

# **METALÚRGIA EXTRACTIVA DEL HIERRO**

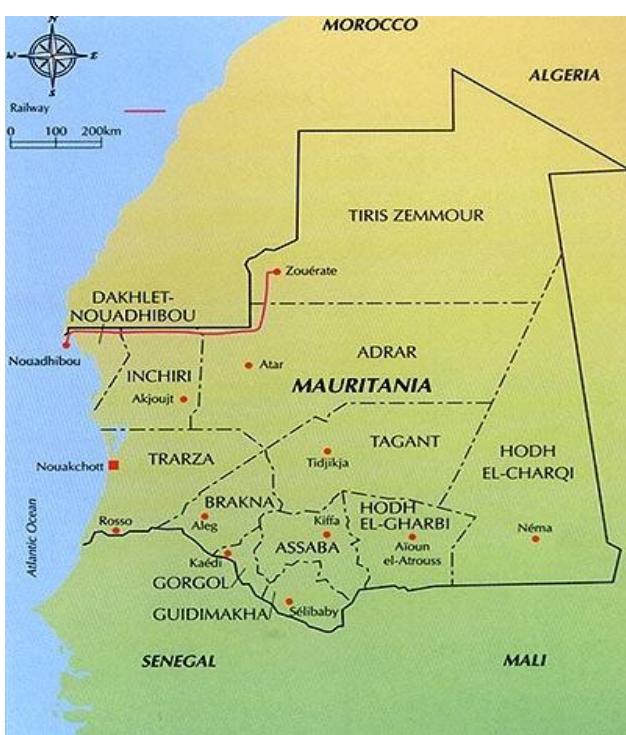
Julio Alberto Aguilar Schafer

# Minerales del hierro

	Nombre	Fórmula	Porcentaje de Hierro
I	<u>Oxidos:</u>		
1).	Oxidos Férricos Anidros:		
a).	<i>Hierro oligistico</i>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70
b).	<i>Hematites rojo</i>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70
2).	Oxidos Férricos Hidratados		
a).	<i>Hematites parda</i>	2 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . 3H <sub>2</sub> O	60
b).	<i>Limonita</i>	2 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . 3H <sub>2</sub> O	60
c).	<i>Hematites oolítica</i>	2 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . 3H <sub>2</sub> O	60
3).	Oxidos Ferrosos Férricos		
a).	<i>Magnetita</i>	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	72.4
II	<u>Carbonatos</u>		
a).	<i>Siderita</i>	FeCO <sub>3</sub>	48.3
b).	<i>Esferoidita</i>	FeCO <sub>3</sub>	48.3
III	<u>Sulfuros</u>		
a).	<i>Pirita de hierro</i>	S <sub>2</sub> Fe	46.6
b).	<i>Calcopirita</i>	FeCuS <sub>2</sub>	30.5

# **EXTRACCIÓN DE HIERRO MINERAL ALREDEDOR DEL MUNDO**

- **Mina de Cielo Abierto para extracción de hierro mineral SNIM**
  - Lugar: Mauritania
  - El gobierno de Mauritania posee el 78% de las acciones de SNIM y el resto lo posee un grupo de financieros árabes
  - La mina extrajo 10.7 MTon / año de mineral en el 2004 y embarcaron 11 Mton, de producto



*Ubicada al norte de Mauritania la mina esta conectada al puerto de Nouadhibou por un ferrocarril de 700km*



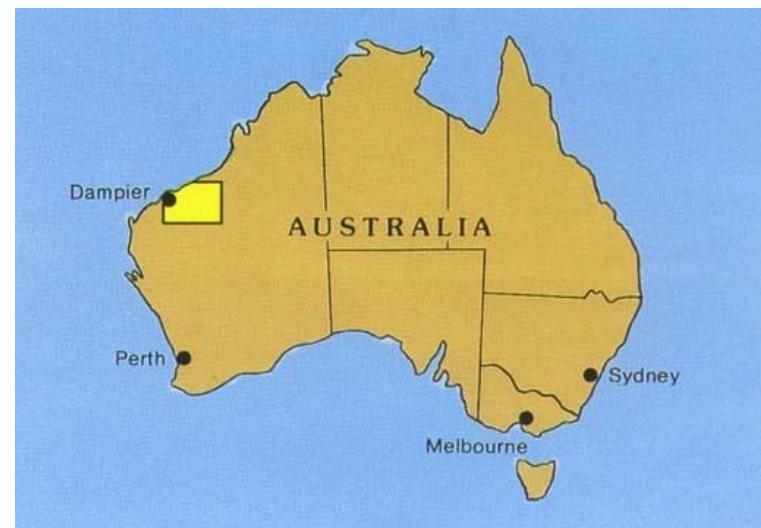
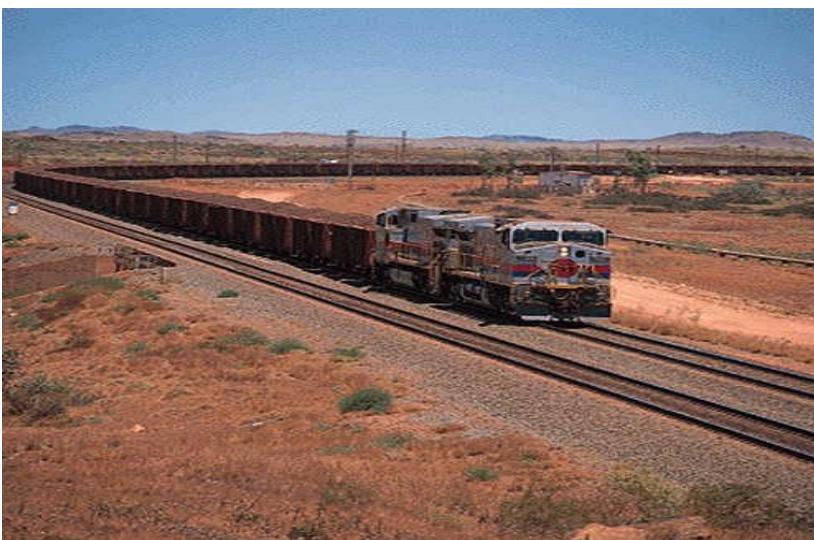
*En la mina a cielo abierto de Mauritania se carga el hierro mineral y se transporta en camiones de 200 ton.*

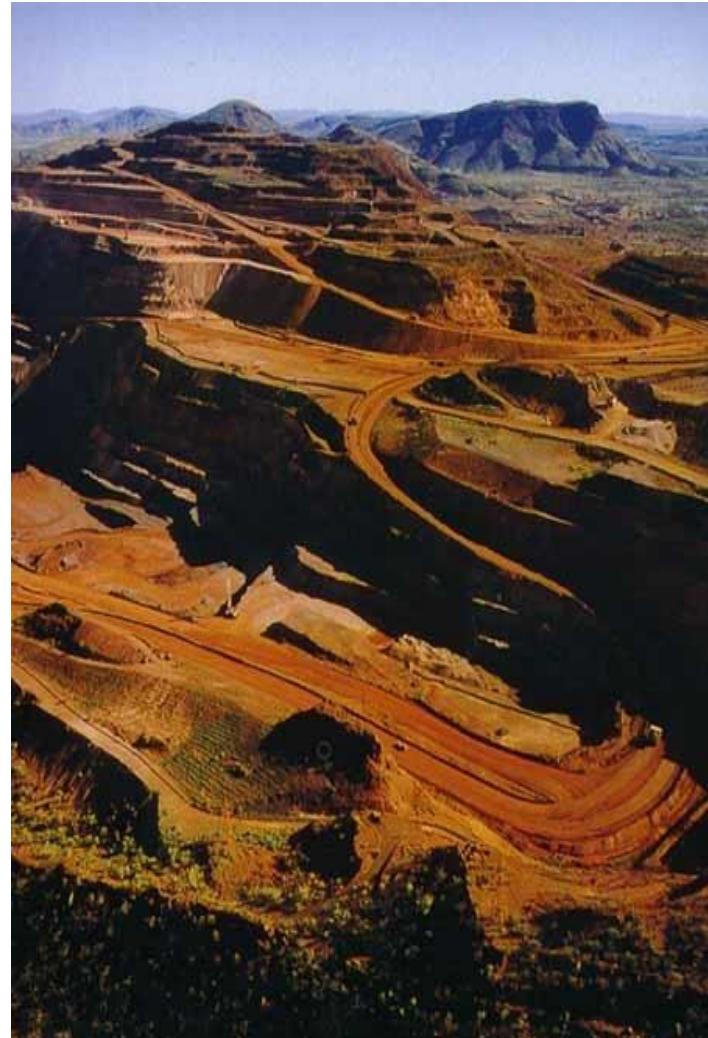
*El material es transportado vía ferrocarril hacia el puerto*



- **Mina de hierro mineral Hamersley Basin**

- **Lugar:** Región Pilbara al Noroeste de Australia
- La compañía que extrae hierro mineral es Río Tinto una de las mas grandes del mundo. Tienen planes de nuevas minas a futuro en el área
- La producción de hierro mineral en el año 2006 fue de 97.2 Mton.
- Son minas de cielo abierto convencionales





*Vista aérea de las operaciones mineras (Extracción  
y dinamitando)*

- **Mina de Hierro mineral Kiruna**
  - Lugar: Suecia
  - Es la mina subterránea mas grande y moderna del Mundo
  - La compañía que extrae hierro mineral es LKAB
  - LKAB ha producido 950Mton. De mineral y solo se ha extraído un tercio de la reserva original
  - En 2004 Kiruna produjo 14.5 Mton. De hierro mineral



Vista aérea de Kiruna

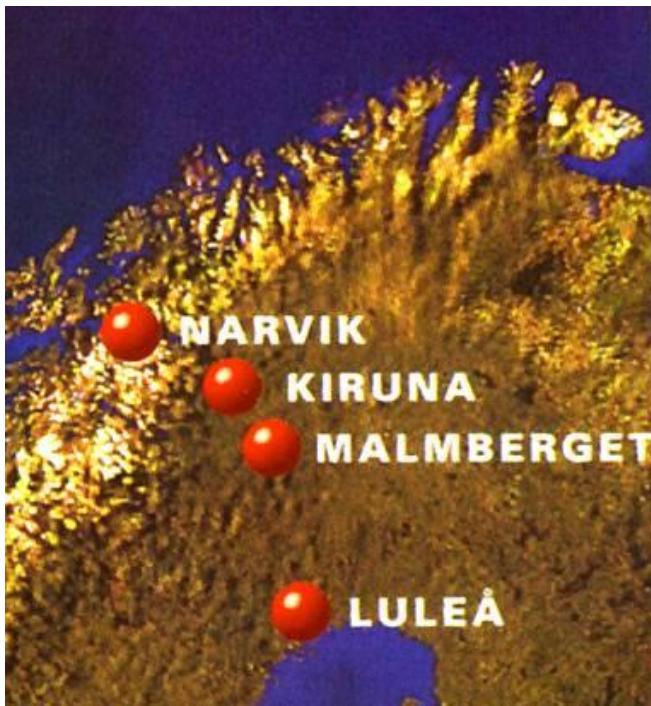
- *Kiruna utiliza la más moderna tecnología*



- **Mina de Hierro mineral Malmberget**

- Lugar: Suecia, Gällivare, a 75km de Kiruna,
- La compañía que extrae hierro mineral es LKAB
- LKAB emplea alrededor de 1,000 personas en Malmberget
- En 2004, produjeron 7.8 Mton
- Minas subterráneas

*Malmberget de noche*





*Camiones Mammut en los que transportan el mineral*



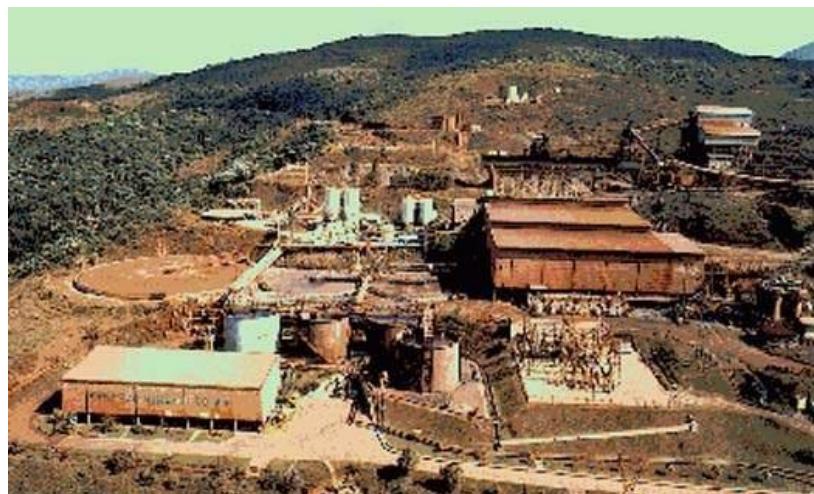
*Cargadores eléctricos Bison cuyas cubetas son hechas de Hardox 400*

- **Samarco Mina de Hierro Alegria en Brasil**
  - Lugar: Brasil
  - Las compañías que extraen el mineral son BHP Billiton and CVRD
  - Se emplean directamente 1336 personas y mas de 2000 a través de contratistas
  - La reserva del mineral es de 720 Mton. Suficiente para 20 años más y con posibilidades de aumentar la reserva a 1000 Mton según nuevas exploraciones
  - El mineral extraído es pelletizado, triturado y licuado
  - El mineral es transportado en forma de pellets a través de una tubería
  - En el año 2005, la mina extrajo 32.8 Mton

# *La mina Alegria*



*Mapa de localización de la mina*



*Planta de Concentración*

# **REDUCCIÓN DE MINERALES DE HIERRO**



# Proceso de Reducción Directa



<i>Mineral</i>	<i>Hematites ácida</i>
<i>Análisis</i>	
Fe	33 — 45 %
Si O <sub>2</sub>	21 — 40 %
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5 — 7 %
Ca O	1,8 — 2,7 %
Mg O	0,1 — 0,3 %
Agente reductor	Antracita
Fundente (caliza calcinada) ...	17 %
<i>Análisis de los nódulos</i>	
C	0,8 — 1,2 %
P	0,6 — 1 %
S	0,3 — 0,4 %
Rendimiento del Fe obtenido .	96 %

---

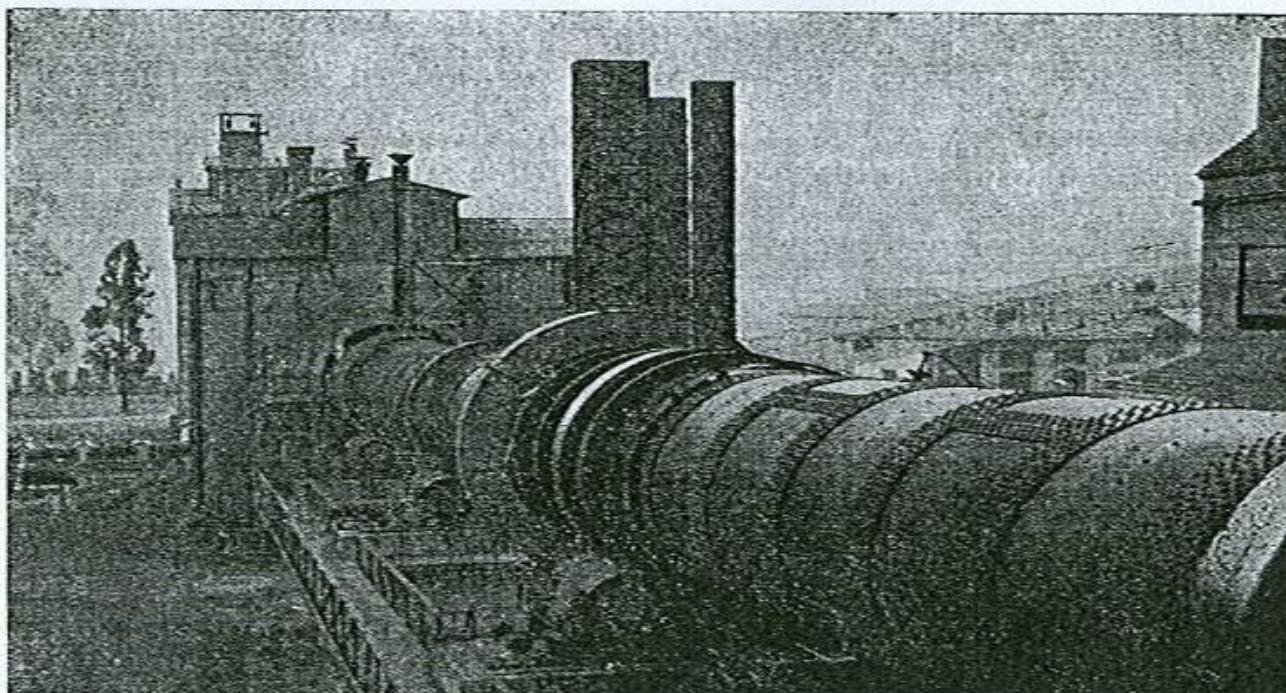
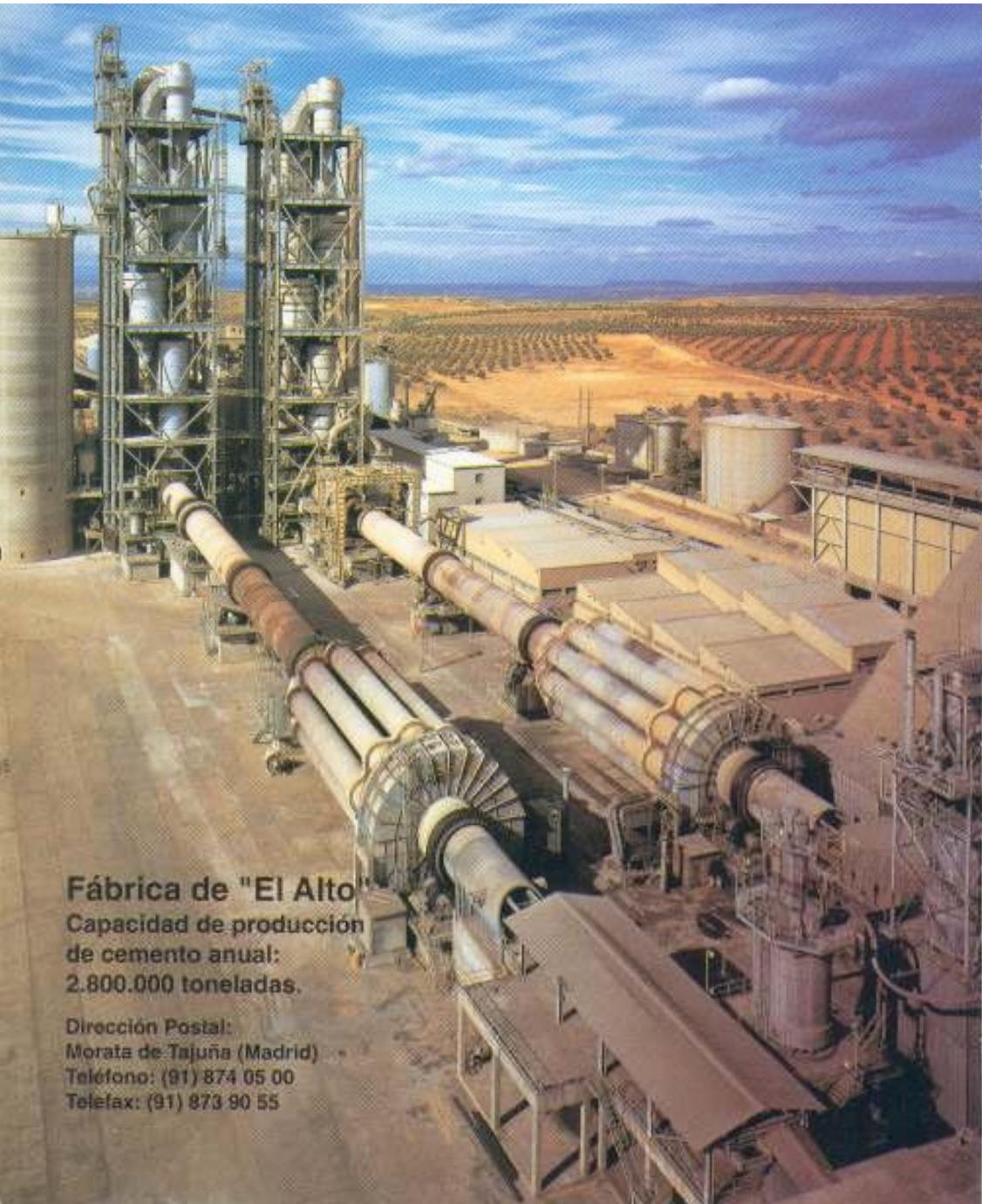


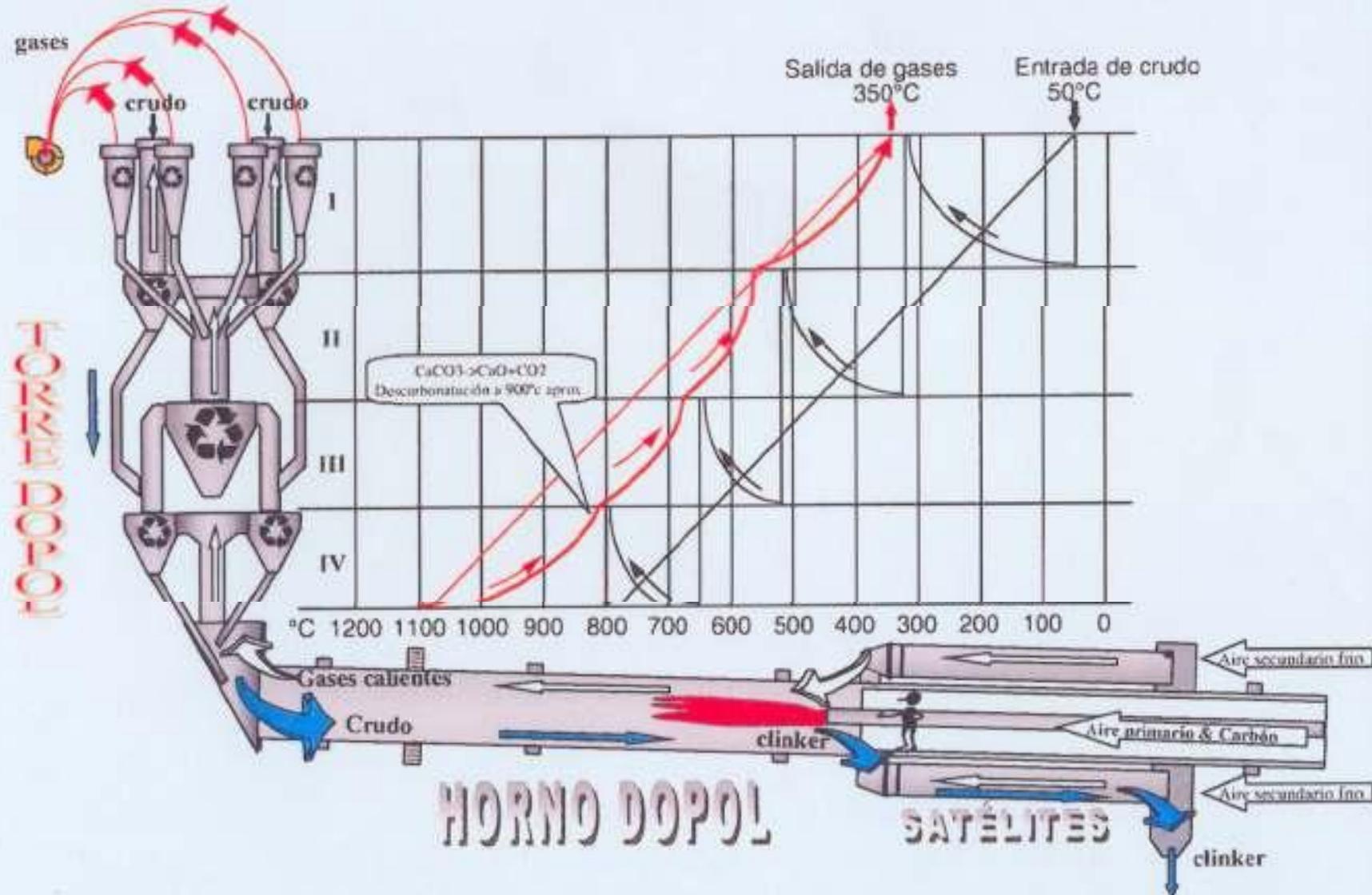
Fig. 2-5. — Horno Renn-Krupp, de la Siderúrgica Asturiana, S. A.



**Fábrica de "El Alto"**

Capacidad de producción  
de cemento anual:  
2.800.000 toneladas.

