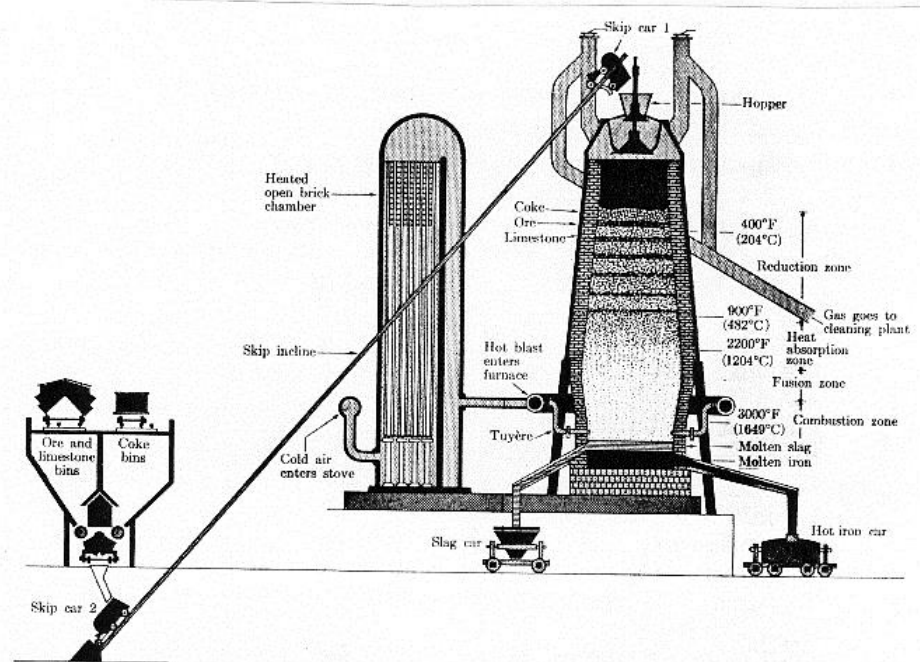
Procesos de Producción de Aceros

Proceso de producción del acero

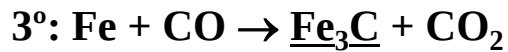
* *Materias primas* (minerales de Fe, combustibles, fundentes)

- Minerales de Fe $\Rightarrow$
 - Magnetita (Fe_3O_4 + ganga)
 - Hematites (Fe_2O_3 + ganga)
 - Limonita ($2\text{Fe}_2\text{O}_3$ + ganga)
 - Siderita (FeCO_3 + ganga)
 - Ganga $\Rightarrow$ SiO_2 , Al_2O_3 , CaO , MgO , etc
(material no deseado)
 - Impurezas $\Rightarrow$ S, P, As, Si, Mn, etc.
- Fundente $\Rightarrow$ CaO (Ayuda a la purificación del acero)
- Combustible $\Rightarrow$ coque y/o carbón vegetal (Aporte de C)

Procesos de Producción de Aceros



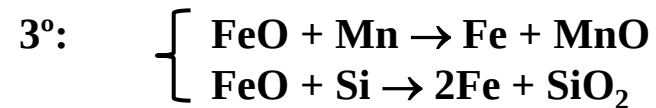
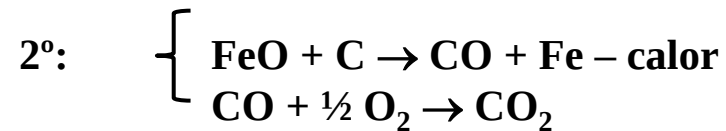
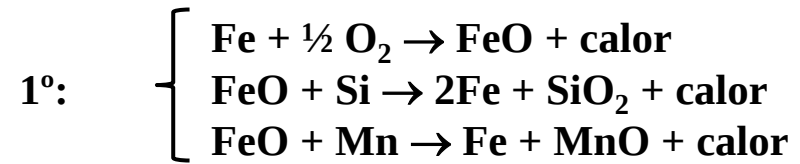
Reacciones en el alto horno



Producto final del alto horno: Arrabio (Fe + Fe₃C + impurezas)
% C > 2 % (Hierro Fundido!)

Procesos de Producción de Aceros

a) Convertidores



Producto final del Convertidor: Aceros + (P, S)

Procesos de Producción de Aceros

b) Horno Siemens-Martin

Reacciones:

- Etapas 1º a 3º igual a reacciones en Convertidores

- $\text{FeO} + \text{P} \rightarrow \text{P}_2\text{O}_5 + \text{Fe} + \text{calor}$

4º: $\begin{cases} \text{P}_2\text{O}_5 + \text{CaO} \rightarrow (\text{CaO})_4\text{P}_2\text{O}_5 \\ \text{FeS} + \text{CaO} \rightarrow \text{FeO} + \text{CaS} \end{cases}$

defosforación
desulfuración

Producto final: Aceros (sin P ni S)

- Clasificación de aceros, aleaciones de aluminio y de cobre → Estudiar!

Materiales Cerámicos

- Arcillas
- Refractarios
- Vidrios
- Cementos
- Abrasivos
- Cerámicas Avanzadas

Cementos

Cementos

- Cementos simples (sulfato de calcio, morteros de yeso, etc.)
- Cementos complejos (cemento portland, etc.)