Dirección Postal:  
Morata de Tajuña (Madrid)  
Teléfono: (91) 874 05 00  
Telefax: (91) 873 90 55



# Proceso de obtención de hierro a partir de sus minerales en estado sólido

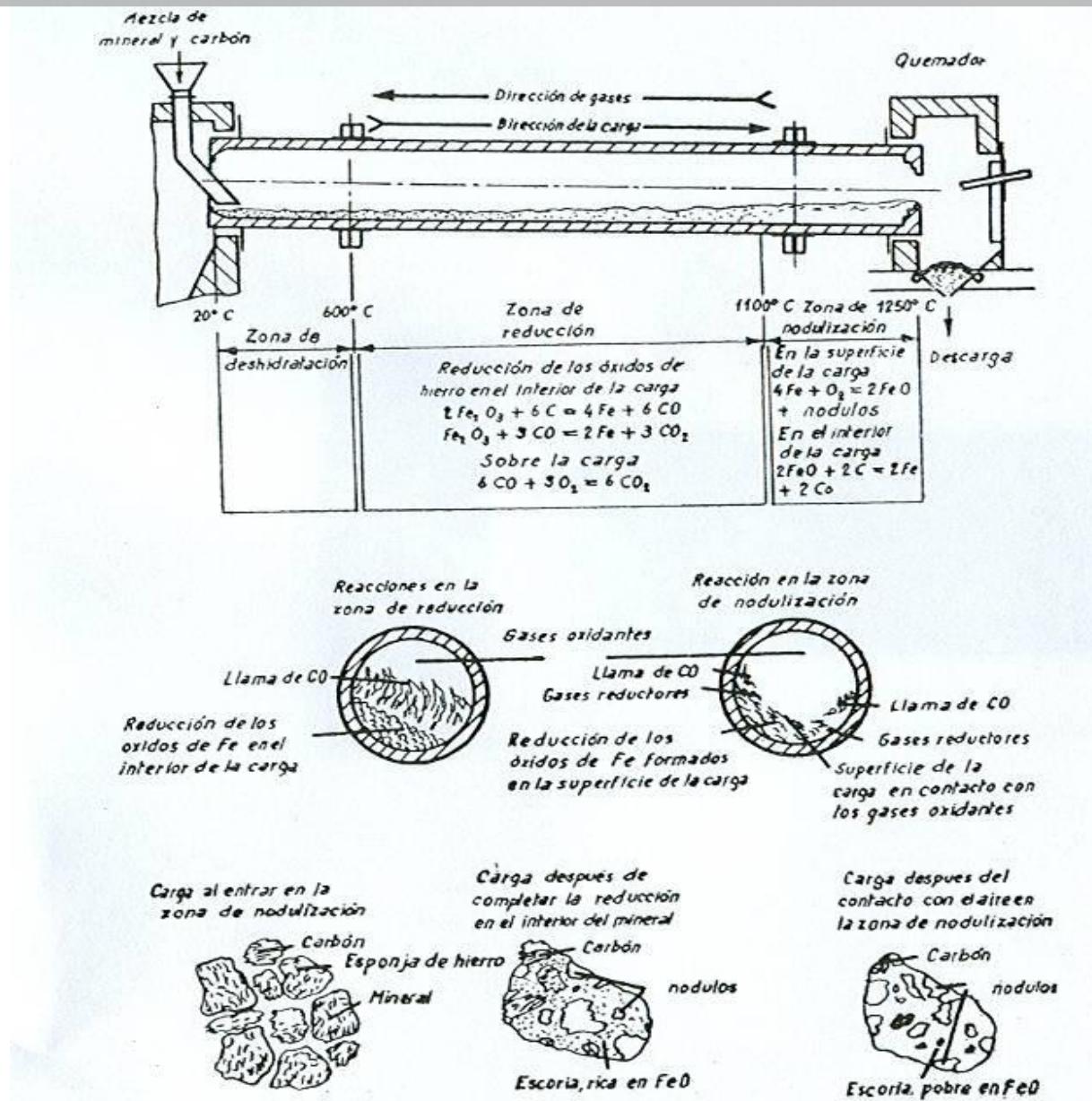
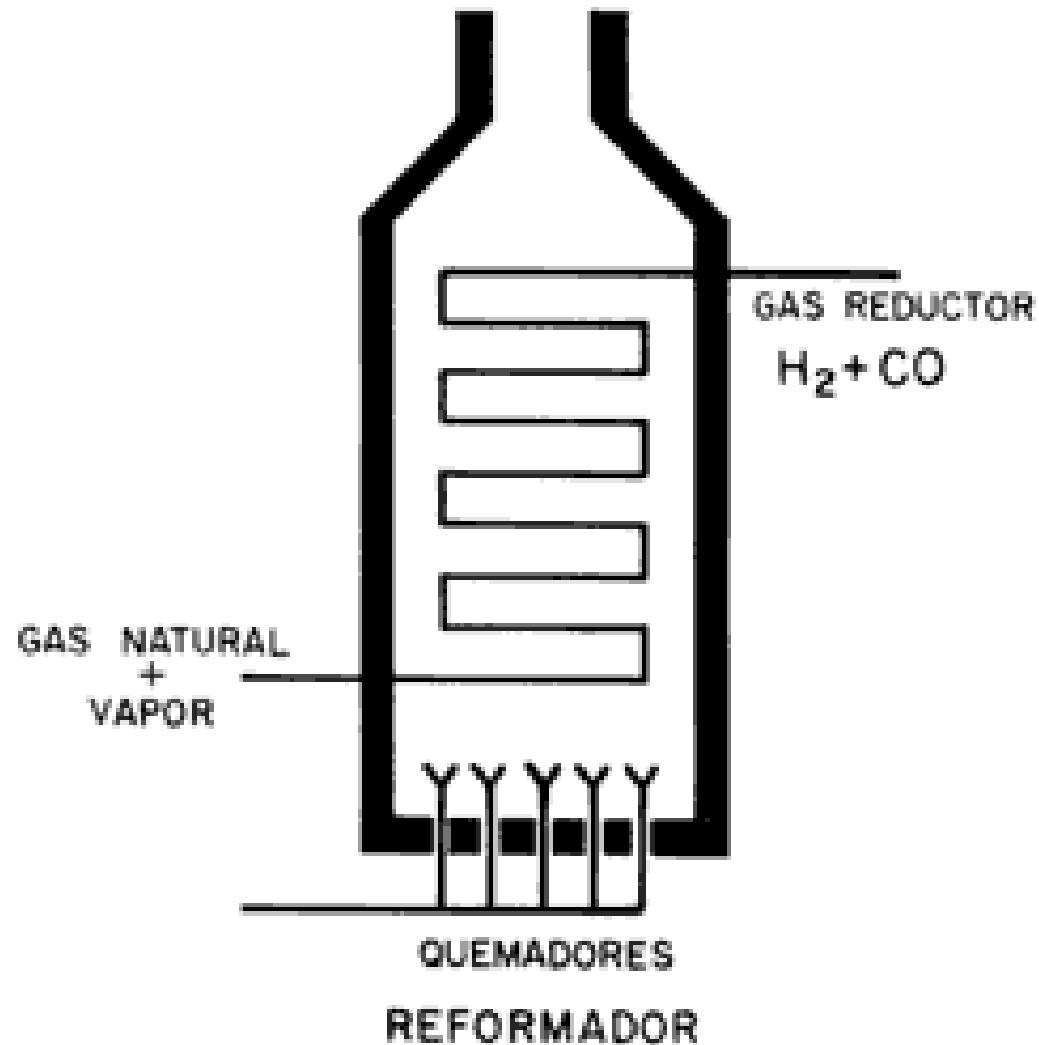
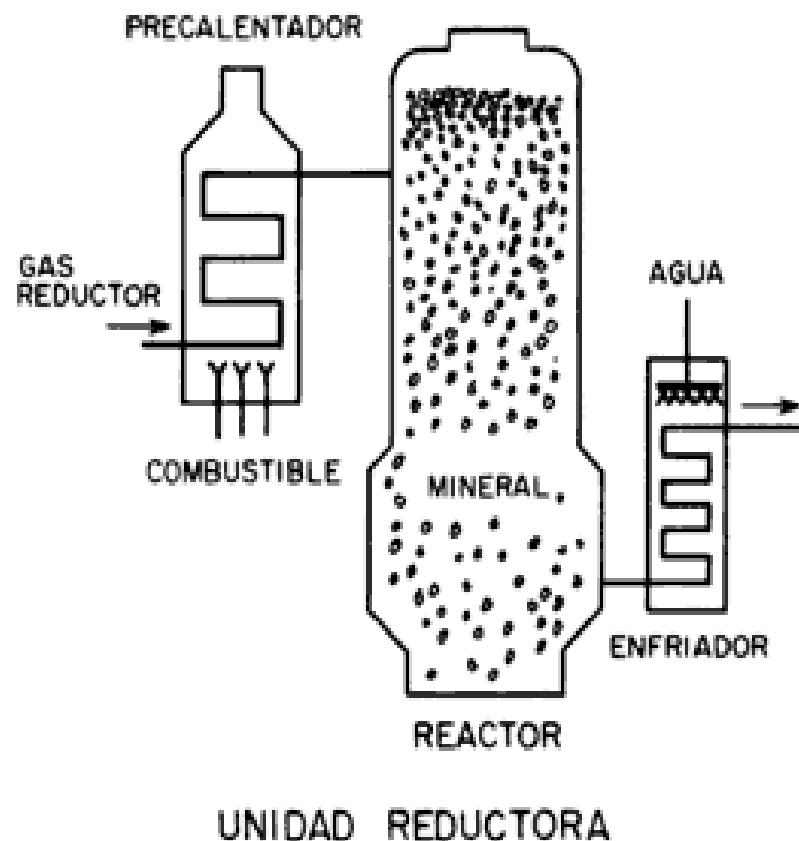


Fig. 2-4. — Obtención de hierro por el método Renn-Krupp.

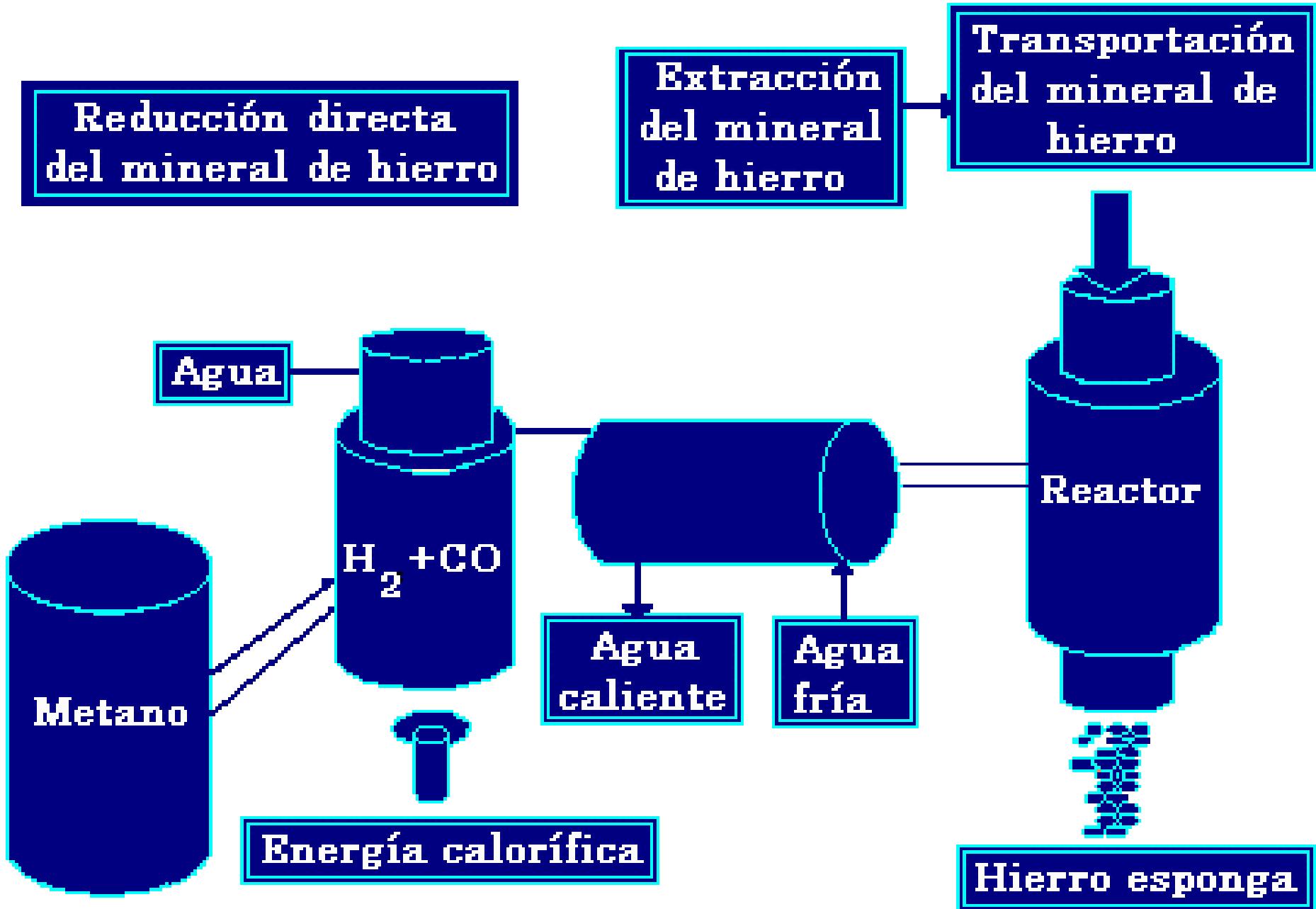
# Etapas del Proceso de ferroesponga



# Etapas del Proceso



# Diagrama de producción de hierro esponja



# ALTO HORNO



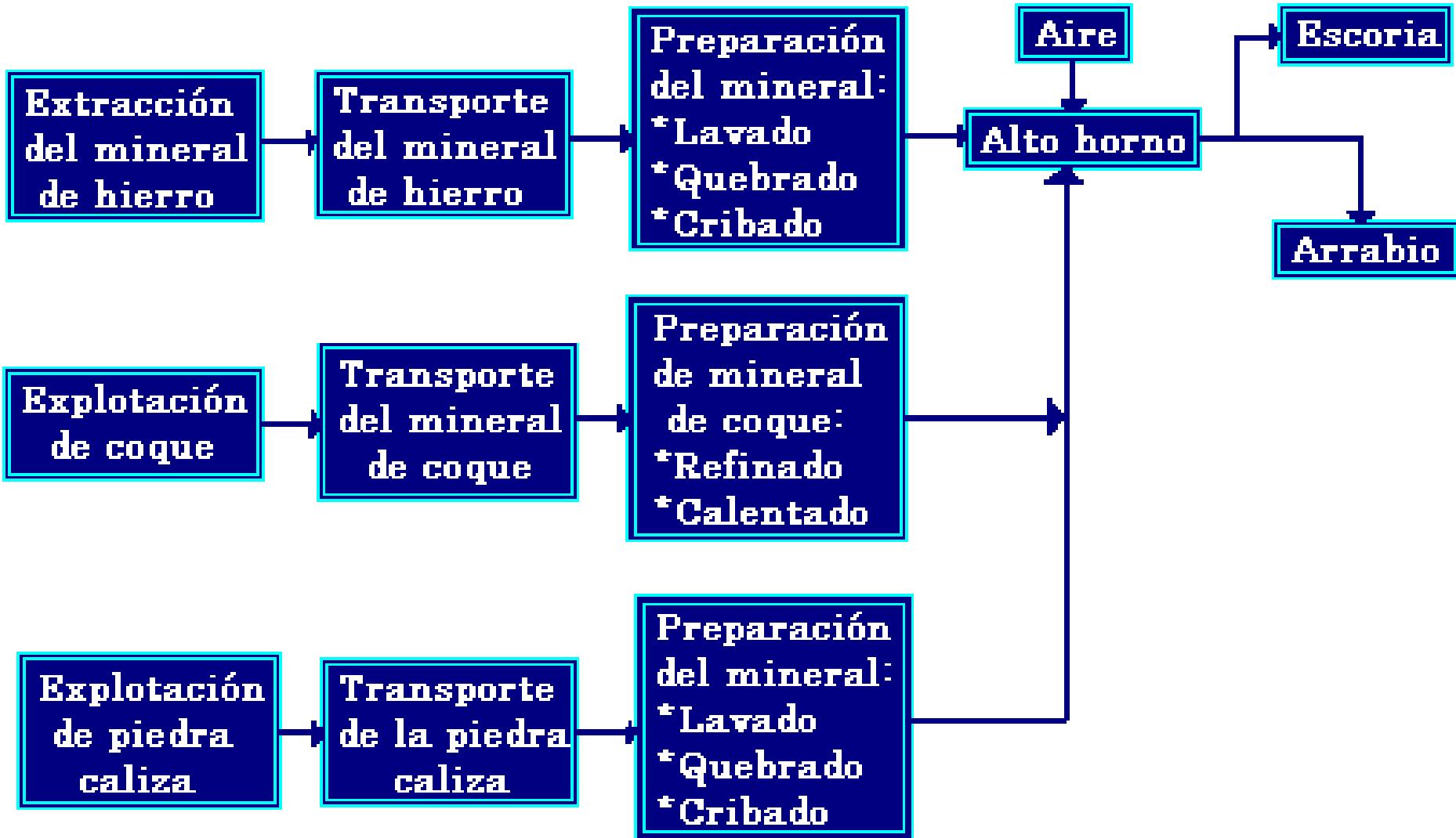
Photo © 2004 by Kevin Scanlon

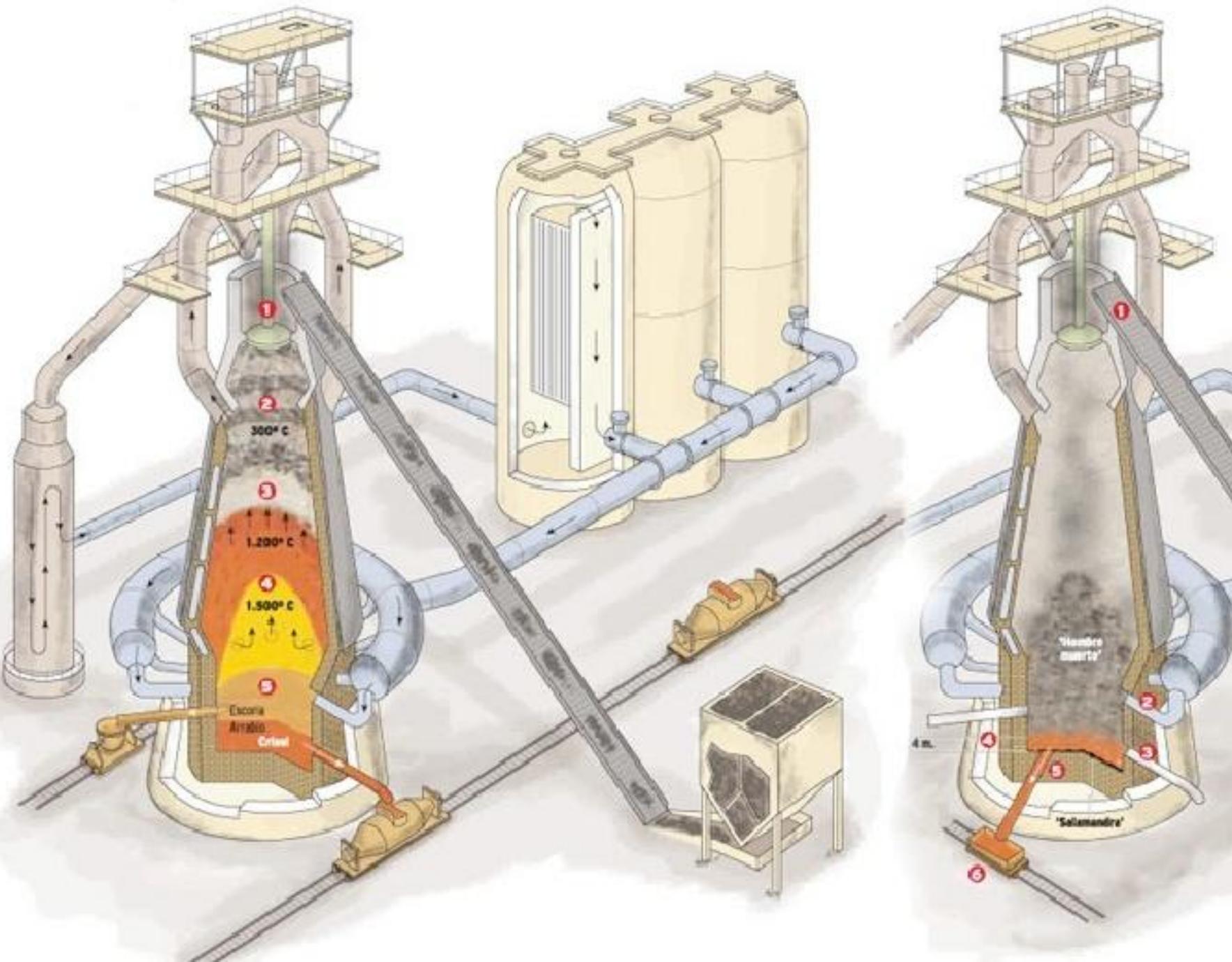




**Vista aérea Planta Siderúrgica Huachipato**

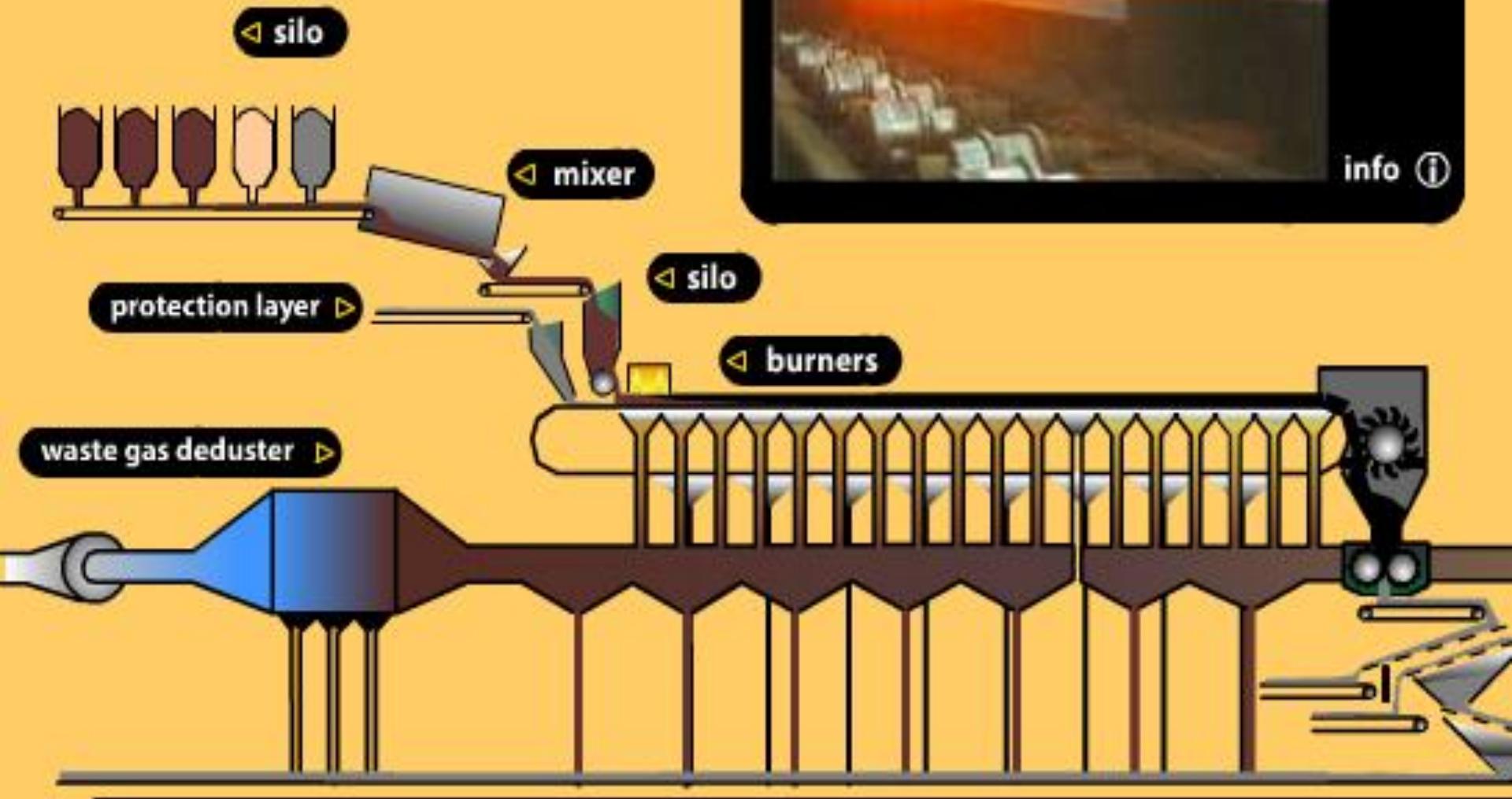








# Sinterización de minerales de hierro



The sinter mix is first layered on a slowly moving strand.



info i

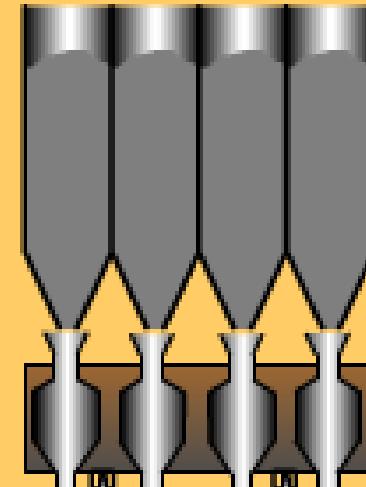
# Producción de Coque

- La planta de coque produce coque metalúrgico desde una mezcla de carbones. Se produce calentando el carbón a 1250°C en una atmósfera libre de oxígeno (destilación seca)
- El coque producido se compone de más de un 90% de carbono, que se emplea como suministro energético y agente químico en el alto horno. Los volátiles alquitrán, azufre, amoniaco, naftaleno y benzeno se eliminan en la fase gaseosa durante la destilación.
- El gas del horno de coque, se usa para calentar los mismos hornos, y el excedente se emplea para calentar laminadores, sinterizadores y acería.

The coke plant consists of 2 batteries with 50 coke ovens each.



# Producción de Coque



◀ coal storage bins

◀ larry car

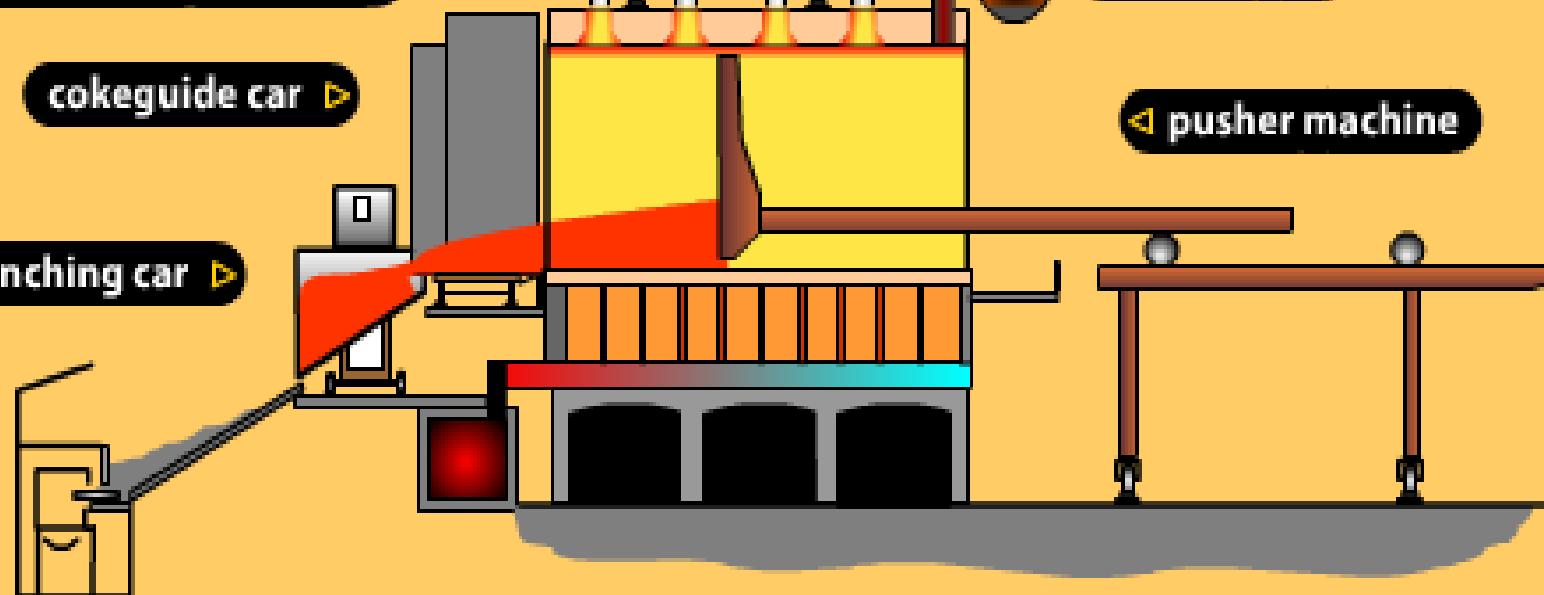
◀ drain of gas

◀ pusher machine

cokeguide car ▶

quenching car ▶

coke wharf ▶

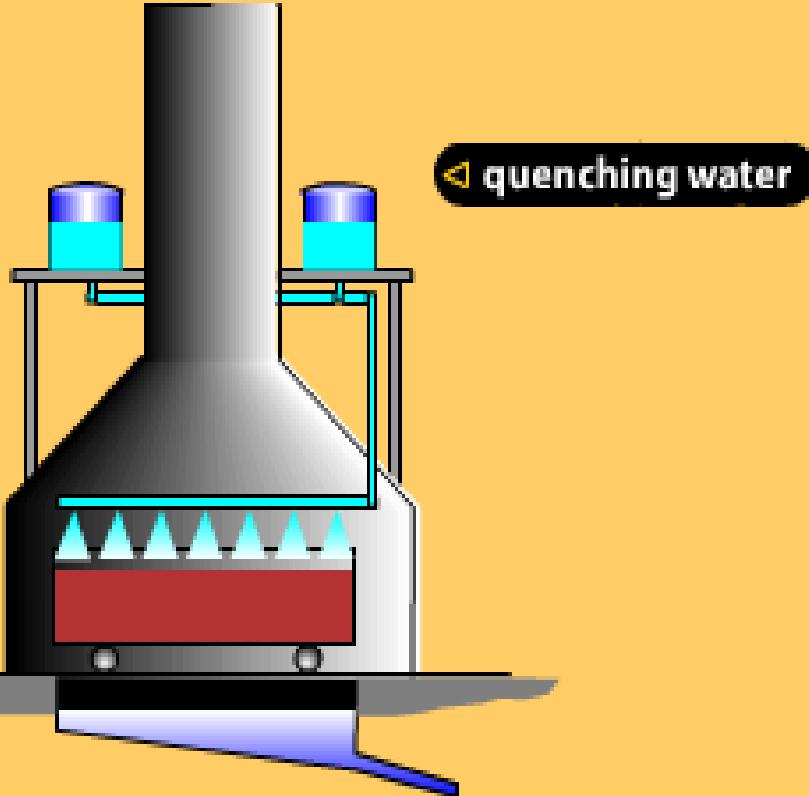


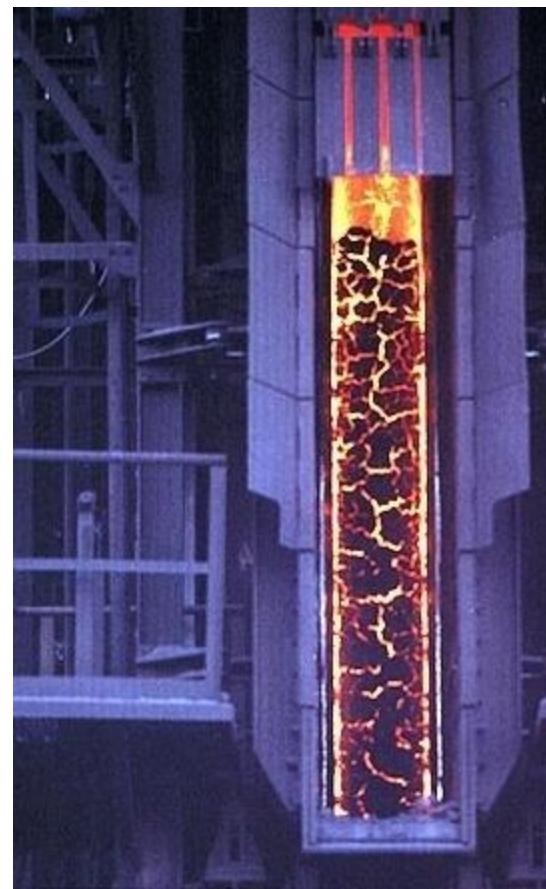
- The coke plant consists of 2 batteries with 50 coke ovens each.

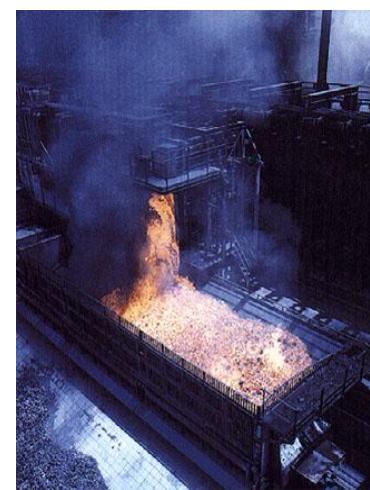


info ⓘ

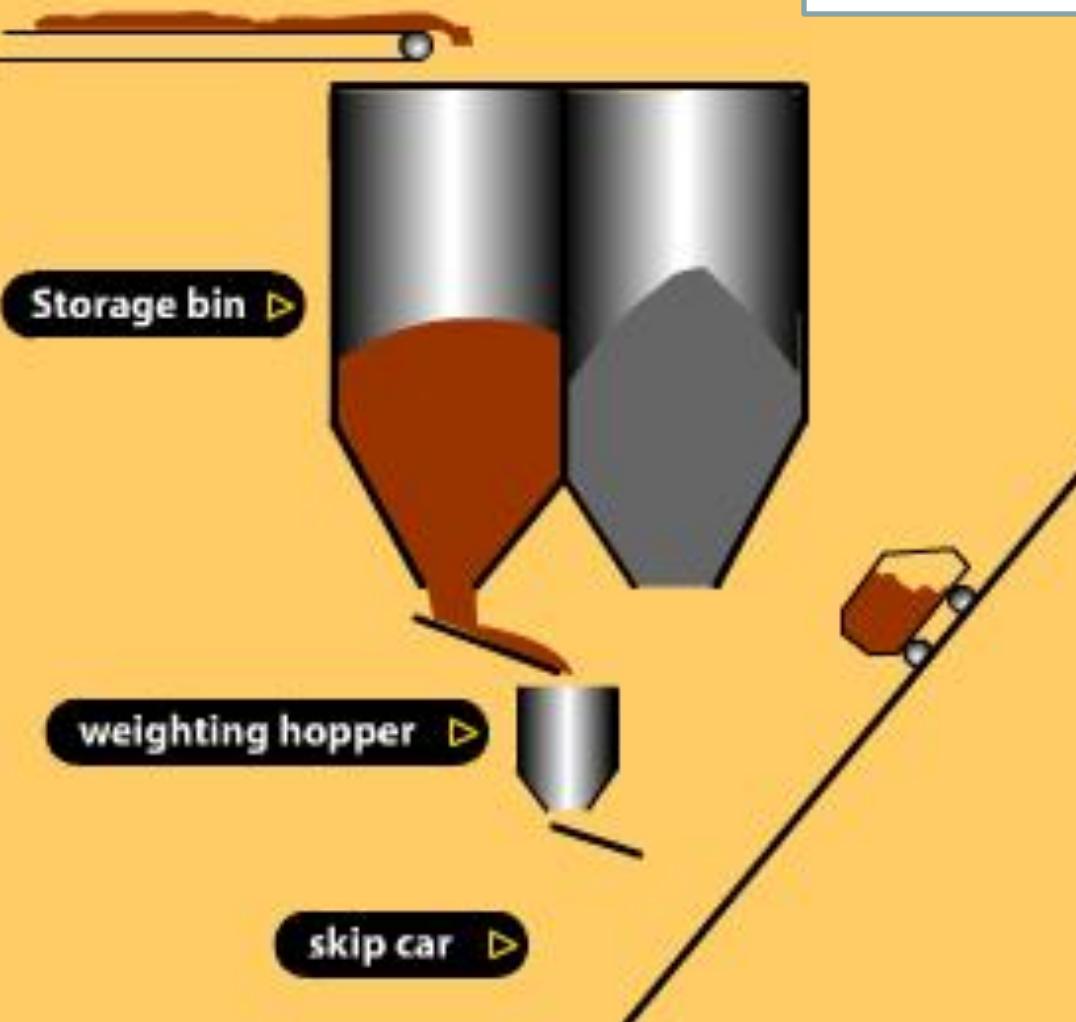
## Apagado del coque







# Tolbas de Dosificación Mineral y coque

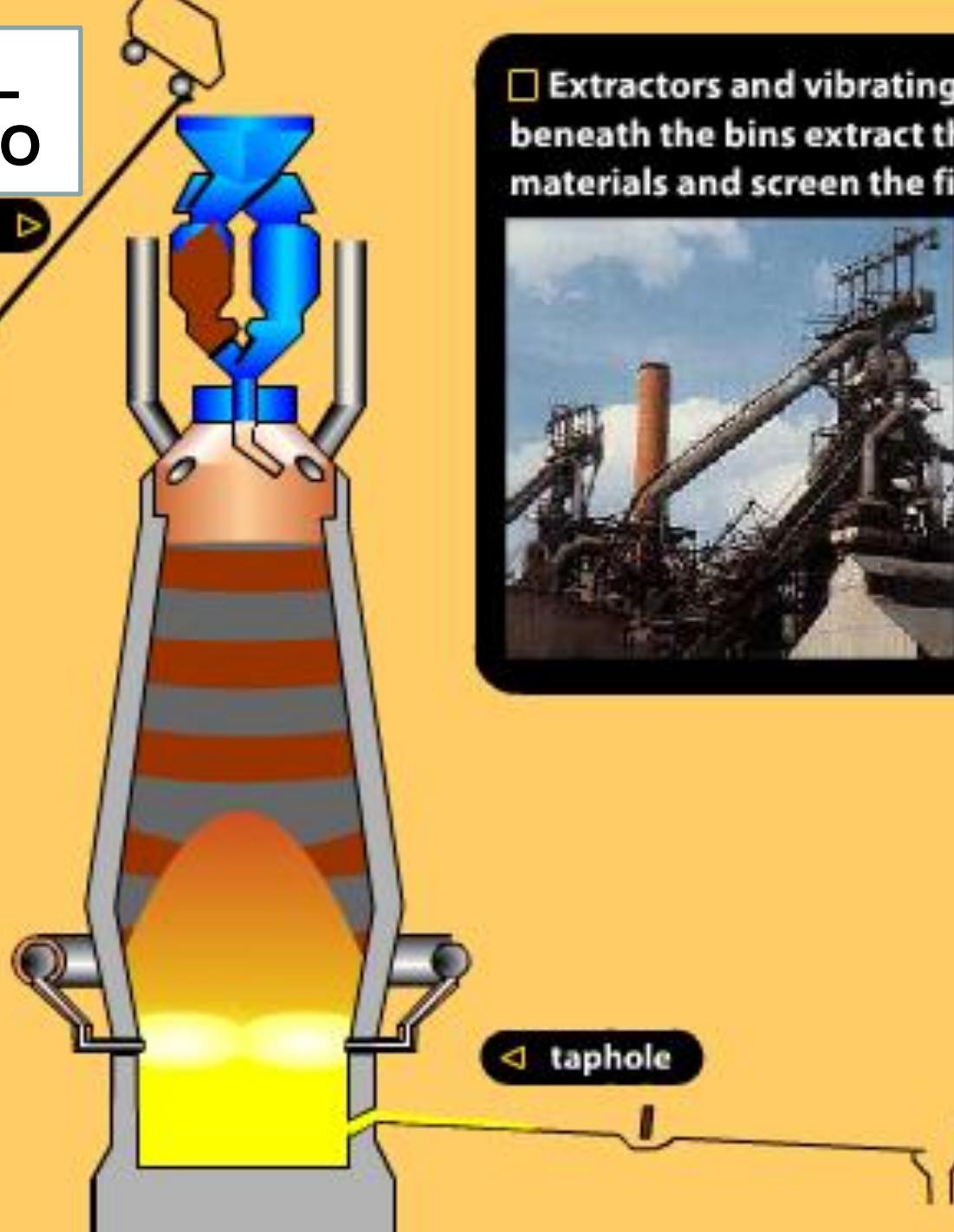


The raw materials are transported to 10 blast furnace bins.



# PERFIL DEL ALTO HORNO

charging system ▶



□ Extractors and vibrating screens beneath the bins extract the materials and screen the fines.



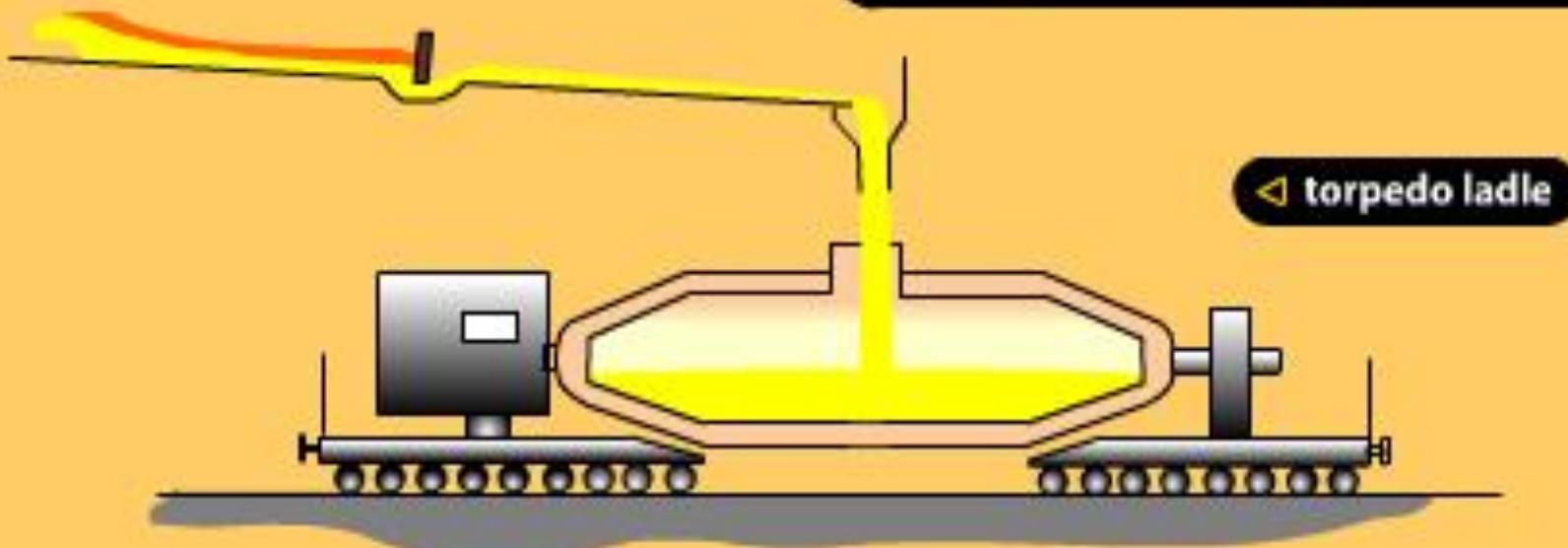
info ⓘ

## CARRO TORPEDO

The pig iron collected in the heart of the furnace and the slag floating on it, must be tapped periodically.



info ⓘ



## INGREDIENTES

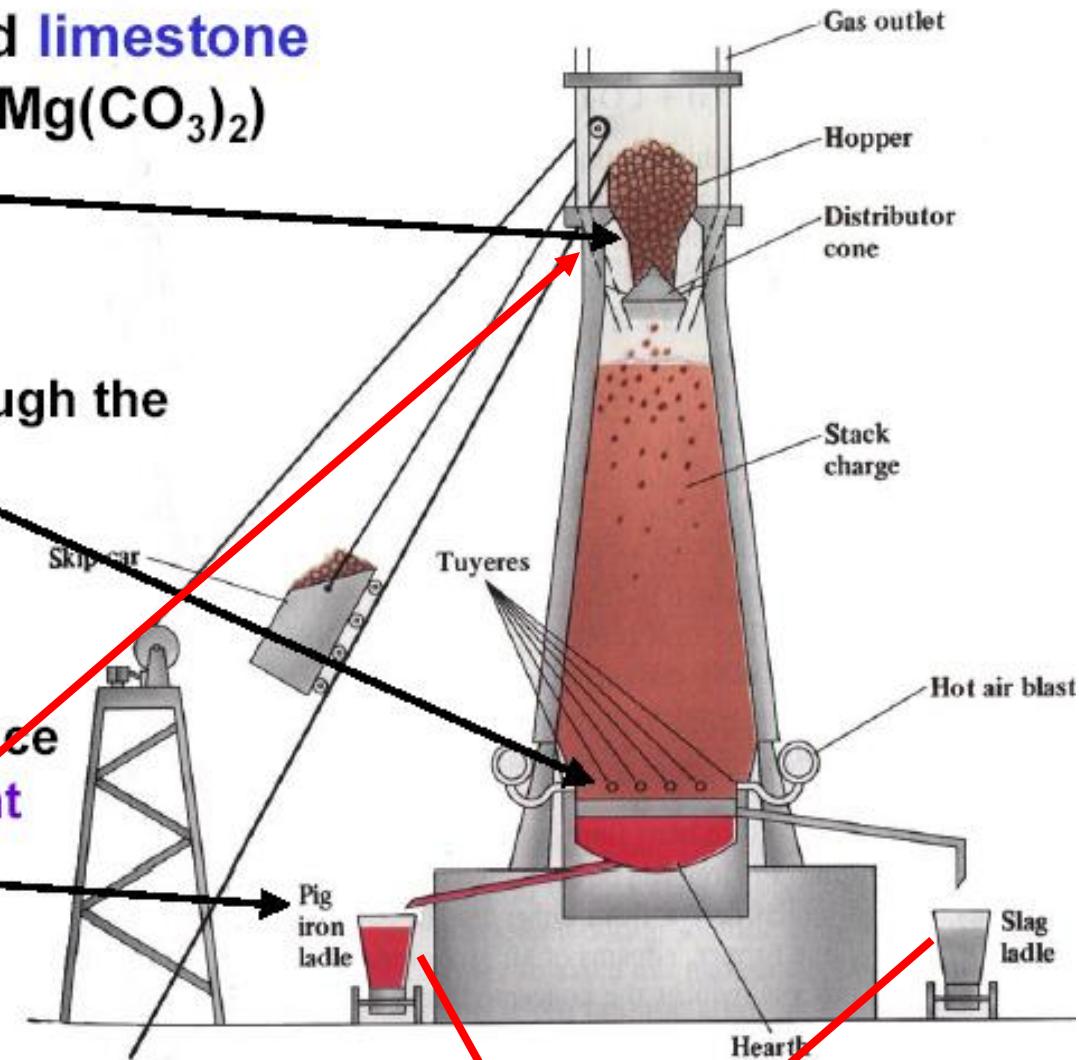
Iron ore, coke [coal], and limestone ( $\text{CaCO}_3$ ) or dolomite ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) enter at the top.

## ALTO HORNO

### PROCESO

Heated air is forced in through the **tuyeres** at the bottom.

The materials sink to the bottom of the furnace as chemical reactions take place and finally produce **wrought iron [pig iron]**.

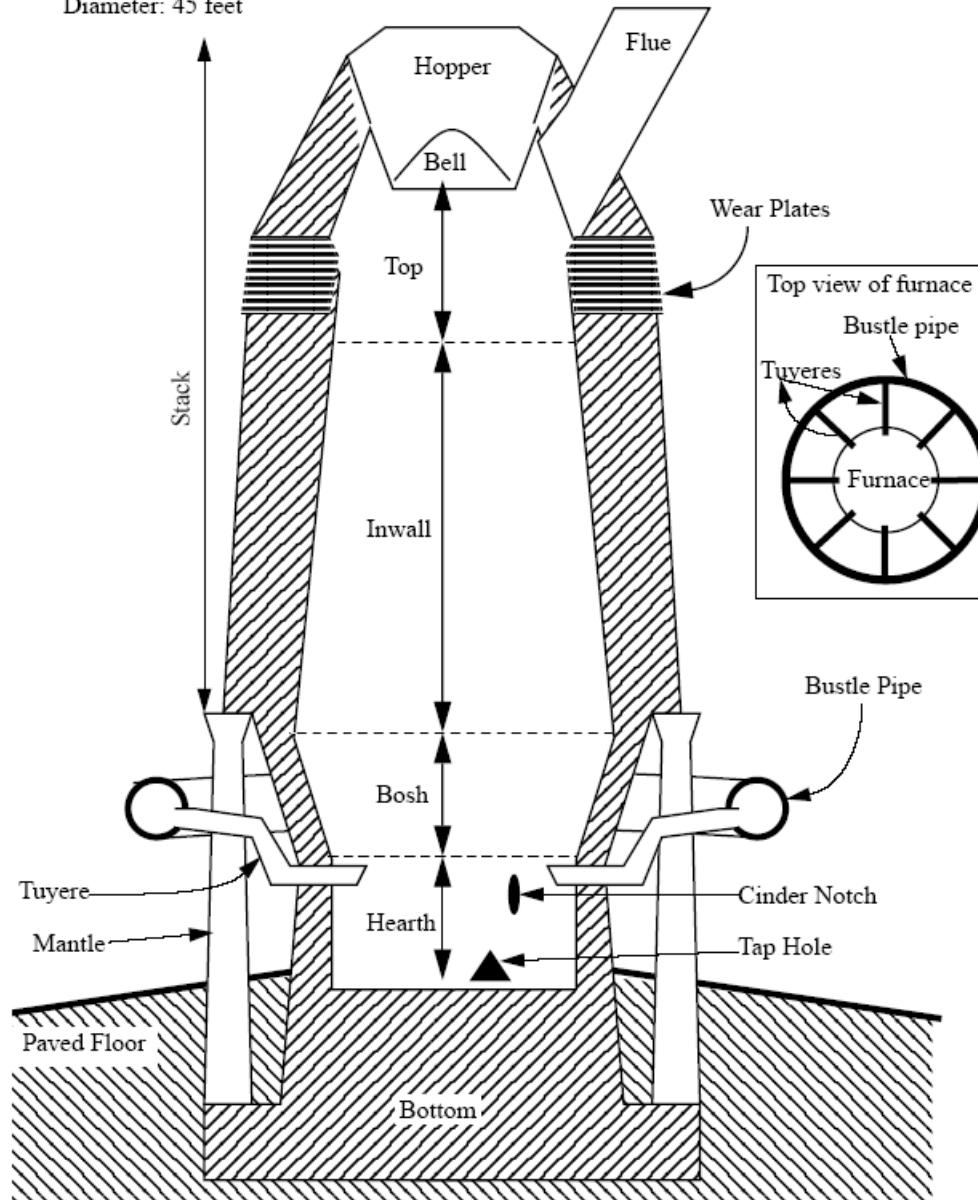


Mineral	2.0 t.
Coke	1.0 t.
Caliza	0.5 t.
Aire	4.0 t.

Arrabio	1.0 t.
Escorias	0.5 t.
Gases	6.0 t.

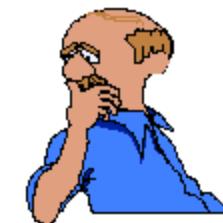
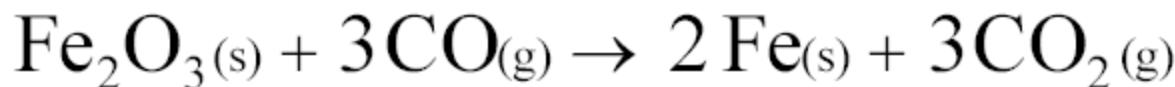
# Estructura

Height: 318 feet  
Diameter: 45 feet



## REACCIONES DE REDUCCIÓN

- Iron ore ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) is reduced to pure iron by combining with carbon monoxide gas in the blast furnace.



Oh no - chemistry in mech 213!!

The  $\text{CO(g)}$  is produced by reactions between the hot coke and preheated air that is forced in through the tuyeres.