➤ Clinker:

cal (CaO)	→	C
sílice (SiO_2)	→	S
alúmina (Al_2O_3)	→	A
óxido de hierro (Fe_2O_3)	→	F

Cementos

➤ Clinker:

cal (CaO)	→	C
sílice (SiO ₂)	→	S
alúmina (Al ₂ O ₃)	→	A
óxido de hierro (Fe ₂ O ₃)	→	F

Cementos portland: mezcla de clinker (molido) + 2 a 3% de yeso

➤ Proceso:

- molienda y mezcla, en proporciones adecuadas, de las materias primas (crudo).
- mezcla se somete a temperaturas entre 1400 y 1650 ° C en un horno rotatorio.
- producto obtenido: clinker
- el clinker se enfría, se mezcla con yeso (CaSO₄•2H₂O), y se pulveriza

Cementos

➤ **Clinker:**

cal (CaO) → C
sílice (SiO₂) → S
alúmina (Al₂O₃) → A
óxido de hierro (Fe₂O₃) → F

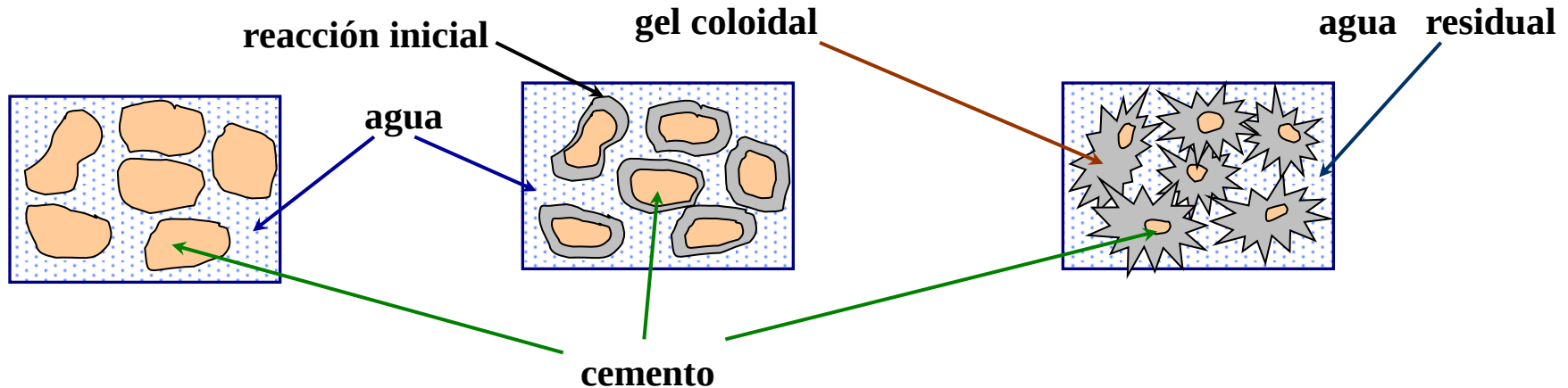
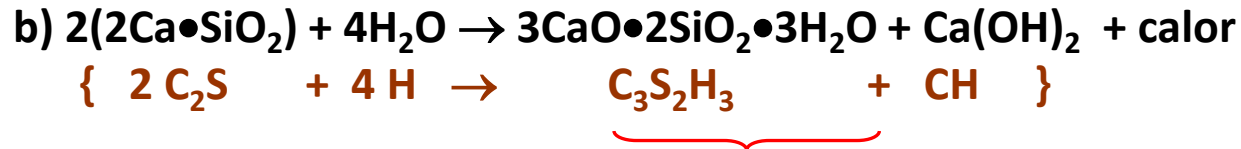
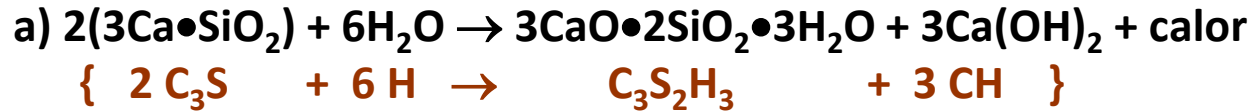
Componente	Fórmula química	Abreviatura
1) silicato tricálcico	3CaO•SiO ₂	C ₃ S
2) silicato dicálcico	2CaO•SiO ₂	C ₂ S
3) aluminato tricálcico	3CaO•Al ₂ O ₃	C ₃ A
4) ferroaluminato tetracálcico	4CaO•Al ₂ O ₃ •Fe ₂ O ₃	C ₄ AF

- El yeso evita reacción química entre 3 y 4 y permite el proceso de FRAGUADO

Cementos

➤ Endurecimiento del cemento:

- reacciona el C_3S y C_2S con el agua (reacción de hidratación)
- produce el silicato tricálcico hidratado (gel coloidal de partículas de menos de $1\text{ }\mu\text{m}$) e hidróxido de calcio (material cristalino)



Cementos

- El fraguado es el proceso de endurecimiento del cemento (pérdida de plasticidad) producto de la reacción química del agua con los silicatos presentes en el material
- Tiempo de fraguado inicial (45 a 60 min): La mezcla pierde plasticidad
- Tiempo de fraguado final (Días): Endurecimiento y solidificación del cemento
- Mayor tiempo de fraguado: Mayor resistencia a la compresión y a la flexión, pero mayor fragilización del material

Hormigones

- Hormigón: Cemento + Arena + piedra (ripio)
- Hormigón armado: Hormigón + estructura metálica
- Pre/post tensado: Se somete a la estructura metálica a esfuerzos de tracción antes/después de recubrir con hormigón
 - Al soltar los esfuerzos, el hormigón se encuentra sometido a esfuerzos de compresión extra que AUMENTAN la resistencia a la tracción del cemento.