*Iron tapped from the furnace usually contains approximately 4.4% carbon as well as other impurities, including sulphur.*

# ALTO HORNO

## Zona de reducción indirecta



## Zona de reducción directa



"Stitch" Pinino

## Zona de fusión y carburación

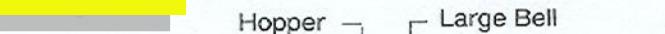


## Zona de combustión

Y desulfuración

## Zona de colada de escoria

## Zona de colada de arrabio



Hopper Large Bell

Offtake

Dome

Ear Plates

Shell

Wear Line

wall

Belly

ates

ates

ates

ates

ates

ates

ates

ates

ates

Stockline  
Dia. "Throat"

Stockline  
Section

alimentador de campana

tragante

Total  
Volume

Working  
Volume

cuba

vientre

etalaje

caja de viento

toberas

piquera

Tuyeres

Iron Notch

Furnace Column

Hearth Bottom

Hearth Diameter

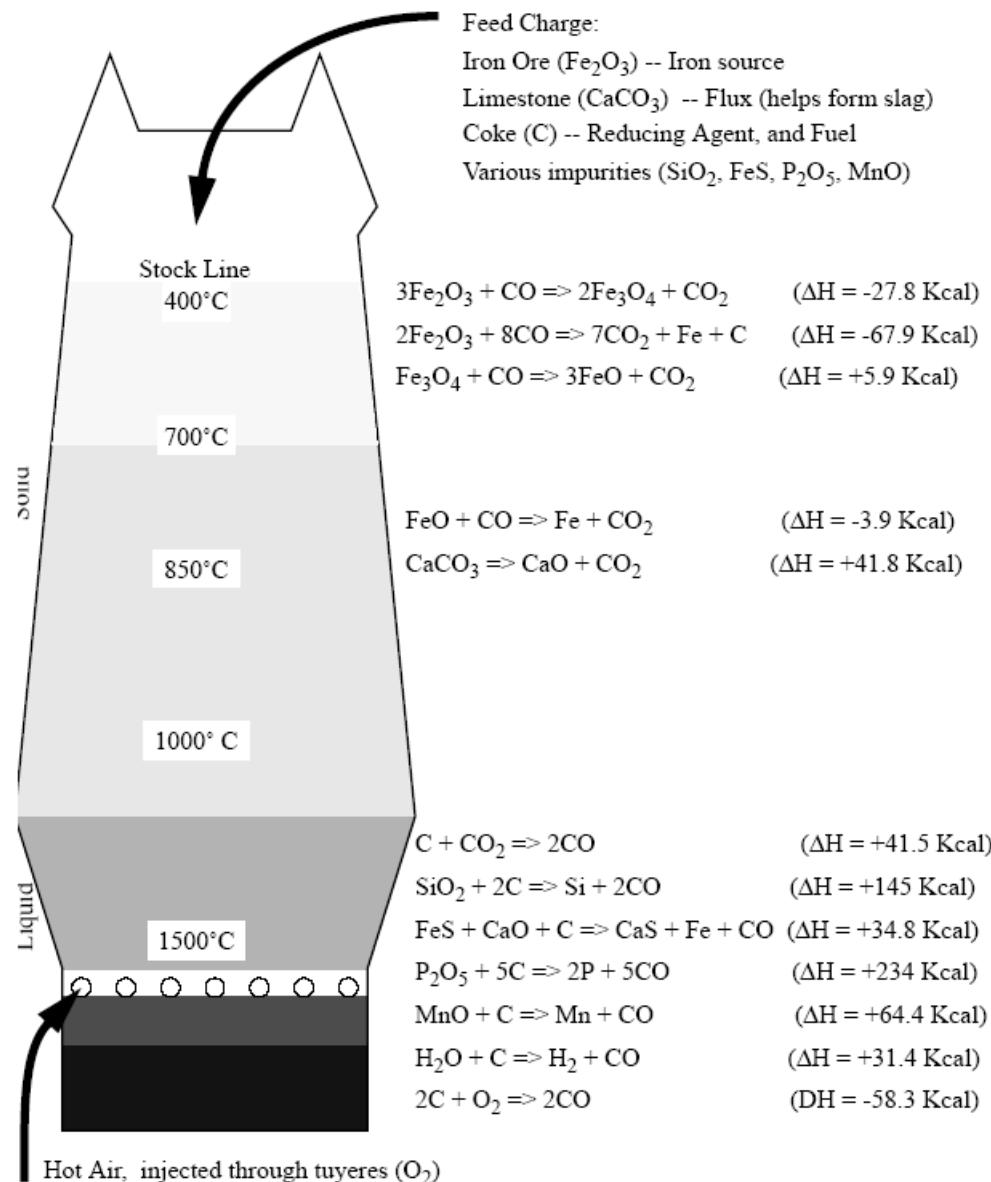
Underneath  
Cooling Pipes

Casthouse

Crisol

escoriadero

# Temperaturas y Reacciones



# Cambios en la hulla por temperatura

Temperatura	Descripción
<b>100°C-200°C</b>	Eliminación gradual de la humedad y gases
350°C	Inicio de fusión carbonosa
425°C	Fin de fusión e inicio de hinchamiento
450°C	Fin de formación de gases
600°C	Desprendimiento máximo de etano y desprendimiento de etileno
625°C	Máxima perdida de peso
700°C	Desprendimiento máximo de gases (etileno, CO <sub>2</sub> e hidrógeno)
800°C	Liberación rápida de gases
1100°C	Liberación principal de hidrógeno y monóxido de carbono

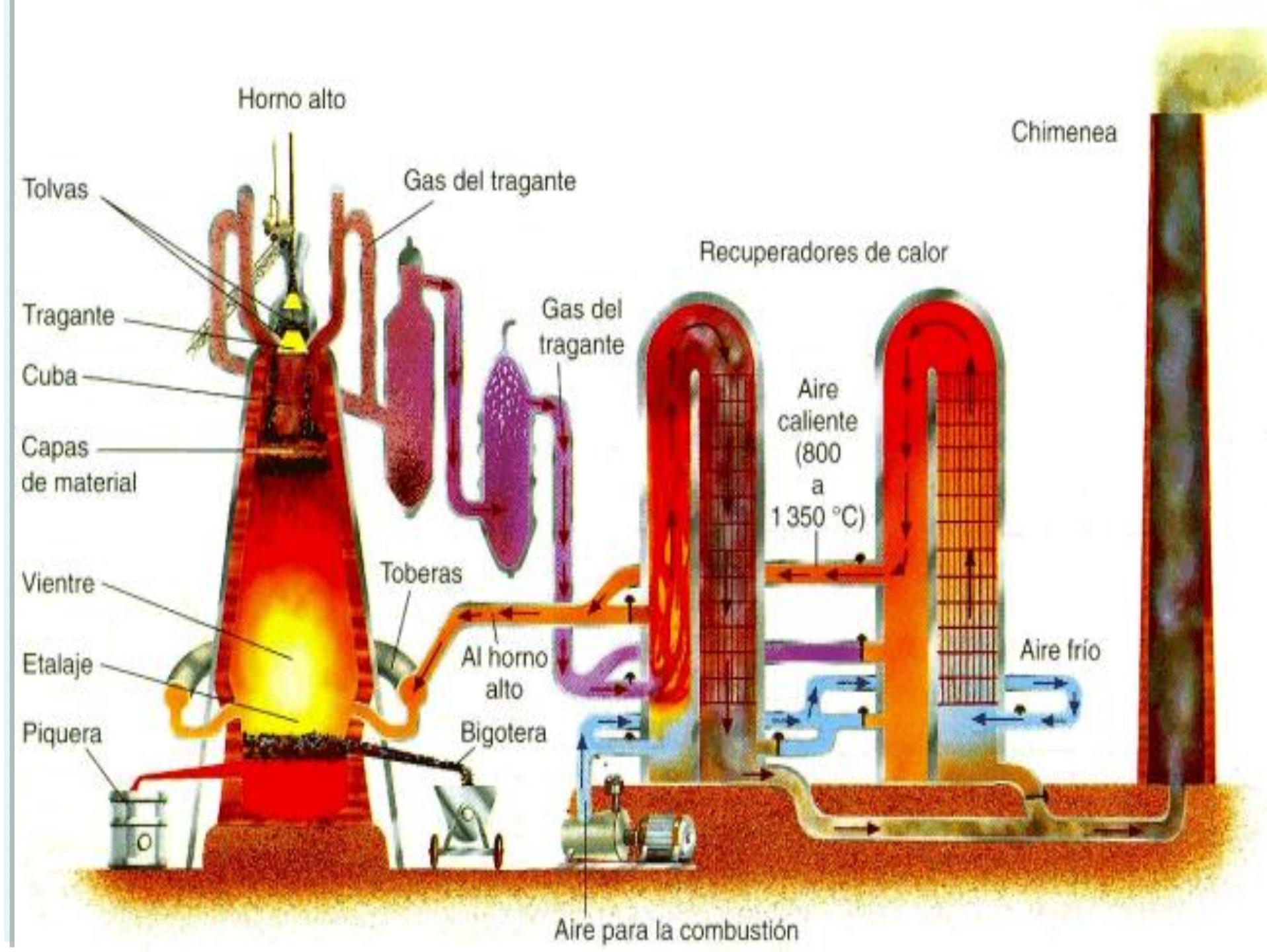
## Carga típica en Alto Horno de CSH

Componentes	kg /t	kg/carga
Mineral de Hierro	490	9.600
Pellets	995	19.600
Chatarra	15	300
Mineral de Mn	22	450
Caliza	112	2.300
Cuarzo	12	250
Coque	451	9.200
Petróleo + Alquitrán	44	899
Aire Insuflado		1.530 m3/min
Temperatura Aire Insuflado		1.030°C

## Composición química del Arrabio

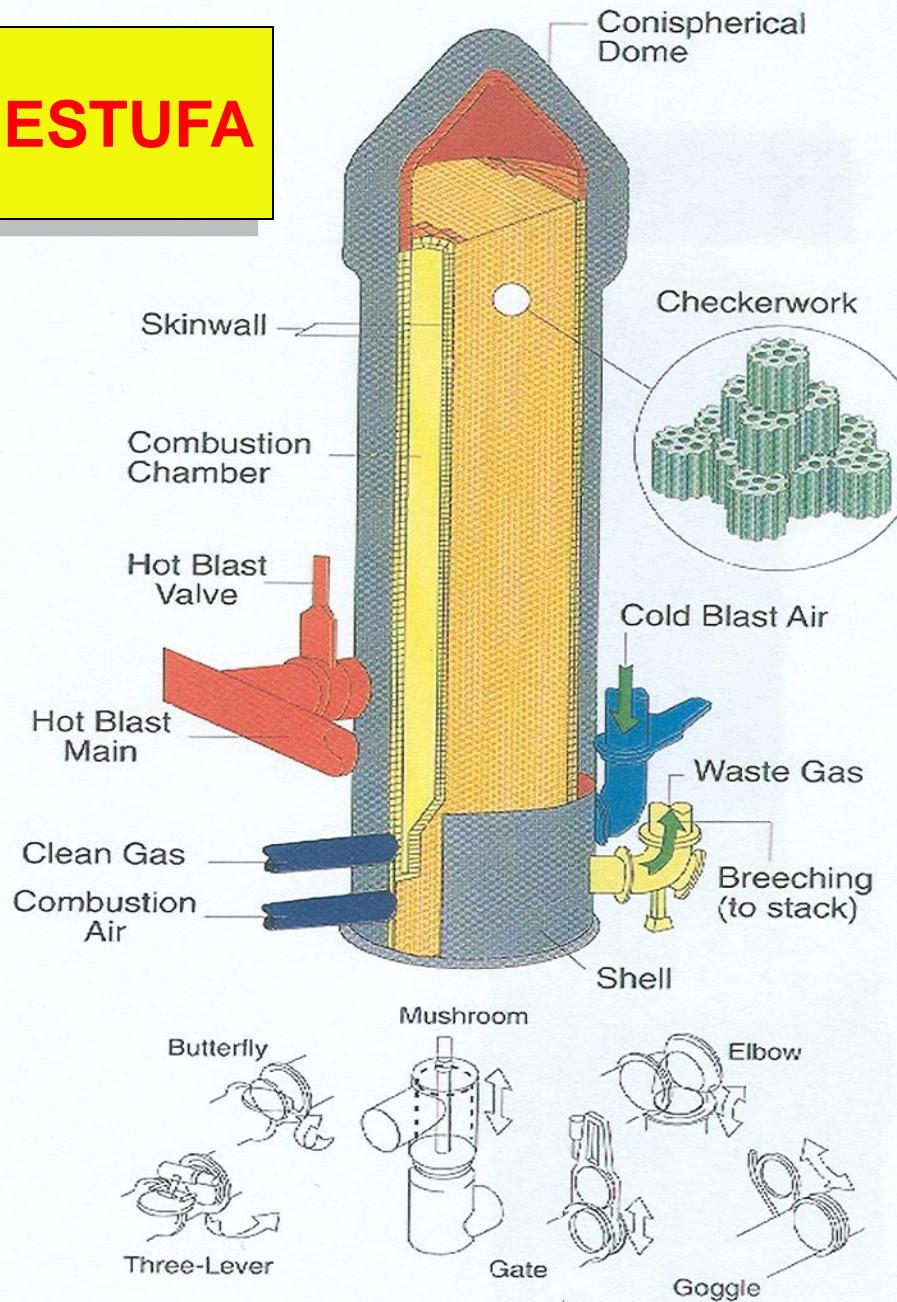
Elementos	%
Fierro (Fe)	93,70
Carbono (C)	4,50
Manganeso (Mn)	0,40
Silicio (Si)	0,45
Fósforo (P)	0,110
Azufre (S)	0,025
Vanadio (V)	0,35
Titanio (Ti)	0,06

Temperatura en Alto Horno : 1.460°C



# REGENERADOR O ESTUFA

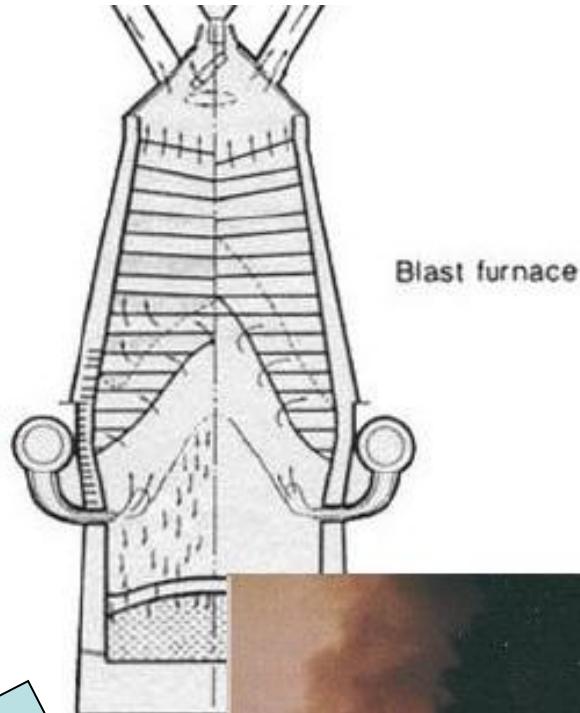
TRES POR CADA  
ALTO HORNO



STOVE VALVE TYPES

## PRODUCTO DEL ALTO HORNO

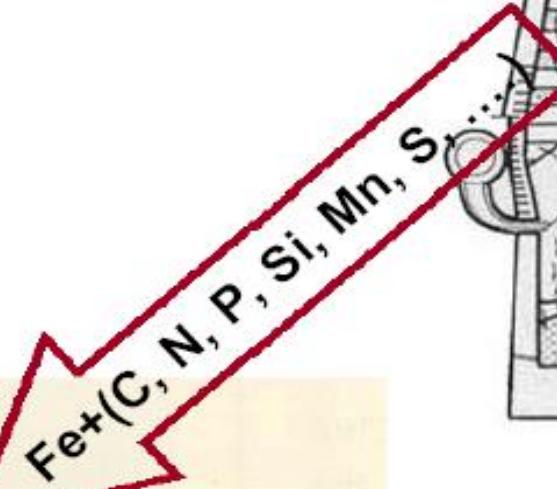
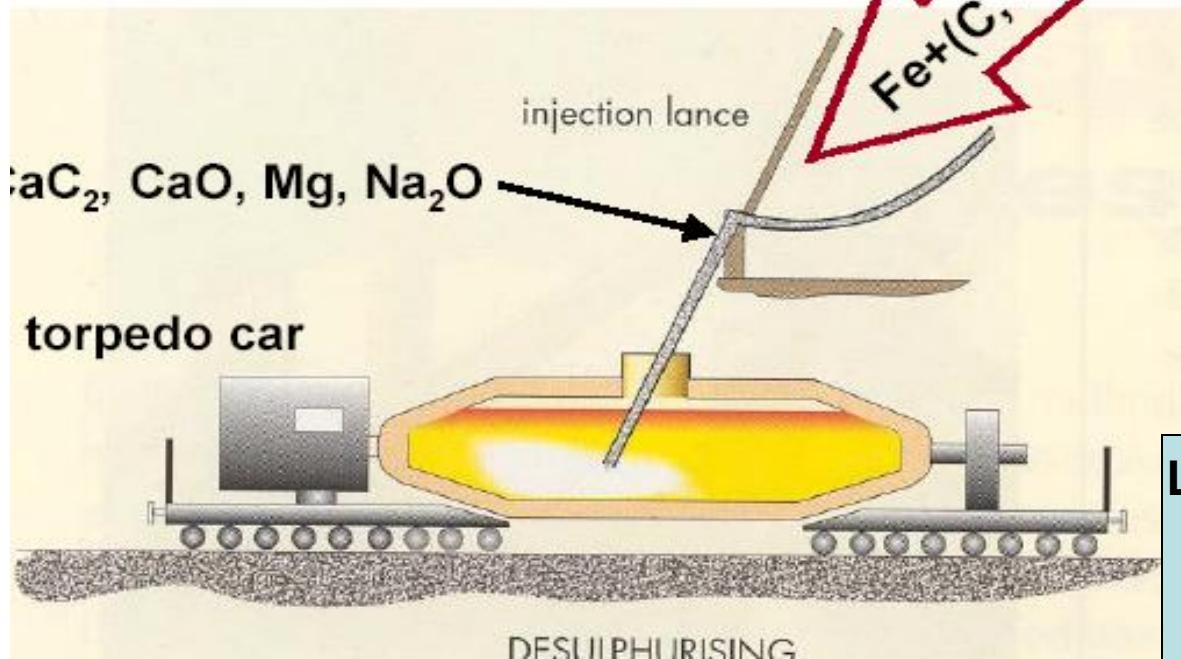
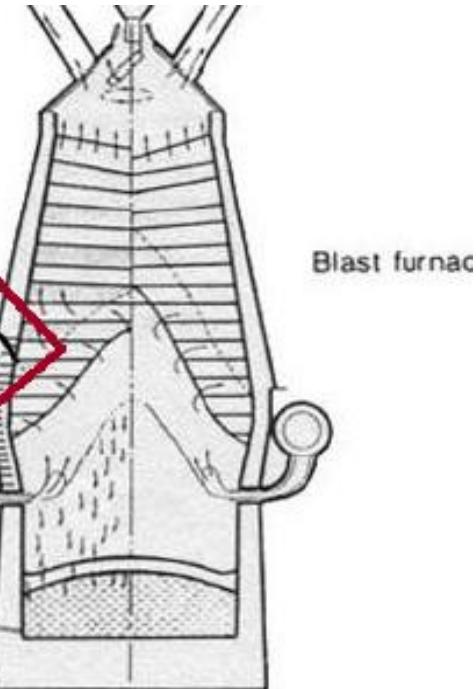
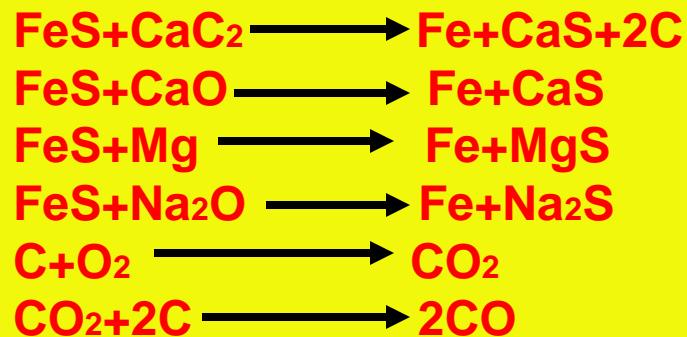
**Furnace output:** hot metal, pig iron,  
from the blast furnace containing:  
 $\text{Fe}+(\text{C}, \text{N}, \text{P}, \text{Si}, \text{Mn}, \text{S}, \dots)$



This is what it once looked like



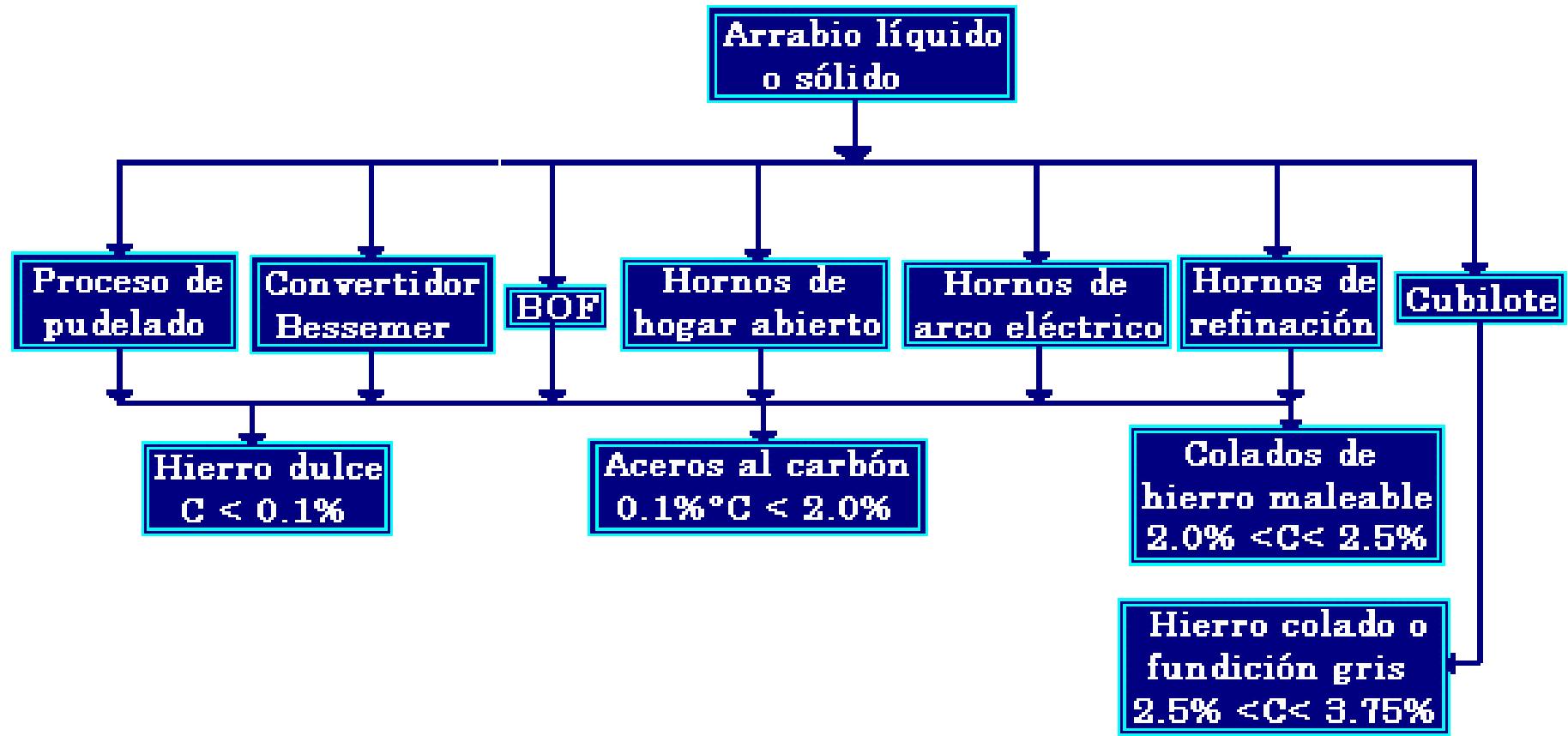


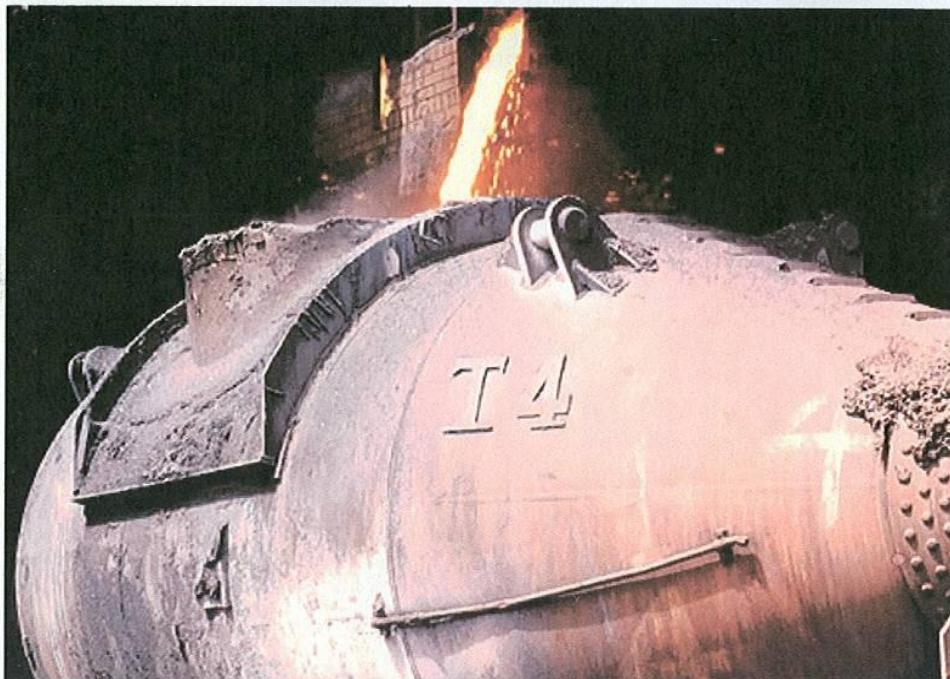


**Hot metal  
desulfurization**

**Decrease- (S, P, Si)**

**LA PRESENCIA DEL AZUFRE  
PASA DE:  
0.08% a 0.01-0.02%**





## CARROS TORPEDO



En general el conjunto de procesos para convertir el arrabio en acero se denomina **AFINO**

Afino

Fase de oxidación

Eliminar exceso de C  
e impurezas Si, Mn y P

Oxigeno del aire  
(convertidores Bessemer  
y Thomas)

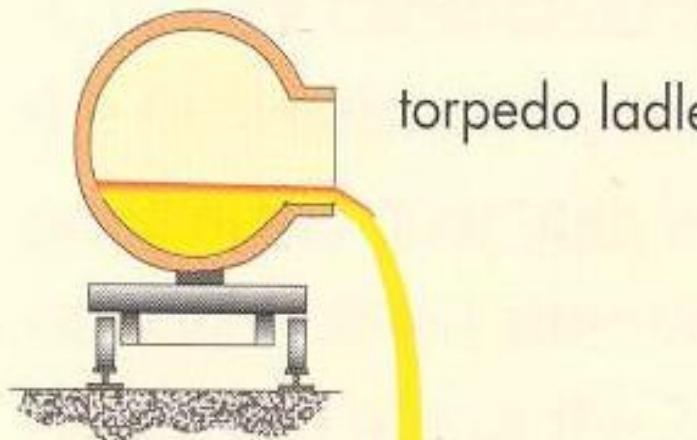
Oxigeno puro  
(oxiconvertidores)

Oxido de hierro de la  
chatarra (hornos Martin-  
Siemens y eléctricos)

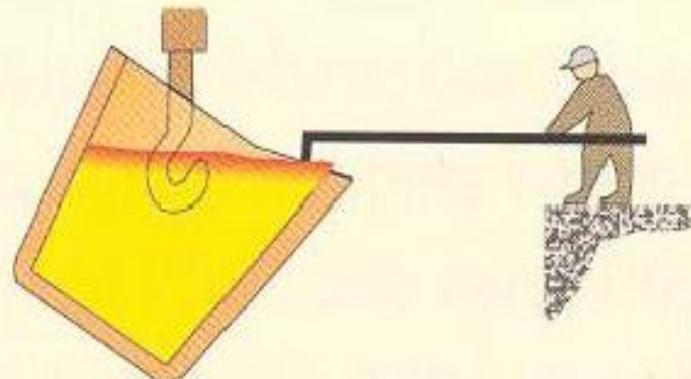
Fase de reducción

Eliminar S y reducir el óxido de hierro

## EL ARRABIO DEL TORPEDO SE VIERTE EN UNA OLLA DE COLADA PARA DESCORIARLO



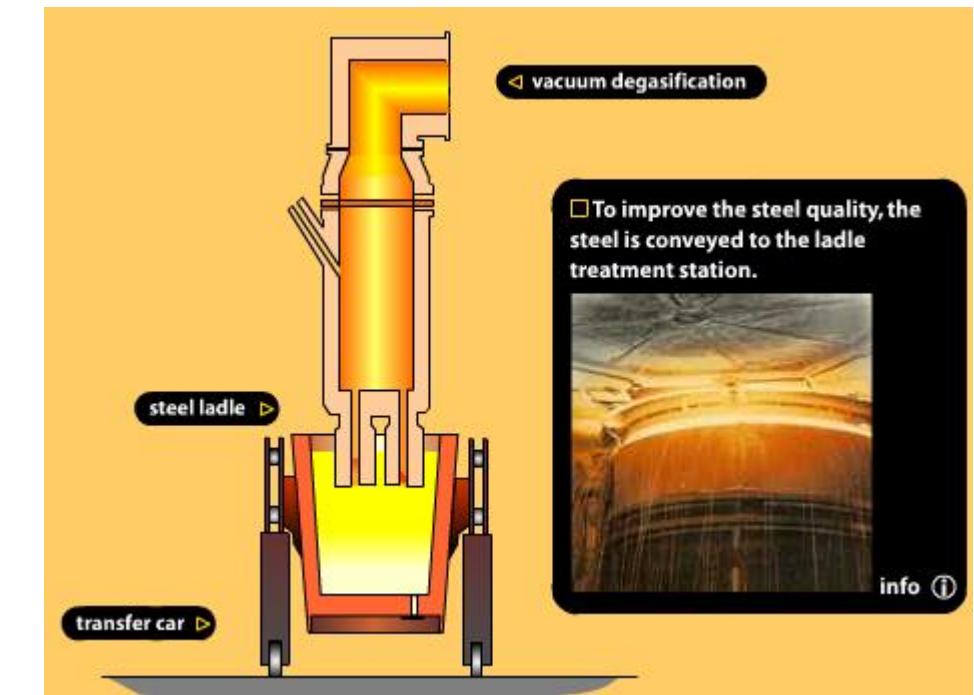
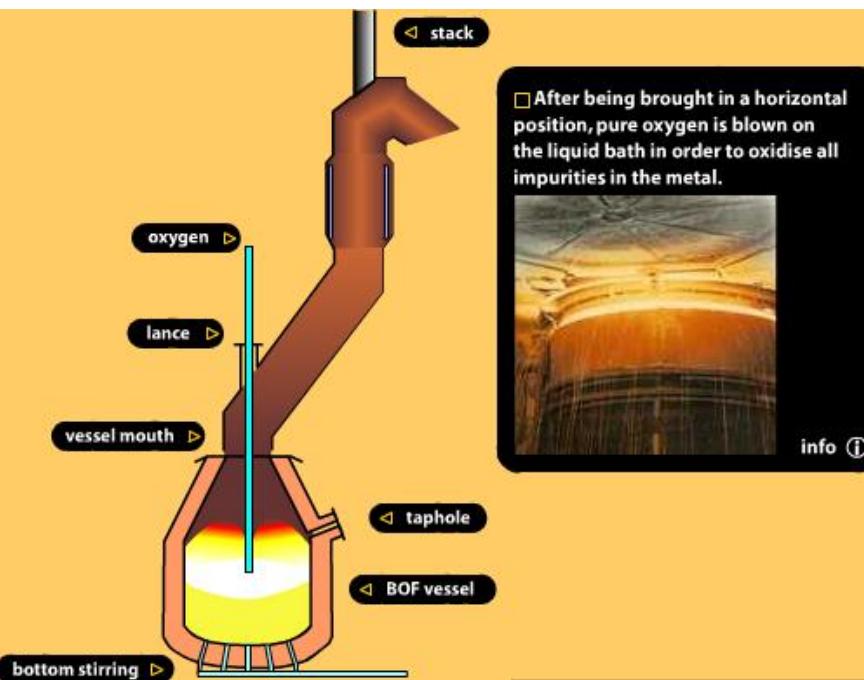
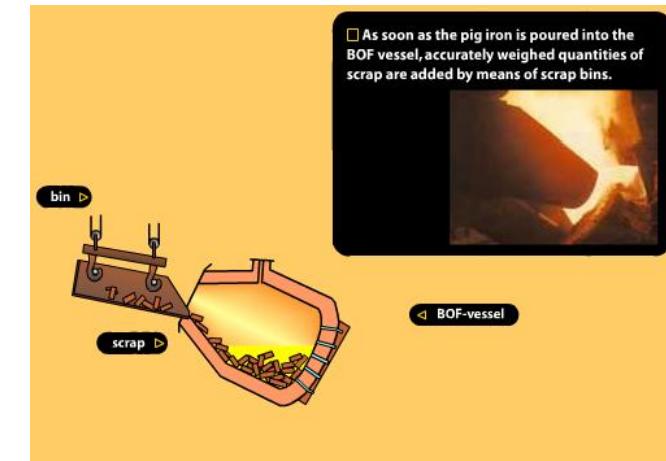
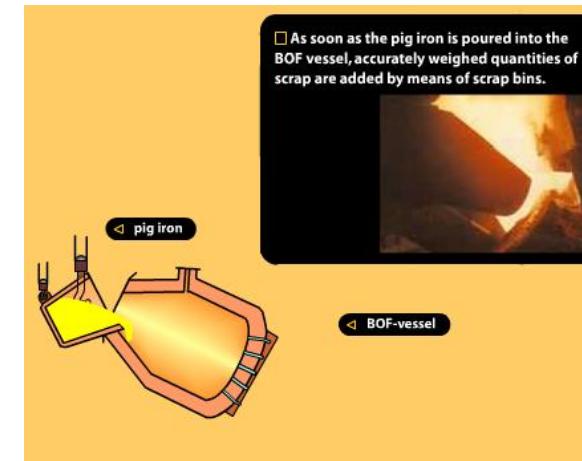
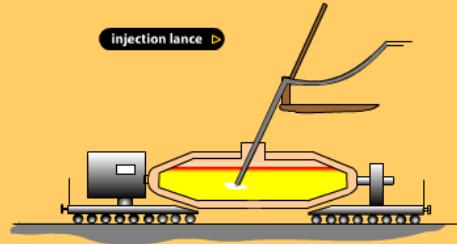
torpedo ladle



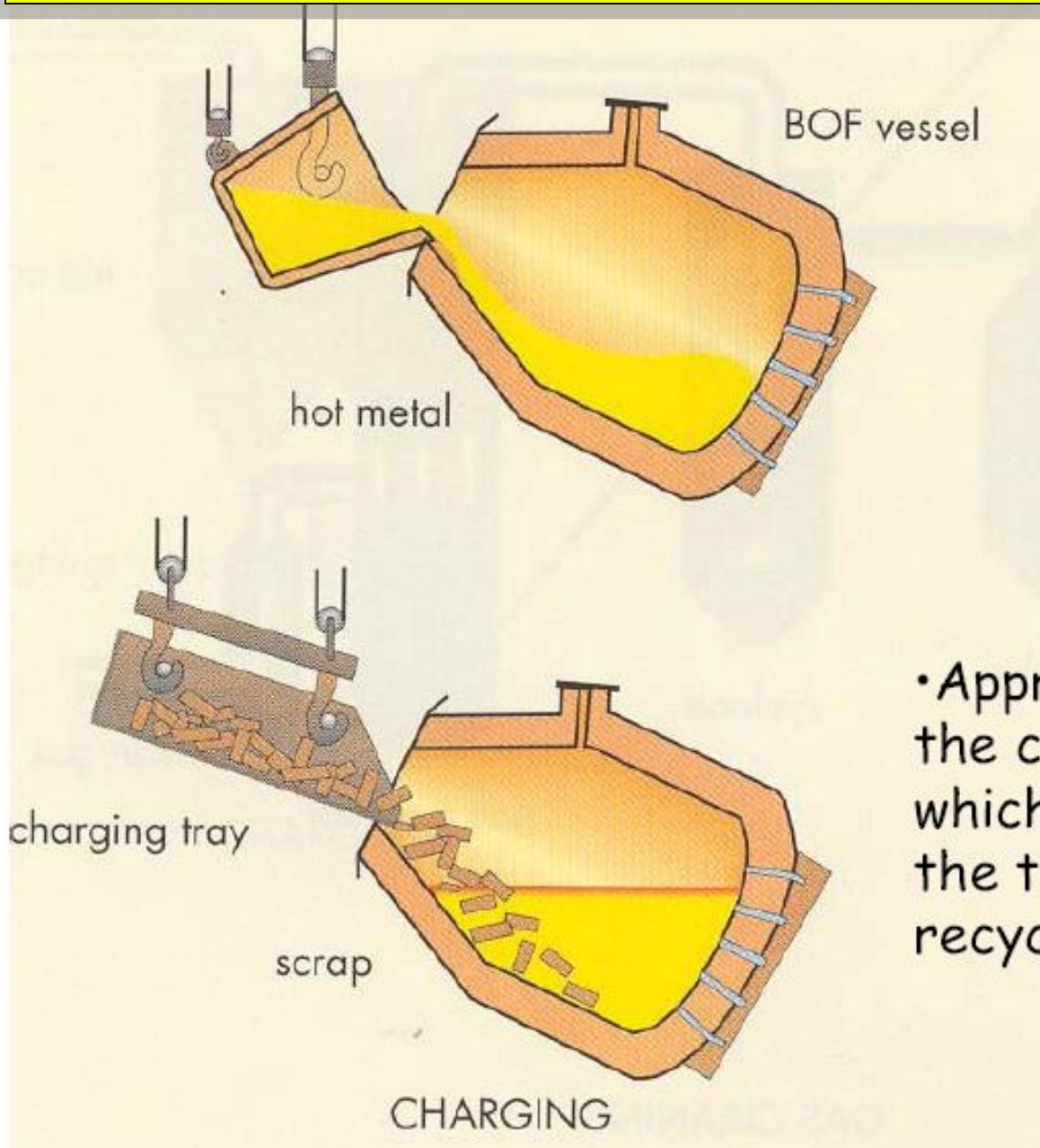
SLAG REMOVAL

□ Pig iron is transported from the blast furnaces to the steel plant by means of torpedo ladles with a capacity of up to 200 tonnes.

The pig iron is first desulphurised in one of the two desulphurisation installations, and subsequently transported to the slag removal station.



## CONVERTIDOR BESSEMEM y CONVERTIDOR TOMAS

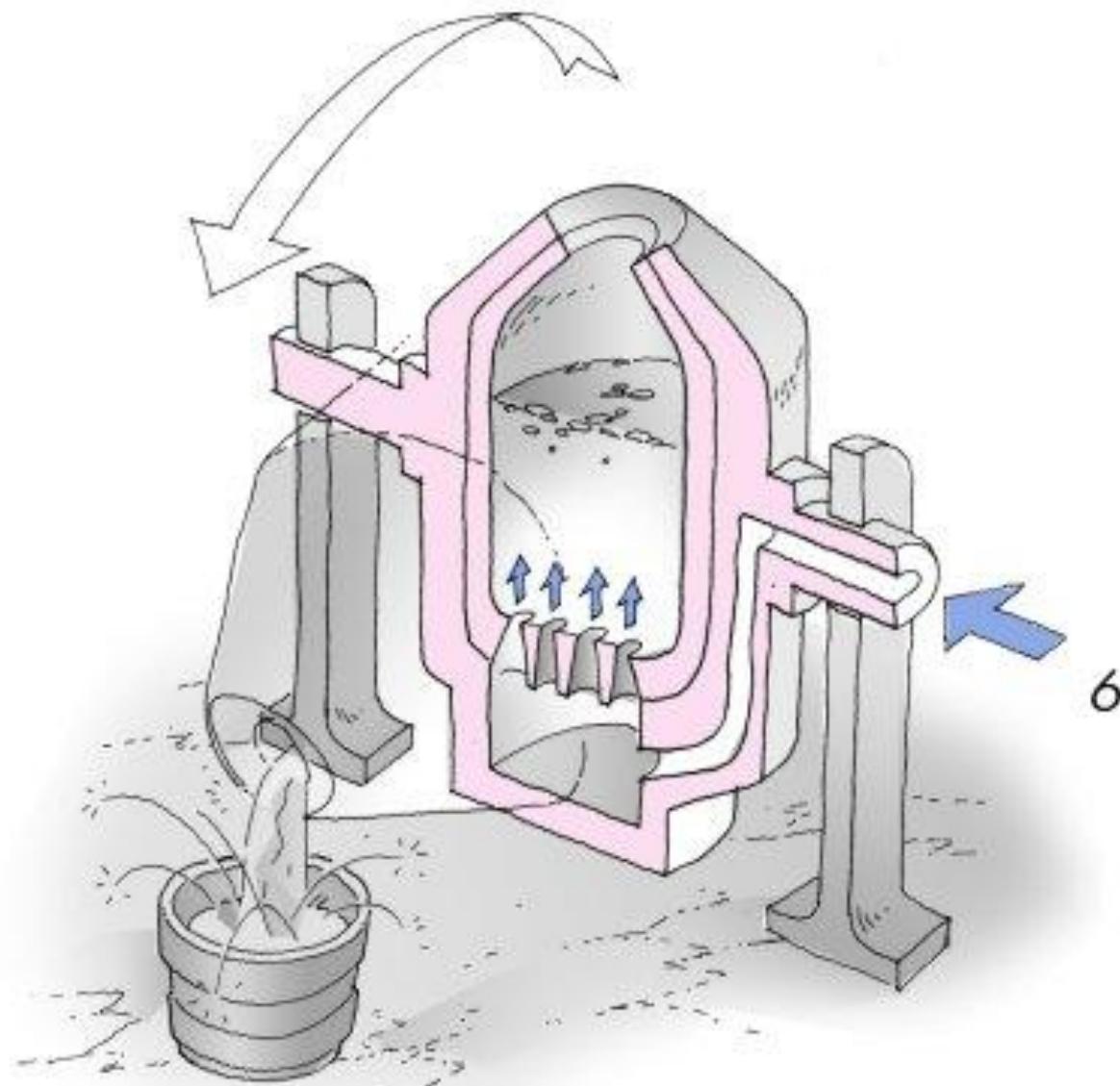


### Carga arrabio:

Fe	93.0%
C	4.0%
Si	0.5-2%
Mn	1%
P	2-0.1%
S	0.05%

- Approximately 30% of the charge is scrap steel, which is added to control the temperature, and to recycle steel.

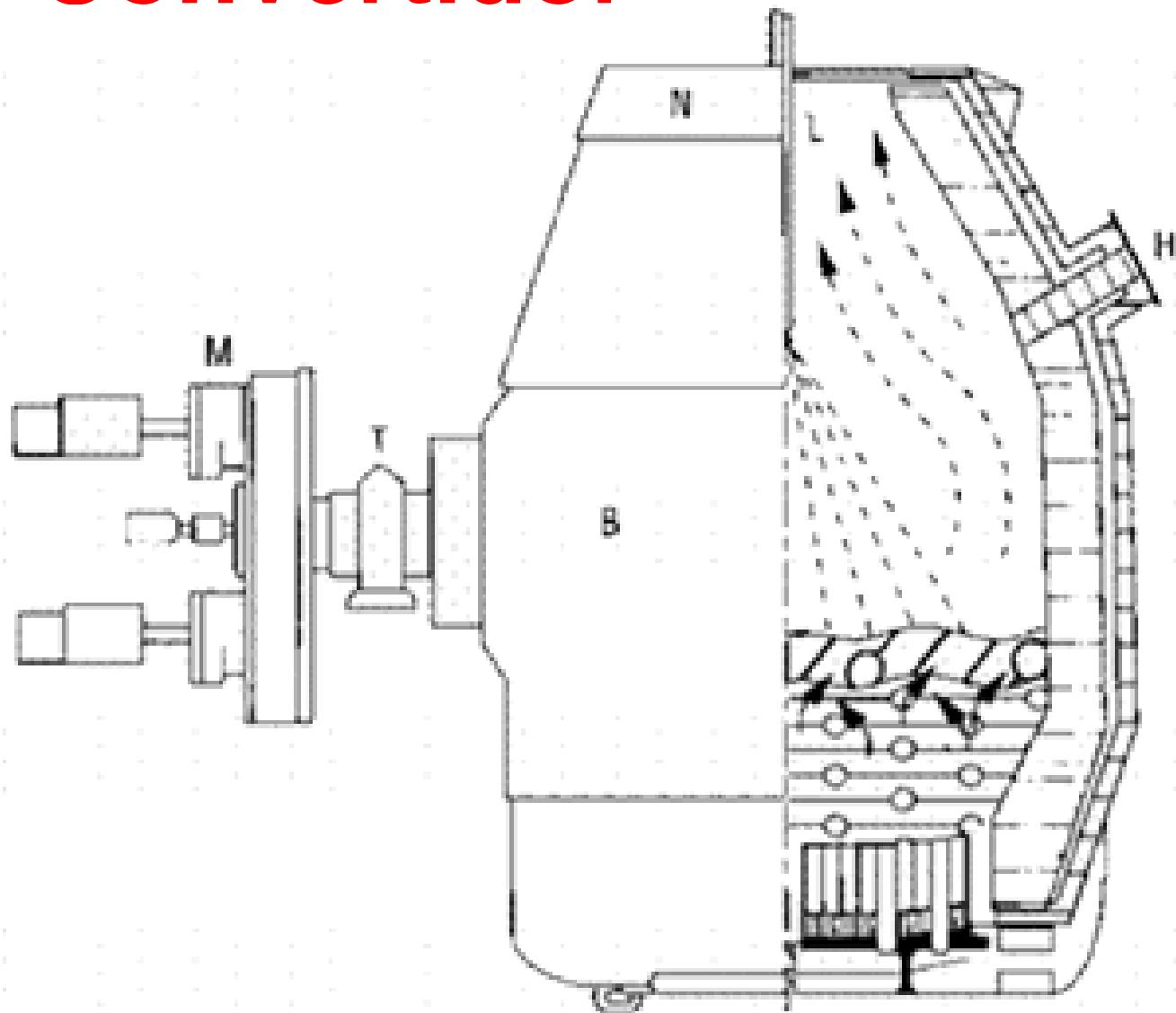
## *Sistema Bessemer*





# Convertidor

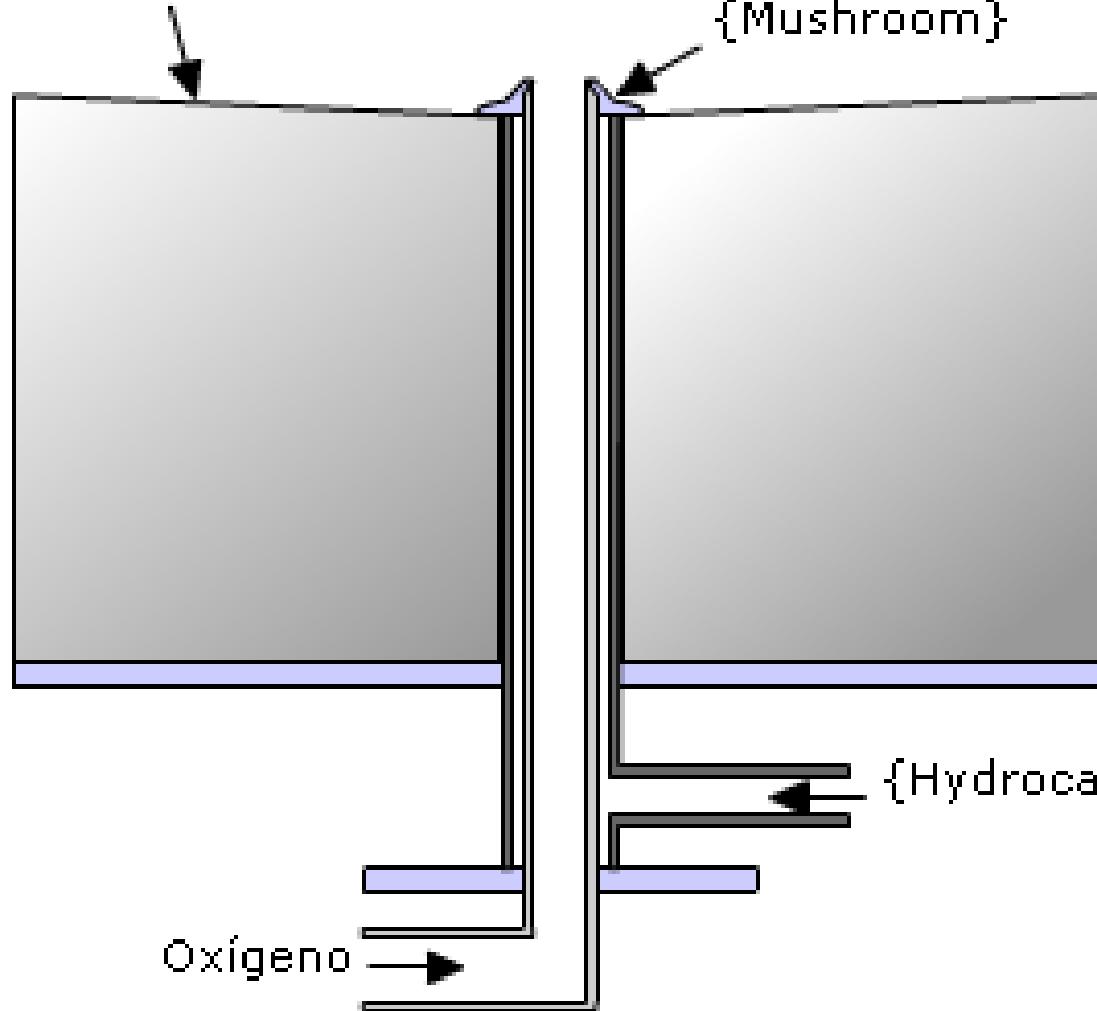
Boca (N), Lanza (L), eje de basculación (T), mecanismo de basculación (M), y abertura de colada (H), asimismo en la parte inferior se encuentran las toberas (Z).



# Toberas

{BottomRefractories}

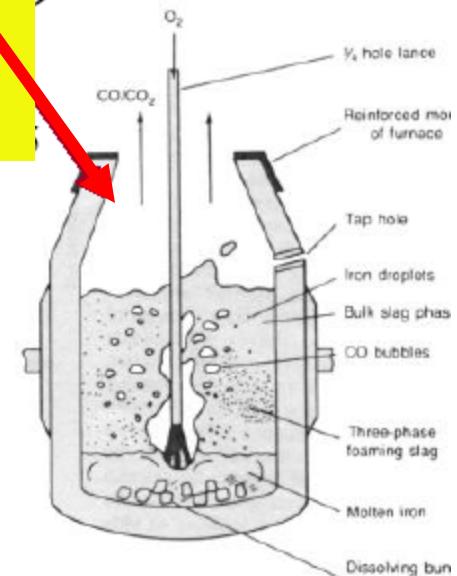
{Mushroom}

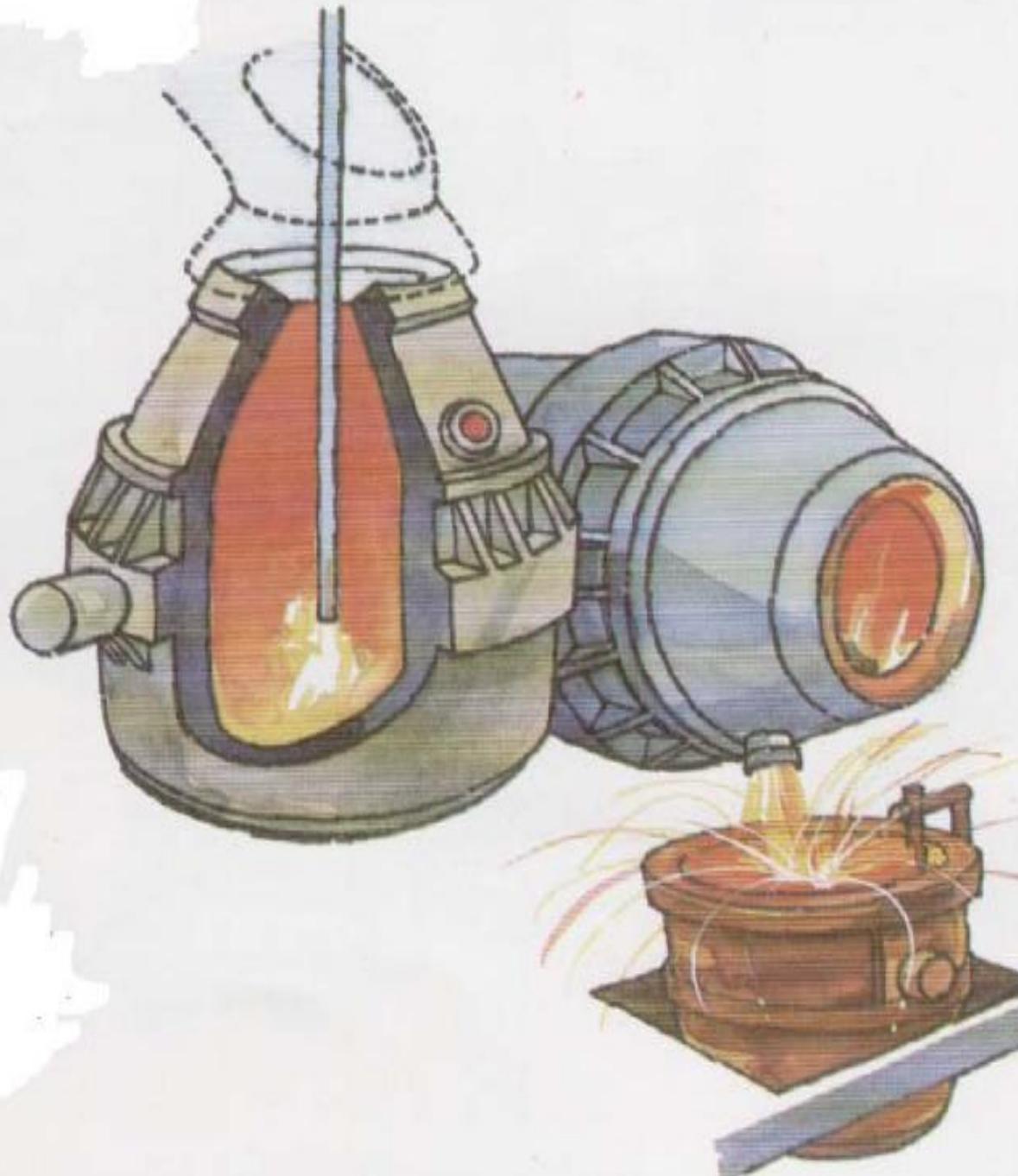


## PRIMERA ETAPA DE ACERACIÓN EN UN OXICONVERTIDOR

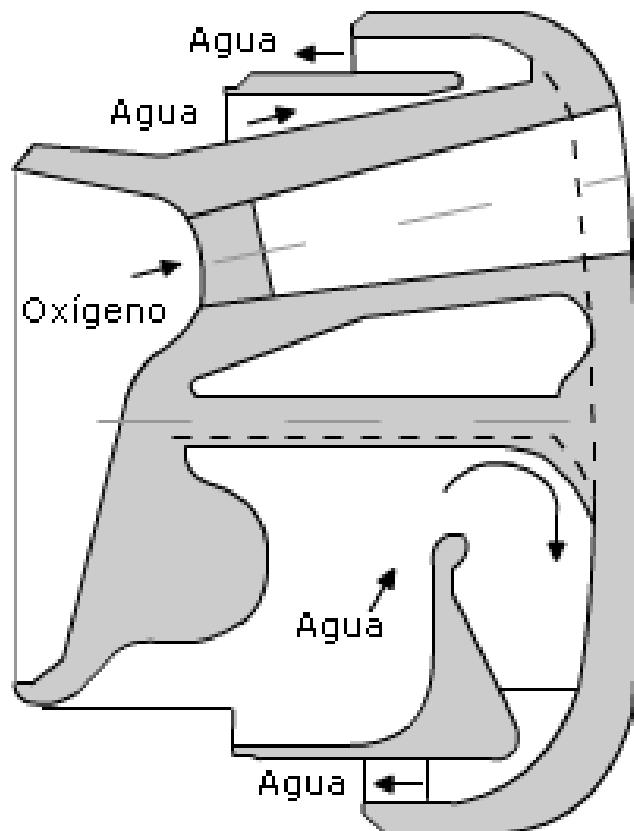
- Carbon, Silicon, Manganese, and Phosphorus are removed using a **basic oxygen furnace**.

Supersonic jets of pure oxygen blow into the hot metal, where the impurities are oxidised as shown by the following equations.

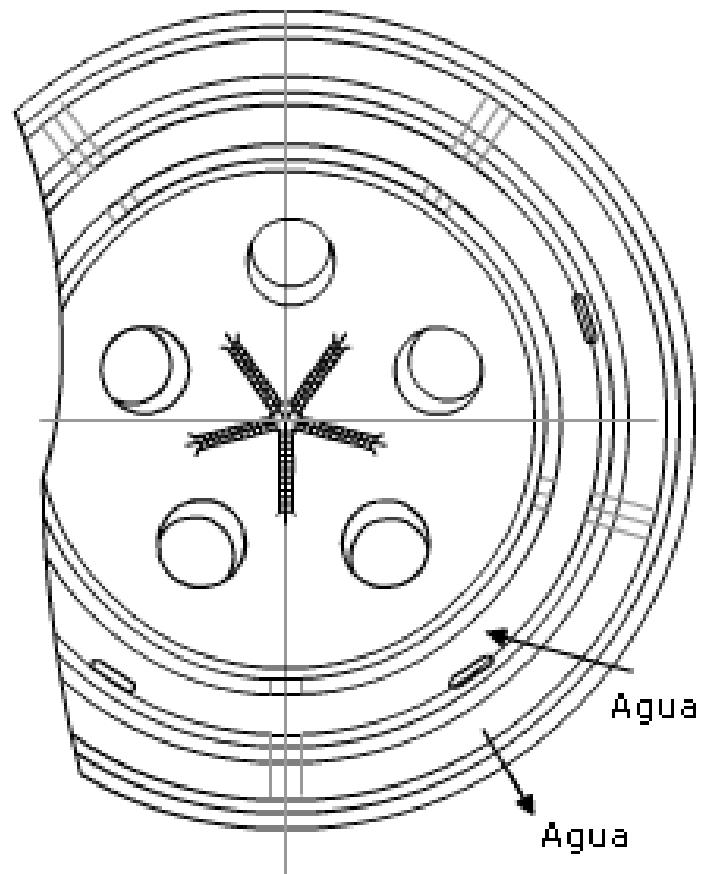




# Lanza



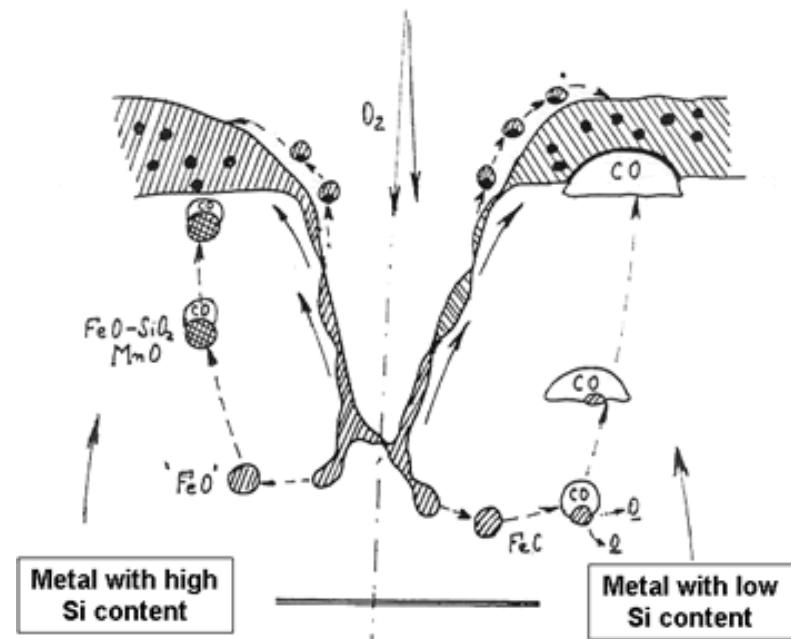
Side



Lance top

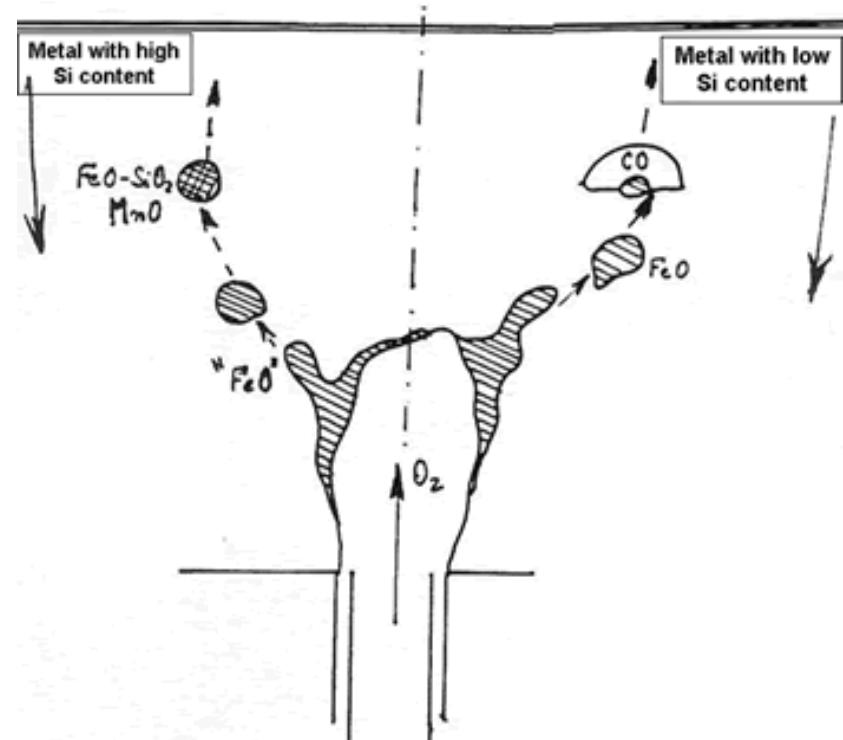
- Reacciones Químicas por el contacto del chorro de oxígeno desde Lanza

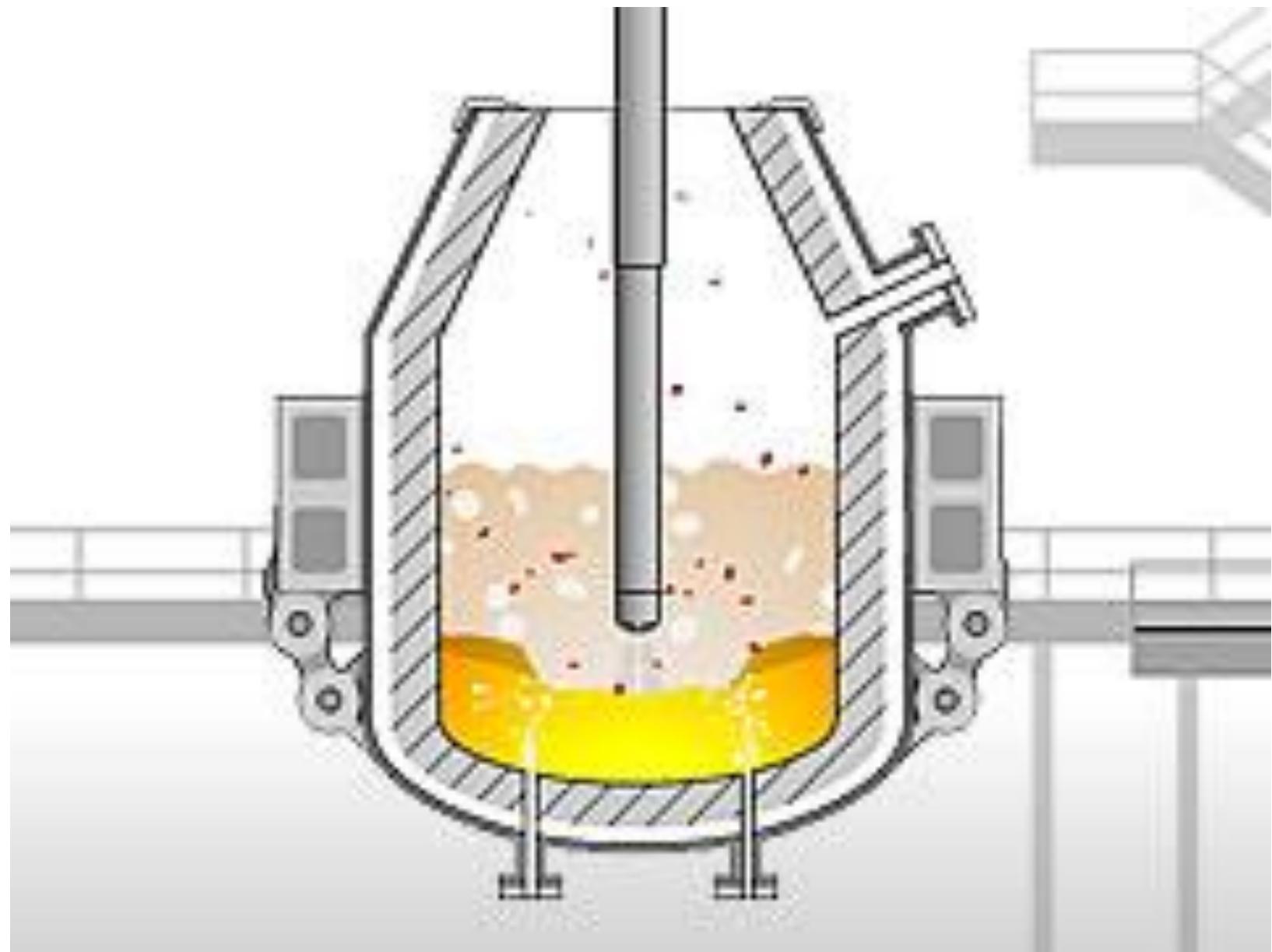
- Descarburación y oxidación.

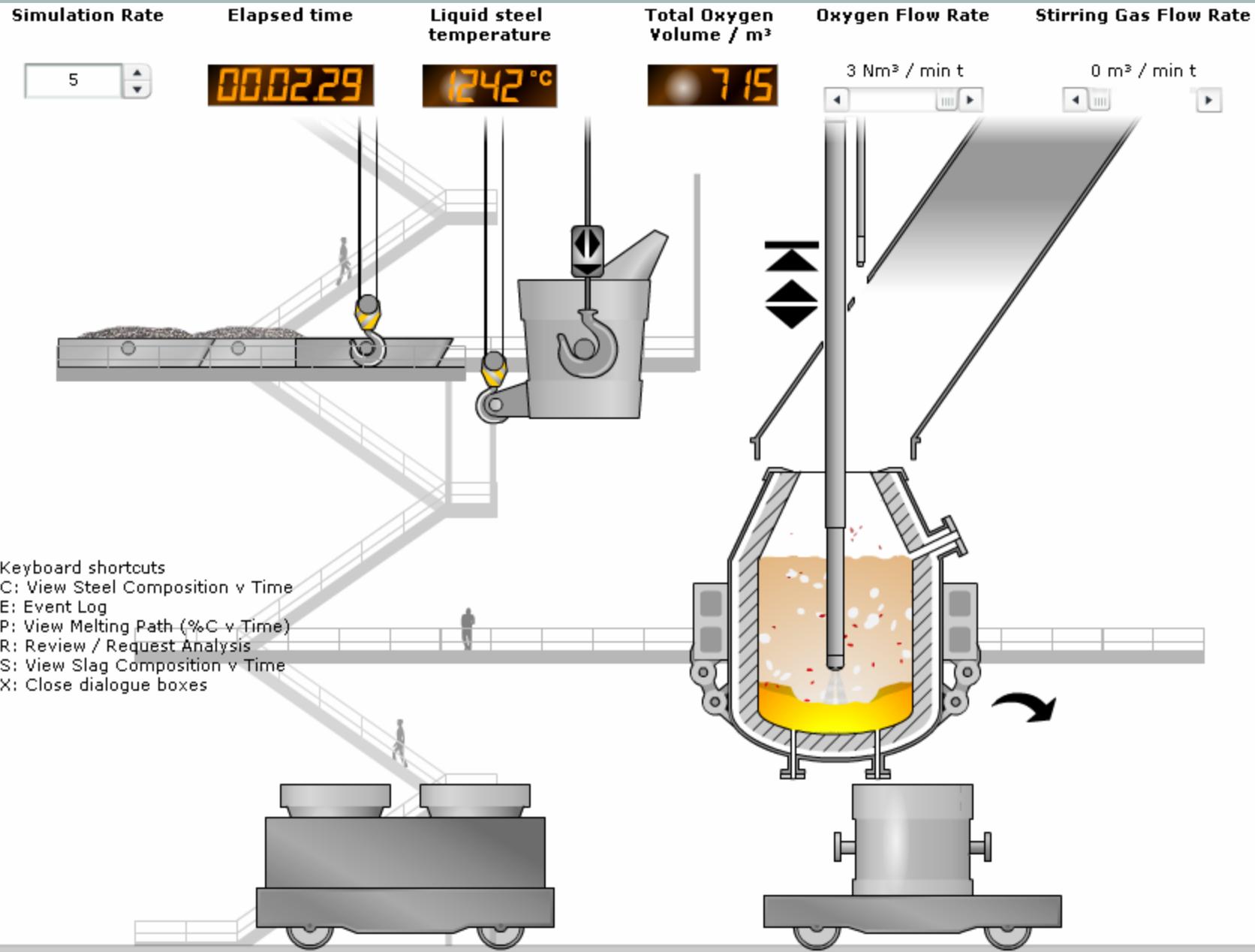


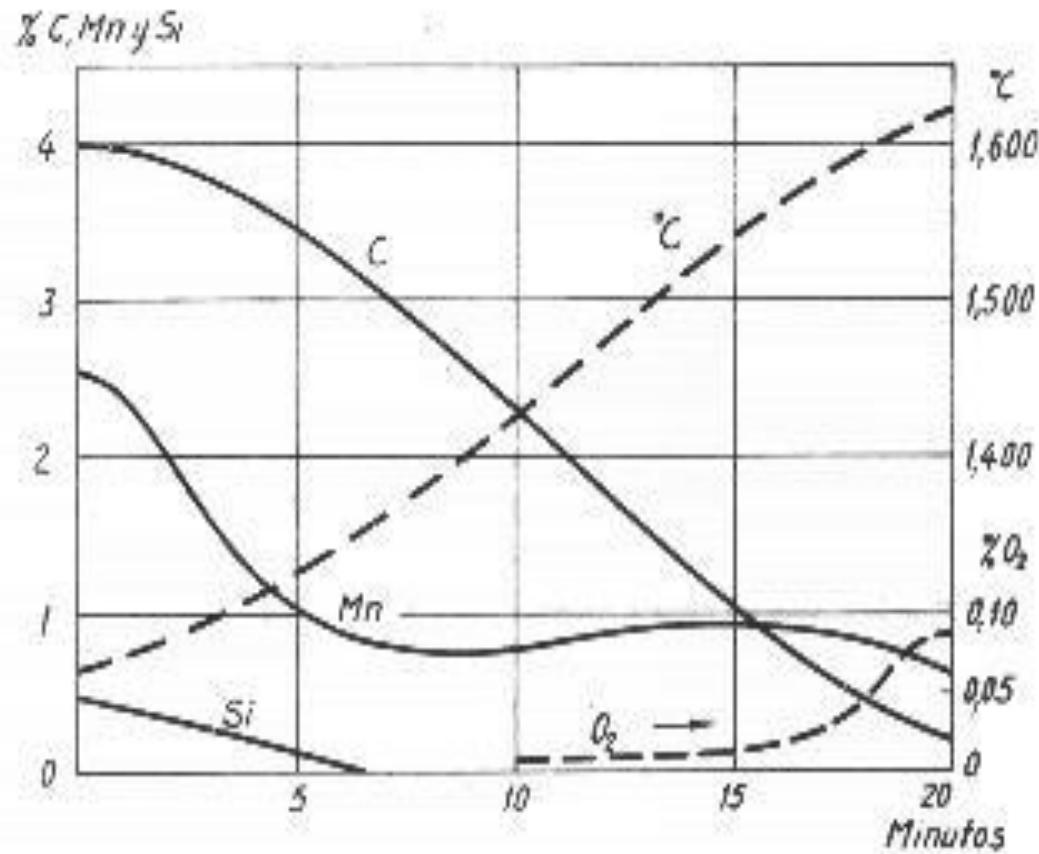
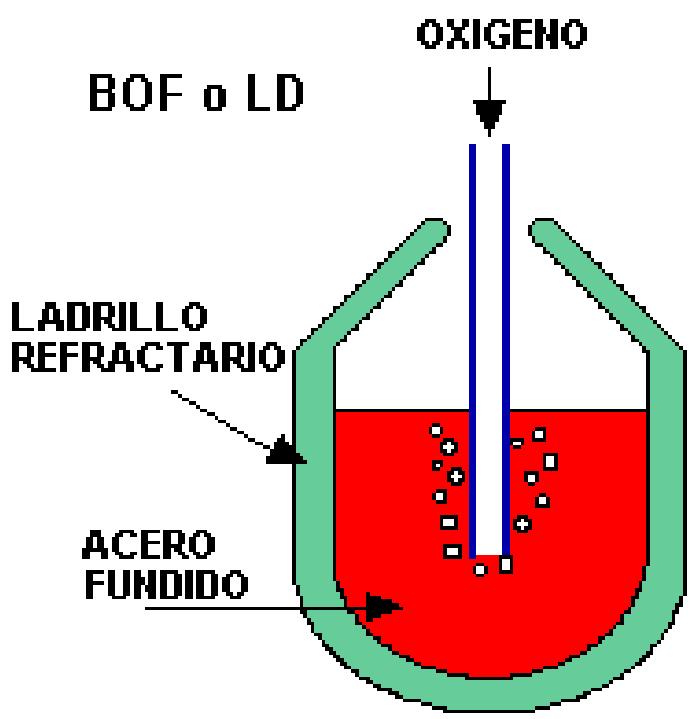
- Reacciones Químicas por el contacto del chorro de oxígeno desde Toberas:

- Descarburación y oxidación.

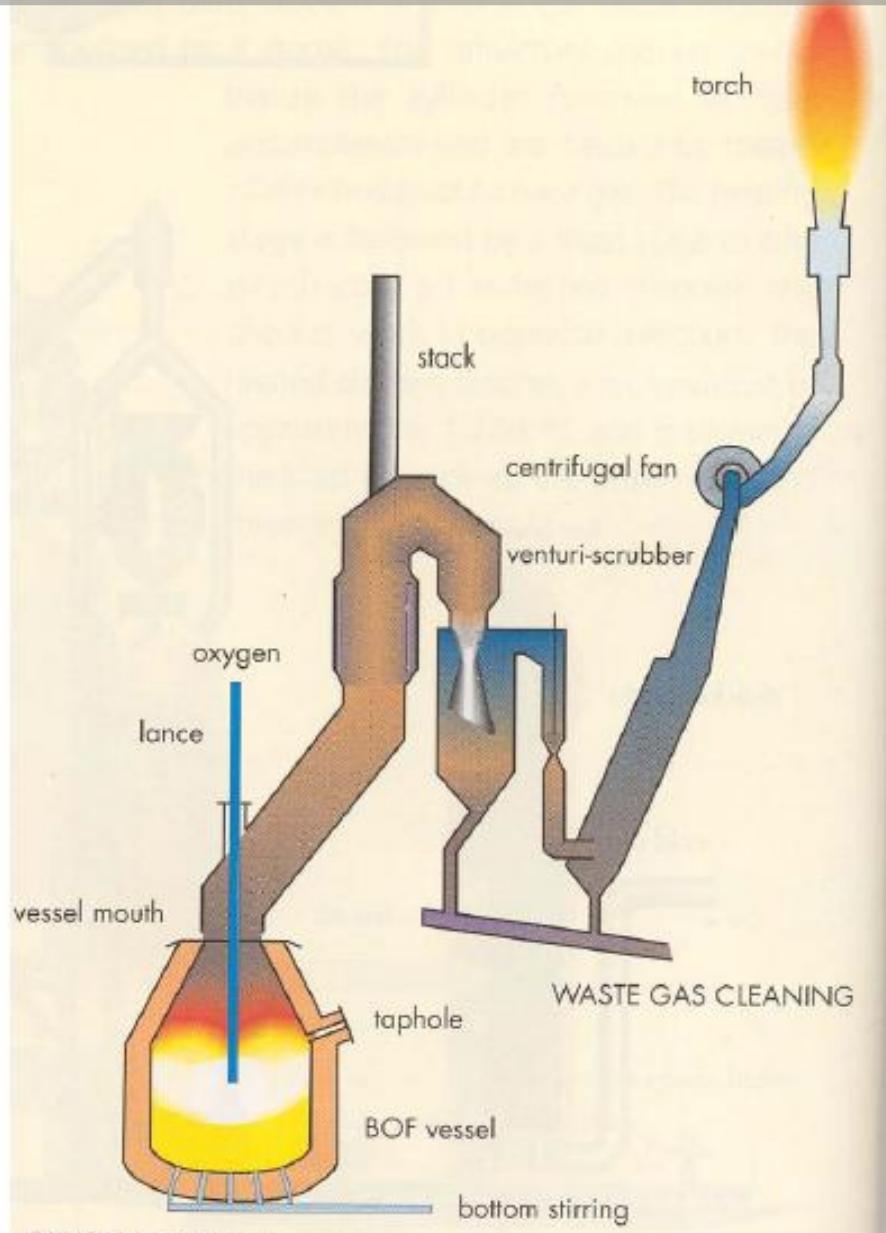






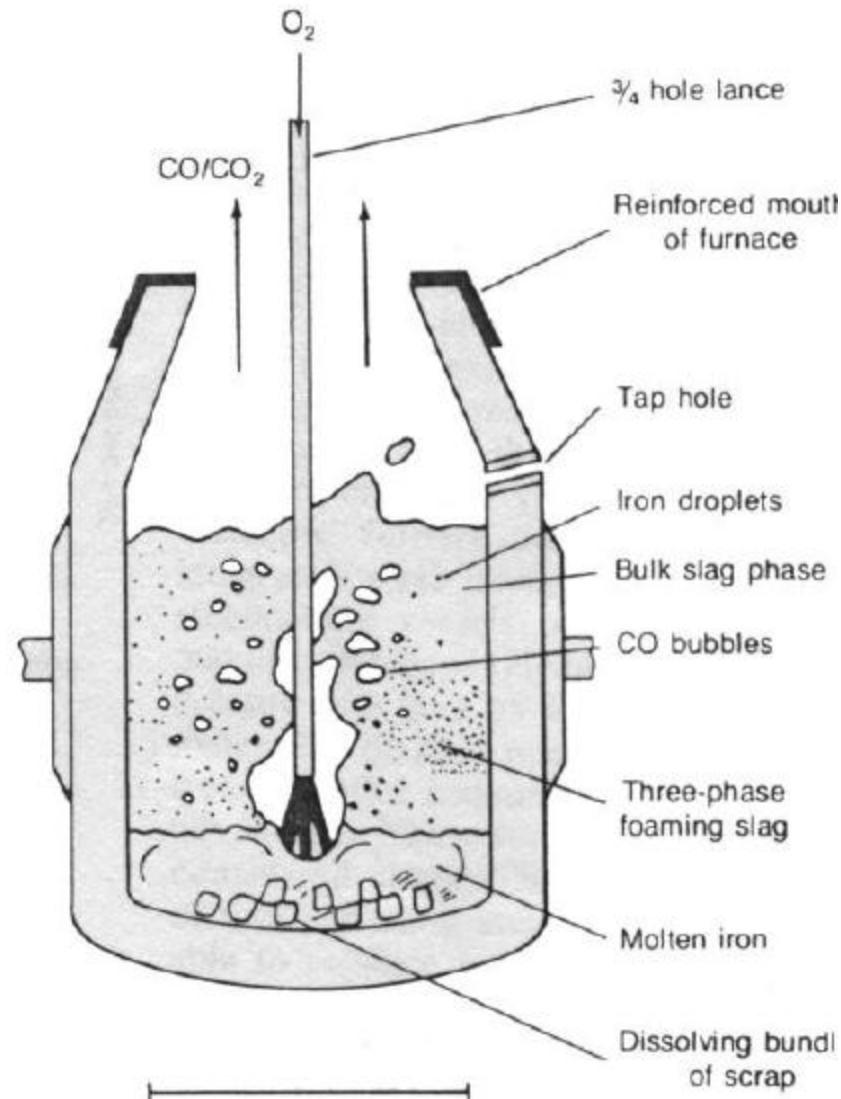


## SE PUEDEN ELIMINAR MAYOR CANTIDAD DE IMPUREZAS SI SE INYECTA EL OXIGENO CALIENTE

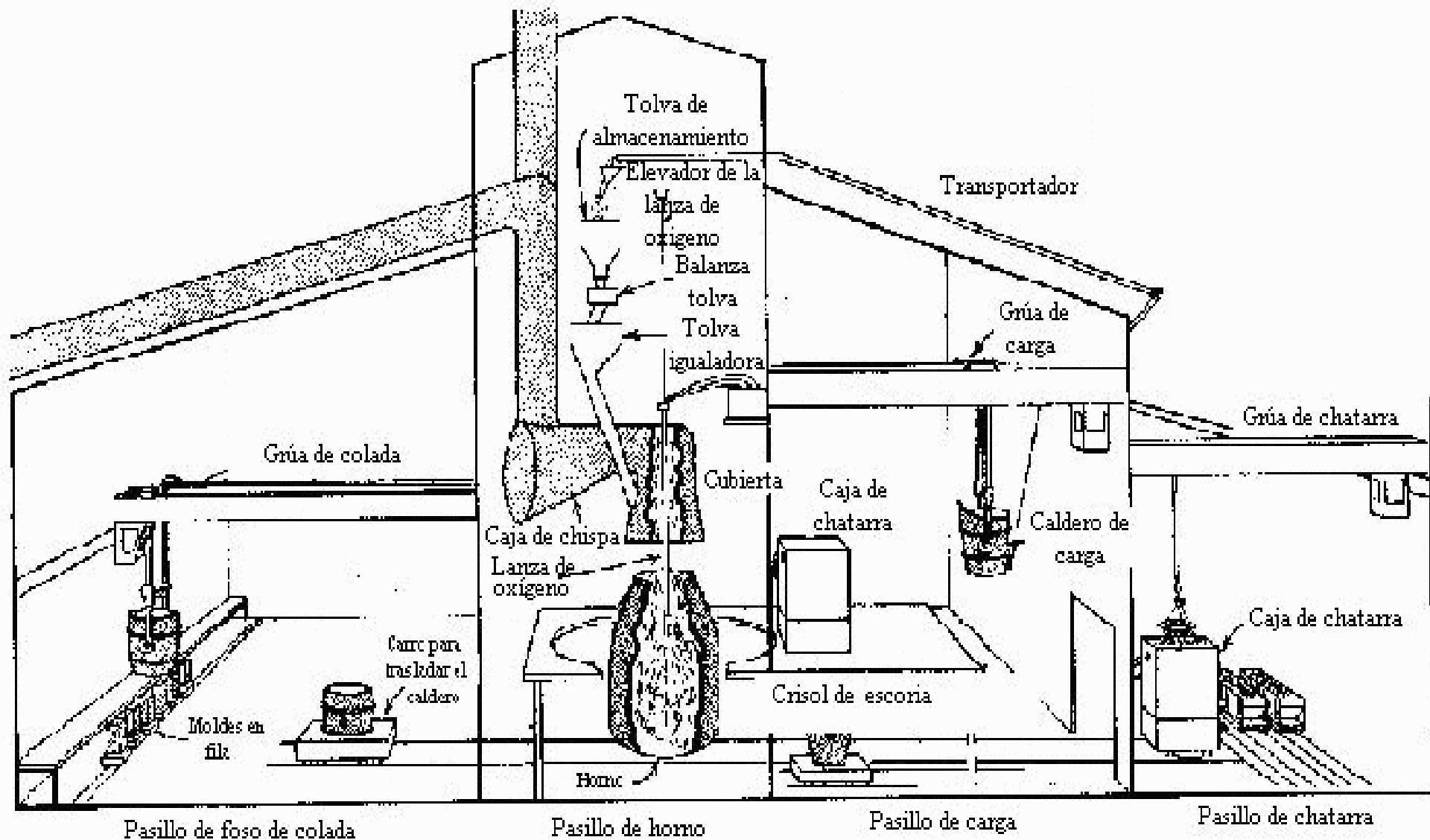


## OXICONVERTIDOR BASICO

- The carbon leaves the hot metal as carbon monoxide.
- The other oxidised impurities enter the slag phase by fluxing with burnt lime ( $\text{CaO}$ ).



# Horno básico de oxígeno



*Esquema de una planta de oxígeno para producción de acero*

## SEGUNDA ETAPA DE ACERACIÓN EN UN OXICONVERTIDOR

- The development of the Savarde-Lee shrouded tuyere made possible the bottom blowing of low-pressure oxygen at high flow rates.
- Dubbed **quick-quiet basic oxygen process**, it gives better mixing, lower carbon content (0.01 wt% C), less FeO in the slag, and shorter processing times.

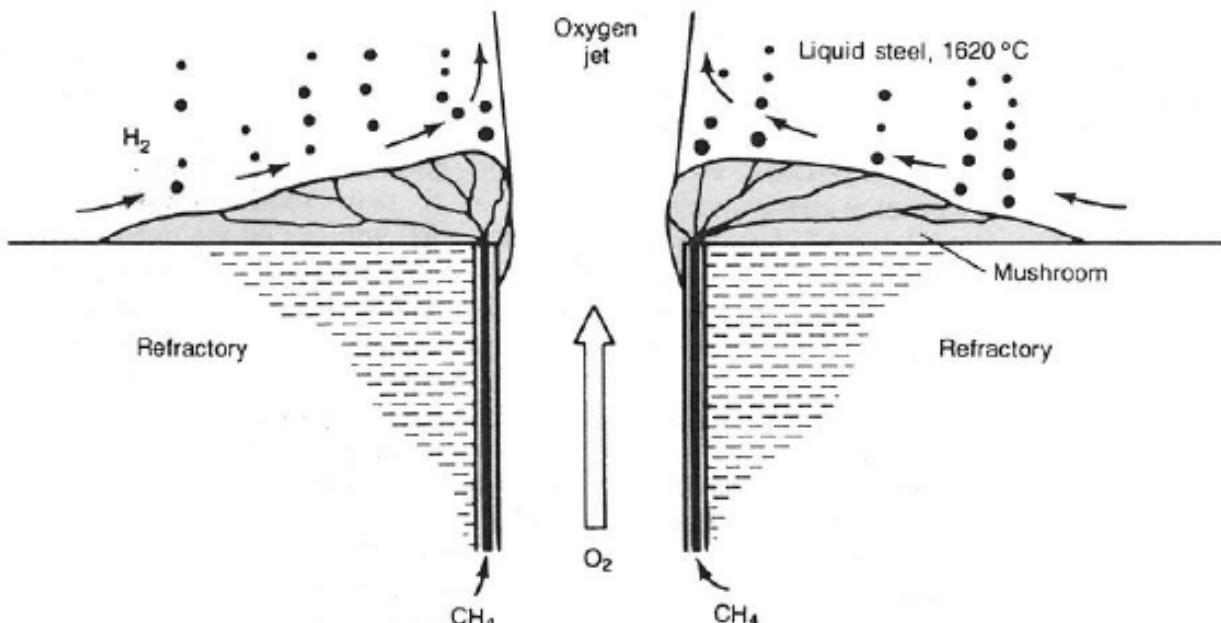
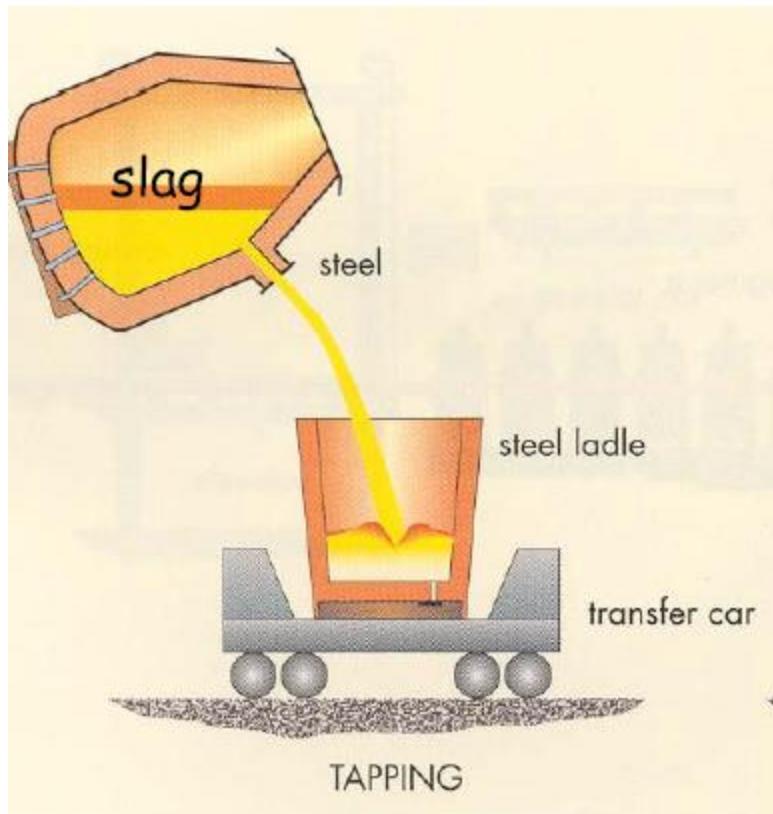


Fig. 4 Thermal accretions (mushrooms) formed in Q-BOP steelmaking operations using the Savarde-Lee

# VACIADO DEL CONVERTIDOR



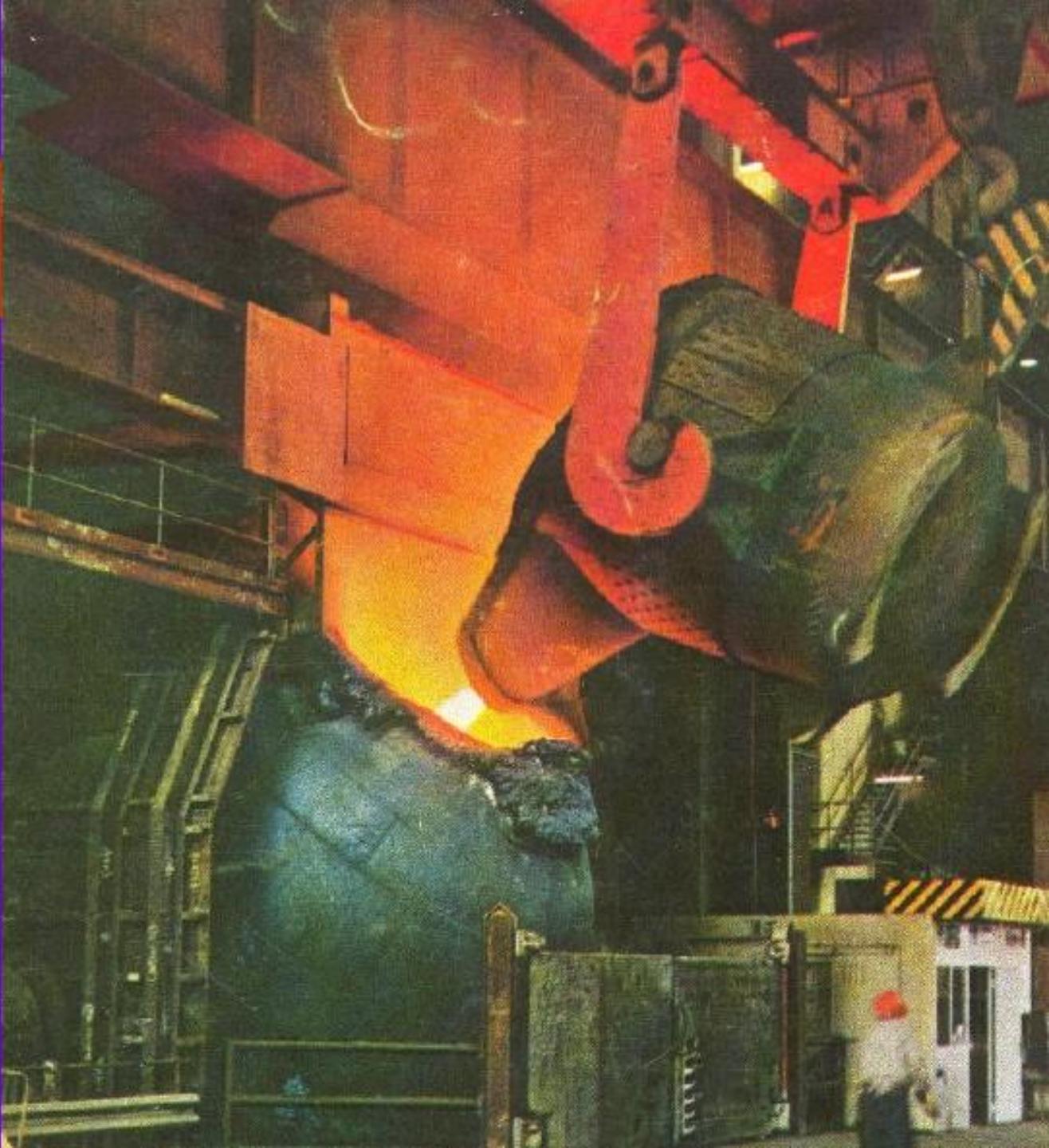
And once more slag [waste] is removed



## Acero:

Fe	98%
C	0.05-1.5%
Si	0.5-2%
Mn	0.3-0.6%
P	<0.05%
S	<0.05%

## CARGA DE ARRABIO





## **SEGUNDA ESTAPA DE ACERACIÓN: ADICIÓN DE DESOXIDANTES Y FERROALEACIONES**

- Steel, when poured into a teeming ladle, has an oxygen content of 0.04-0.1 wt%. This would cause blow holes if the steel were allowed to solidify.
- This is removed by adding aluminum, ferrosilicon, or carbon to precipitate the oxygen as part of a condensed oxide
- When aluminum is the deoxidizing agent the steel will have fine grained tendencies; this is attributed to the very fine distribution of aluminum oxide which acts as nuclei to promote a fine grained structure

# **Metalurgia secundaria del hierro (arrabio)**

# Objetivos

- Ajustes en la composición, agitación, desgasificación y recalentamiento.
- La metalurgia secundaria actúa como un compensador entre los procesos BOS (Basic oxygen steelmaking) y la colada continua.
- Permiten que un rango de aceros más amplio se adecue a características técnicas más estrictas y específicas.

# Operaciones

- Agitación:
  - Lanza
  - Tapón poroso en el fondo de la cuchara
  - Agitación electromagnética (EMS)
    - Horno cuchara
    - Inyección en la cuchara:
      - Polvo
      - Alambre
    - Desgasificación:
      - Tanque desgasificador
      - Desgasificador RH
    - CAS-OB

# **Agitación**

**La agitación es fundamental para:**

- **homogeneizar la composición química del baño;**
- **homogeneizar la temperatura del baño;**
- **facilitar los intercambios entre la escoria y el metal que son esenciales para los procesos tales como la desulfuración;**
- **acelerar la remoción de inclusiones en el acero**

**La agitación se logra por:**

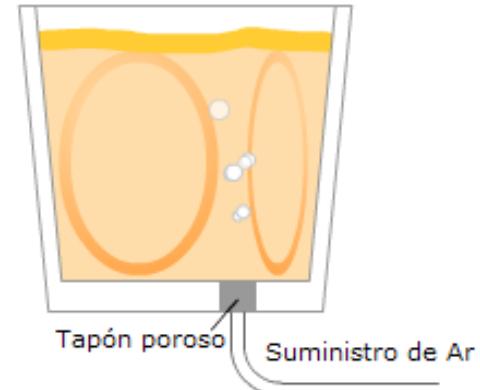
- **Inyección de argón a través del acero líquido, ya sea mediante una lanza sumergida, o por tapones porosos en el fondo de la cuchara**
- **Agitación electromagnética - EMS**

# Inyección de argón

- Mediante lanza sumergida



- Por tapón poroso



Inyección de argón a través del  
tapón poroso de la cuchara

Inyección de argón a través de la  
lanza superior

## Ventajas:

- Protege el revestimiento de la cuchara
- Menor inversión y costos de operación que el EMS

## Desventajas:

- Importantes “zonas muertas” (las zonas muertas son las áreas del baño de acero donde la circulación es escasa o nula)
- Pérdida y oxidación de aleantes
- Agitación sólo en la estación de agitación

## Ventajas:

- “zonas muertas” minimizadas
- acero más limpio
- menor inversión y costos de operación que el EMS

## Desventajas:

- fuerte desgaste localizado en el material refractario
- régimen de construcción más riguroso

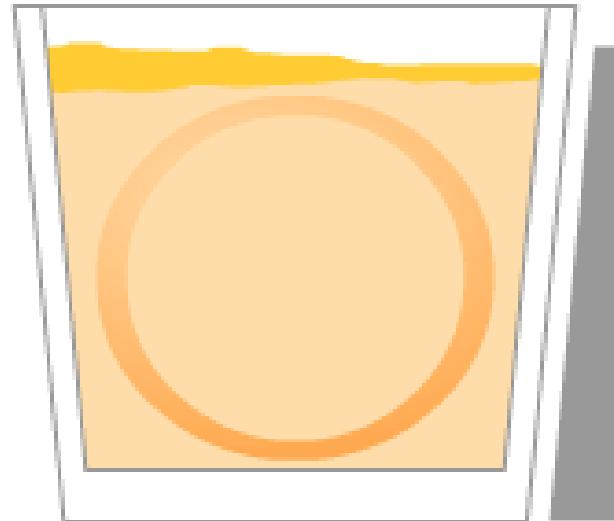
# Agitación electromagnética

**Ventaja:**

- flujo reversible
- de gran utilidad cuando se efectúan adiciones de aleación
- bajo índice de pérdida y oxidación de aleantes
- máxima seguridad y facilidad de construcción

**Desventajas:**

- altos costos de operación y capital
- poco contacto entre la escoria y el metal, por lo que habrá una menor eliminación de azufre y fósforo si se lo compara con el burbujeo de argón

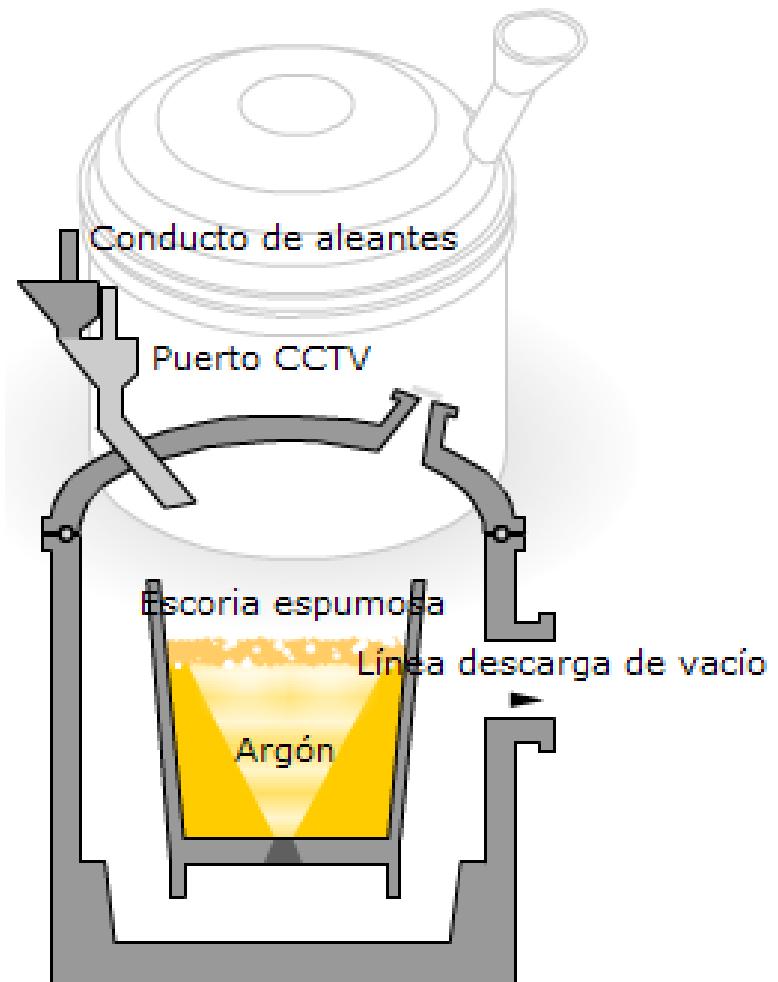
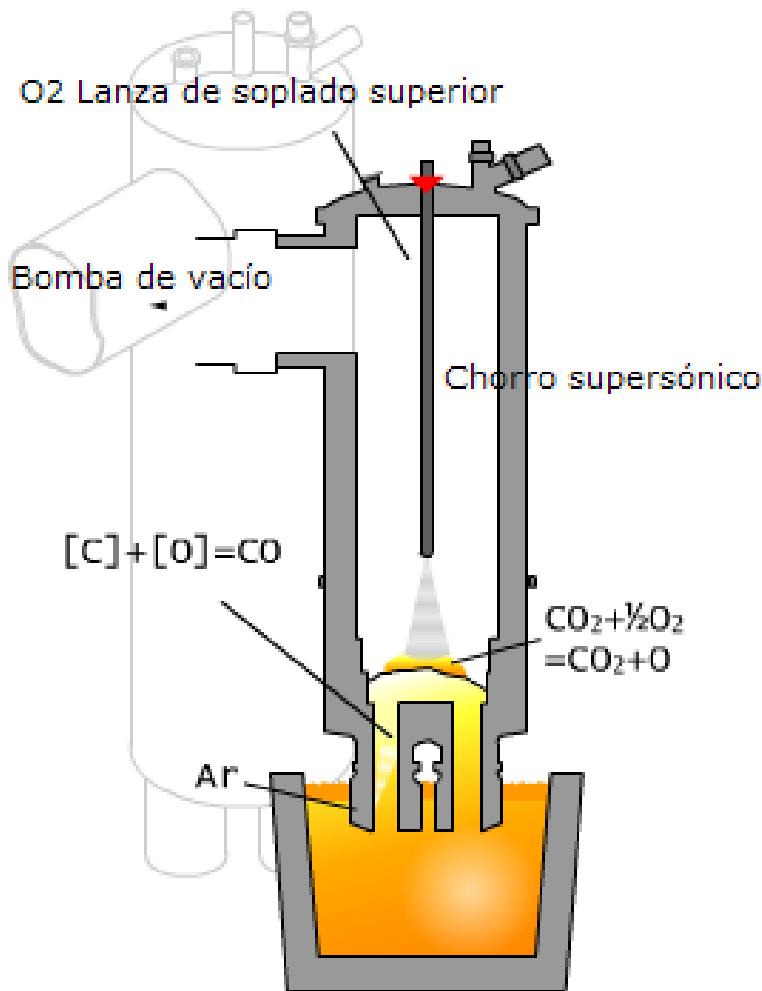


**Bobina agitadora**

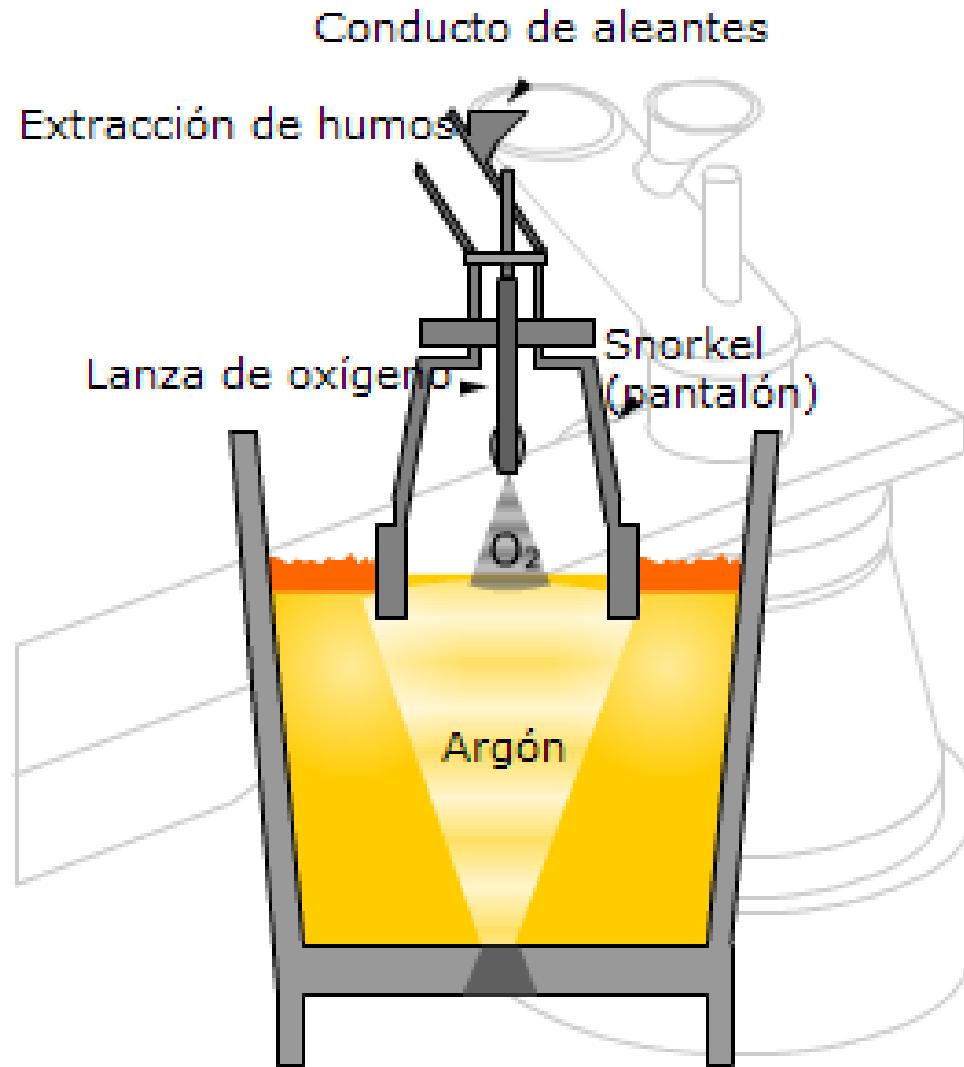
# **Desgasificación**

- **Satisfacer las especificaciones de una baja concentración de azufre**
- **El azufre está presente en el acero sólido como inclusiones de sulfuro de manganeso ( $\text{MnS}$ ).**
- **Estas inclusiones de  $\text{MnS}$  tienen diversos efectos en el procesamiento y las propiedades del acero.**

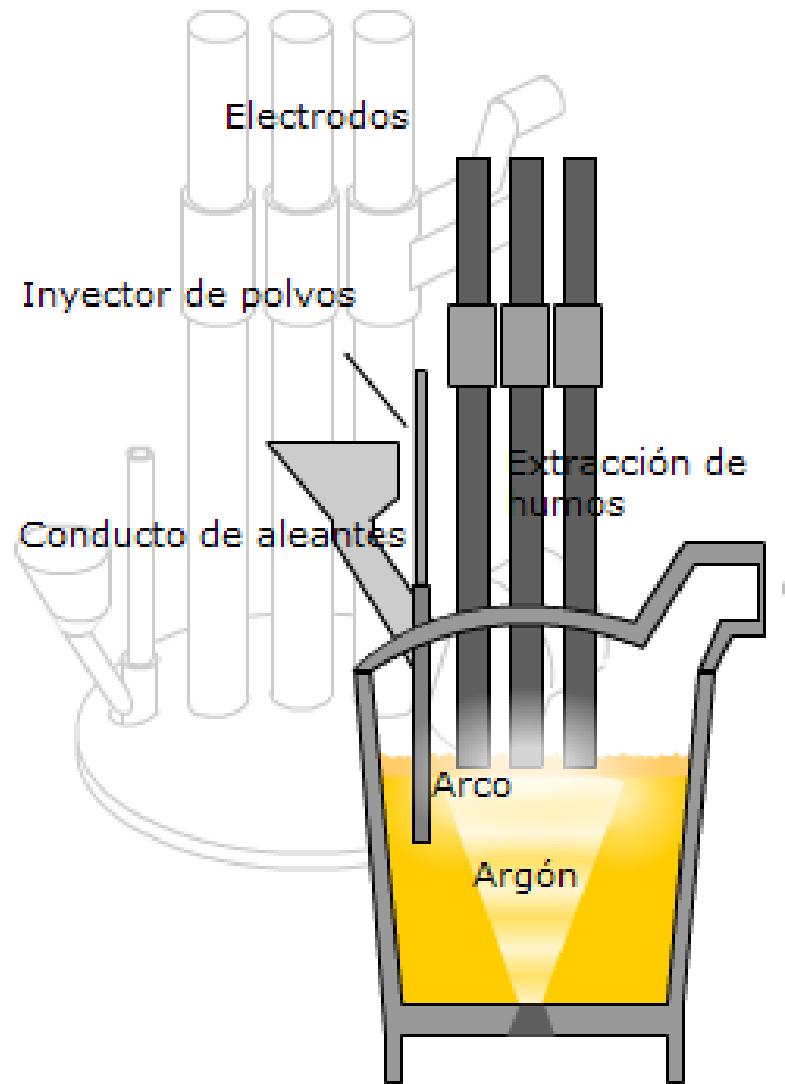
- Desgasificación por recirculación
- Tanque desgasicador



# CAS-OB (Composition Adjustment System-Oxygen Blowing)

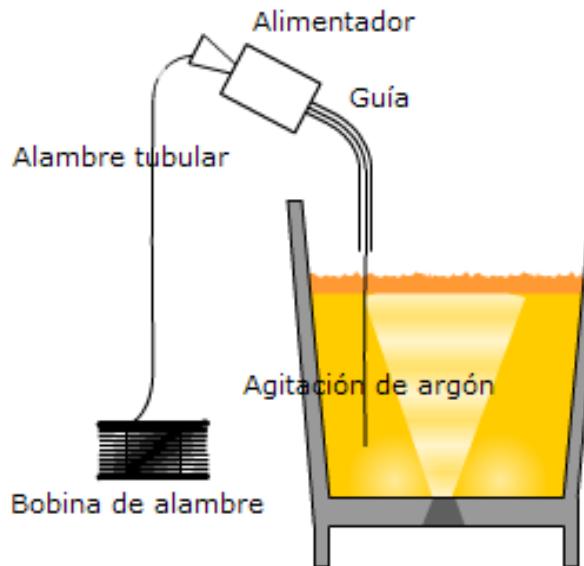


# Horno cuchara

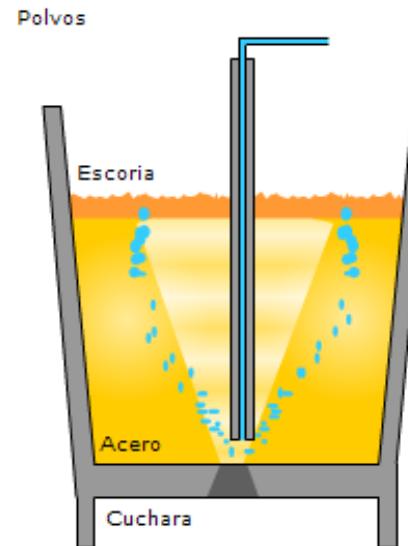


# Inyección en la cuchara

- Alimentación de alambre



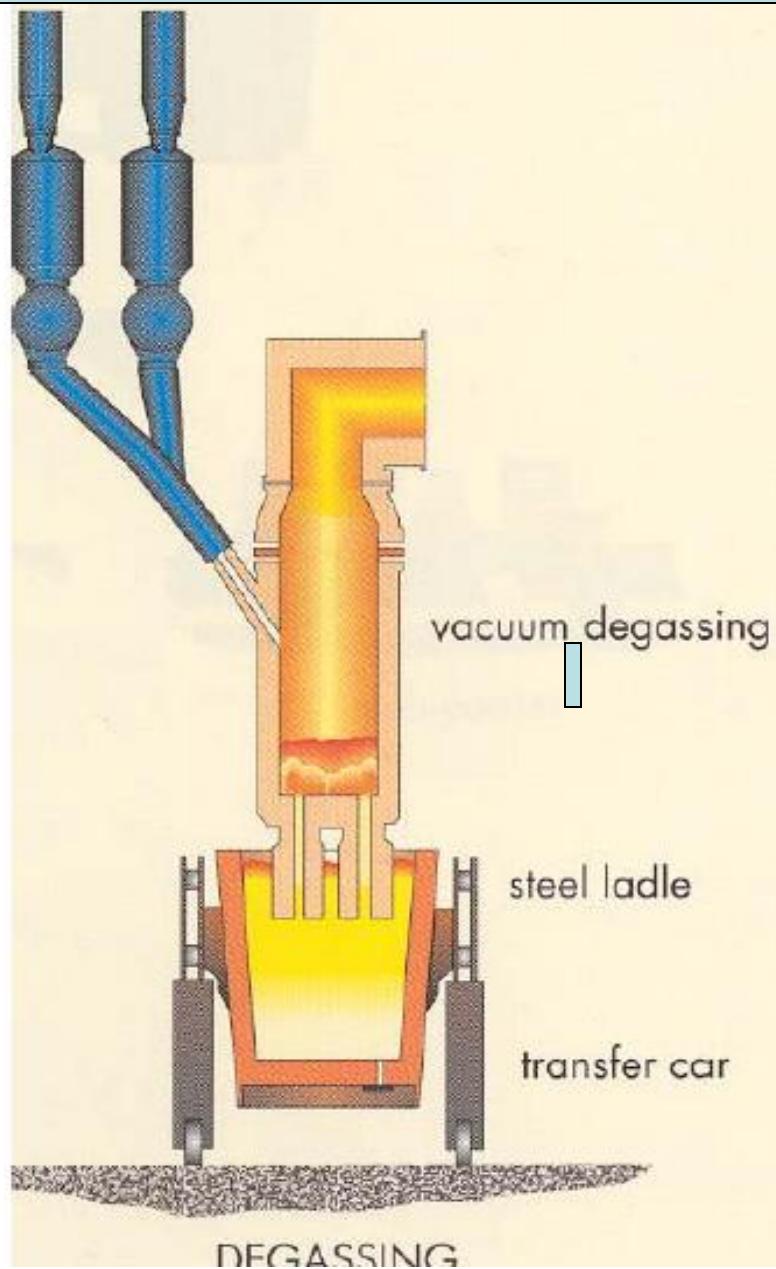
- Inyección de polvos



La alimentación con alambre es también útil para las adiciones que:

- son menos densas que el acero líquido y que podrían flotar a la superficie;
- tienen una solubilidad limitada;
- tienen una alta presión de vapor;
- tienen una alta afinidad por el oxígeno;
- son muy costosas y/o se agregan en pequeñas cantidades;
- son tóxicas.

## PROCESO DE DESGACIFICACIÓN



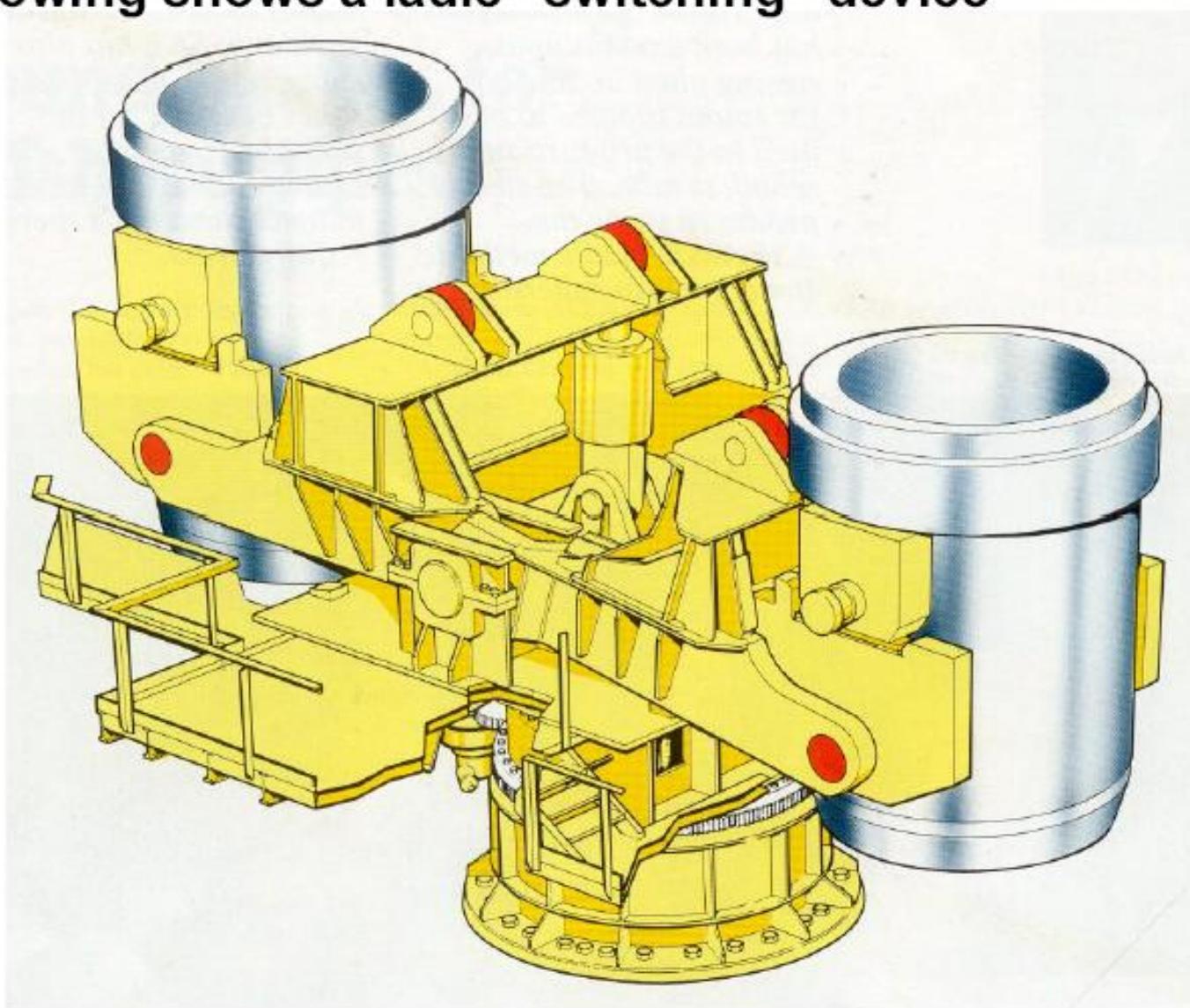
## TERCERA ETAPA DE ACERACIÓN

- **Injection refining** process involves pneumatically injecting lime and then calcium silicide through a vertical lance into the teeming ladle.
- Lime particles rise through the melt collecting smaller diameter products of deoxidation.
- This process can reduce total residuals (S, O, N, H, P) to approximately 50 ppm.

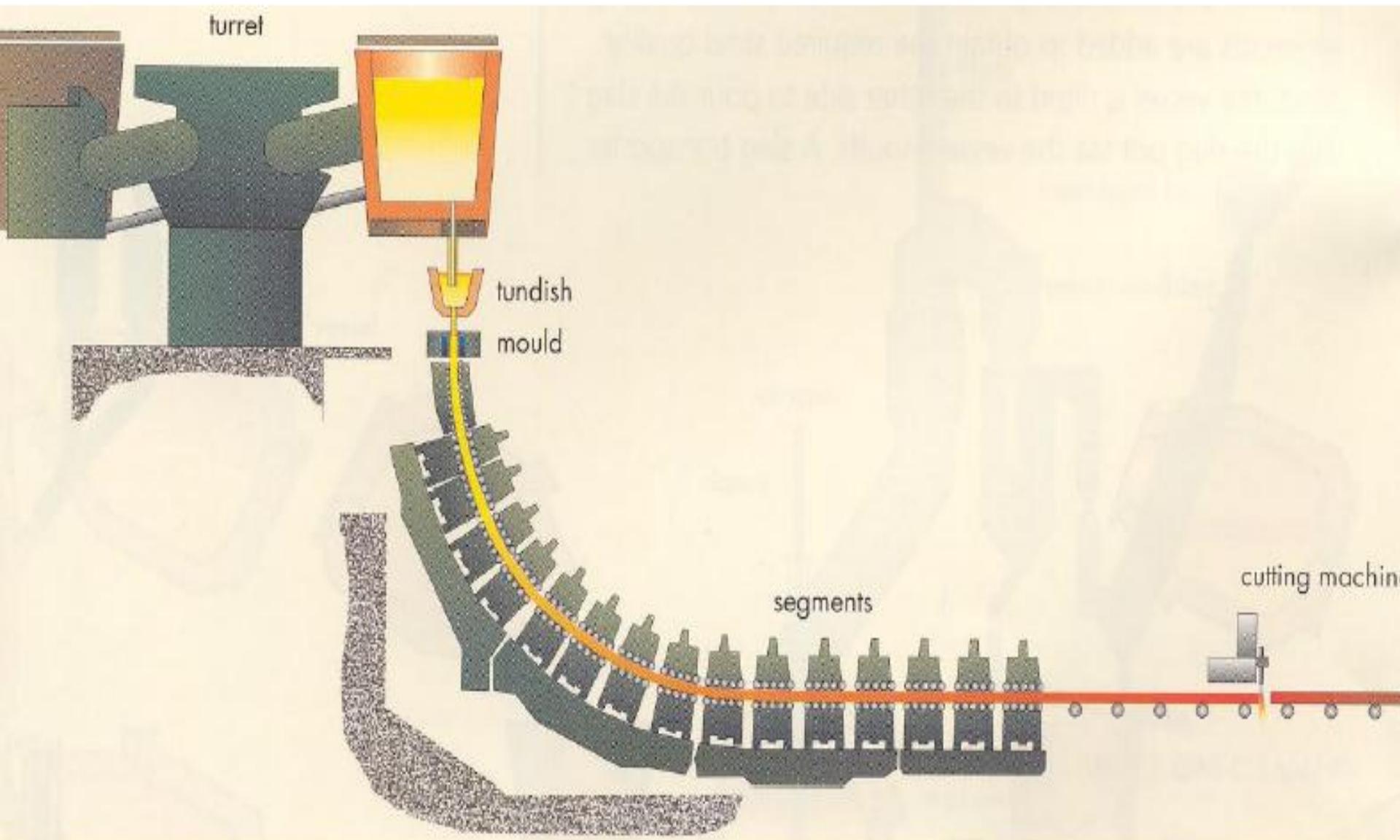
## **PROCESO DE DESGASIFICACIÓN**



**Automation plays a large role in increasing productivity;  
the following shows a ladle “switching” device**



# PROCESO DE COLADA CONTINUA



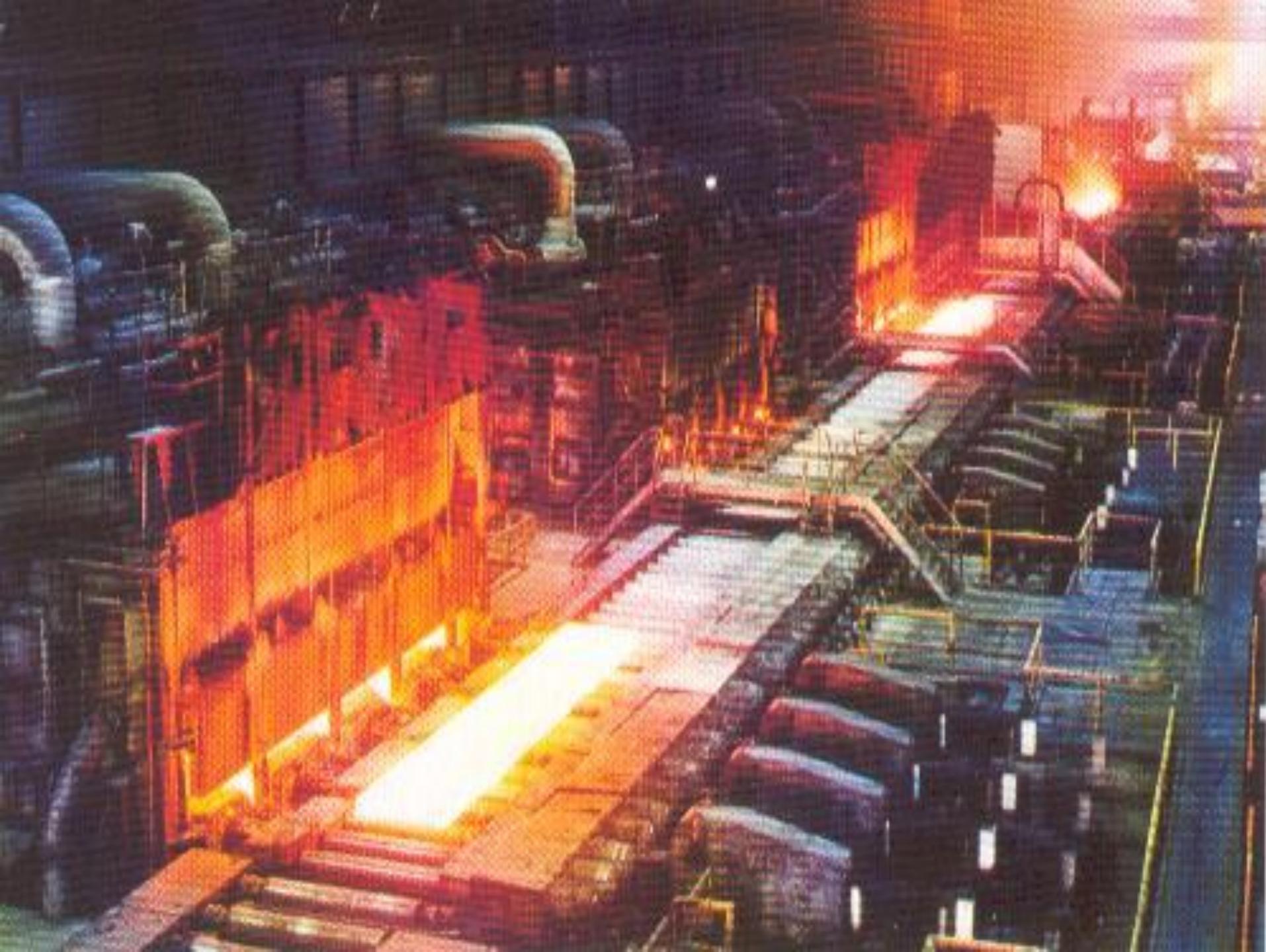
# OLLA DE COLADA





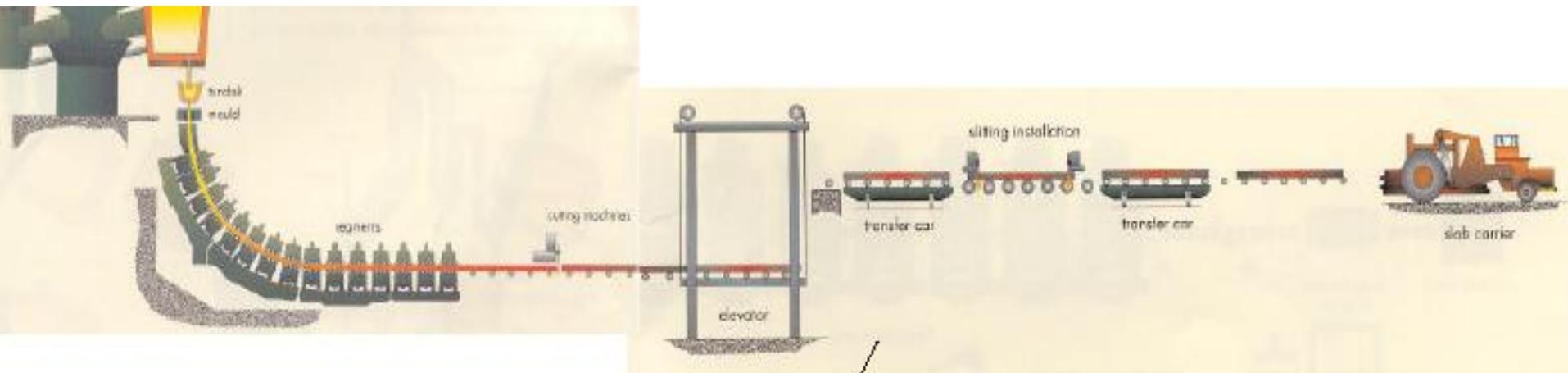
# TREN DE LAMINACIÓN



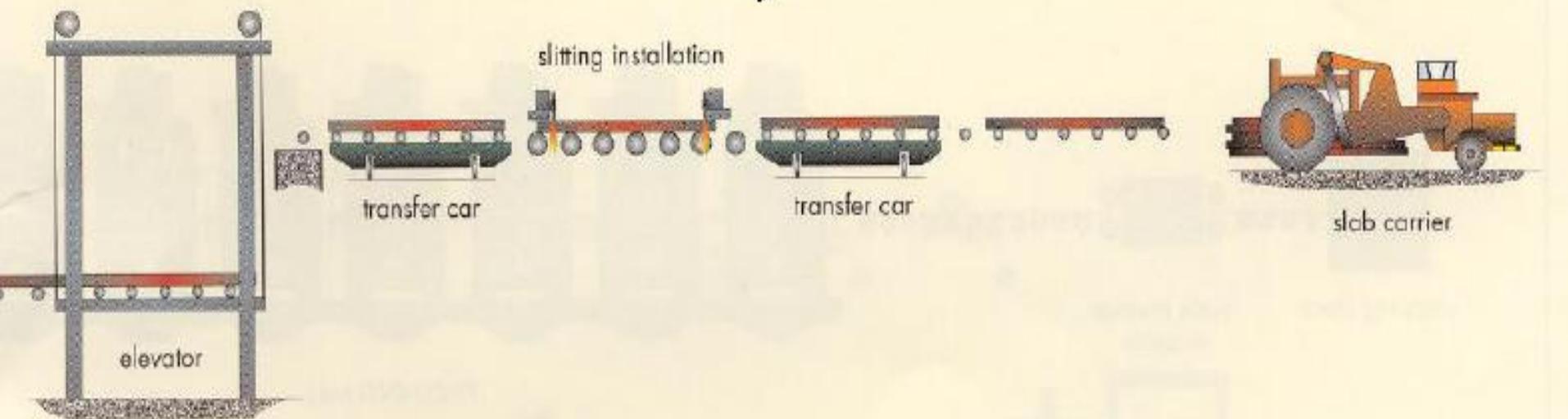


# Tren de laminación en frío





enlarged



## CONTENIDOS DE CARBÓN

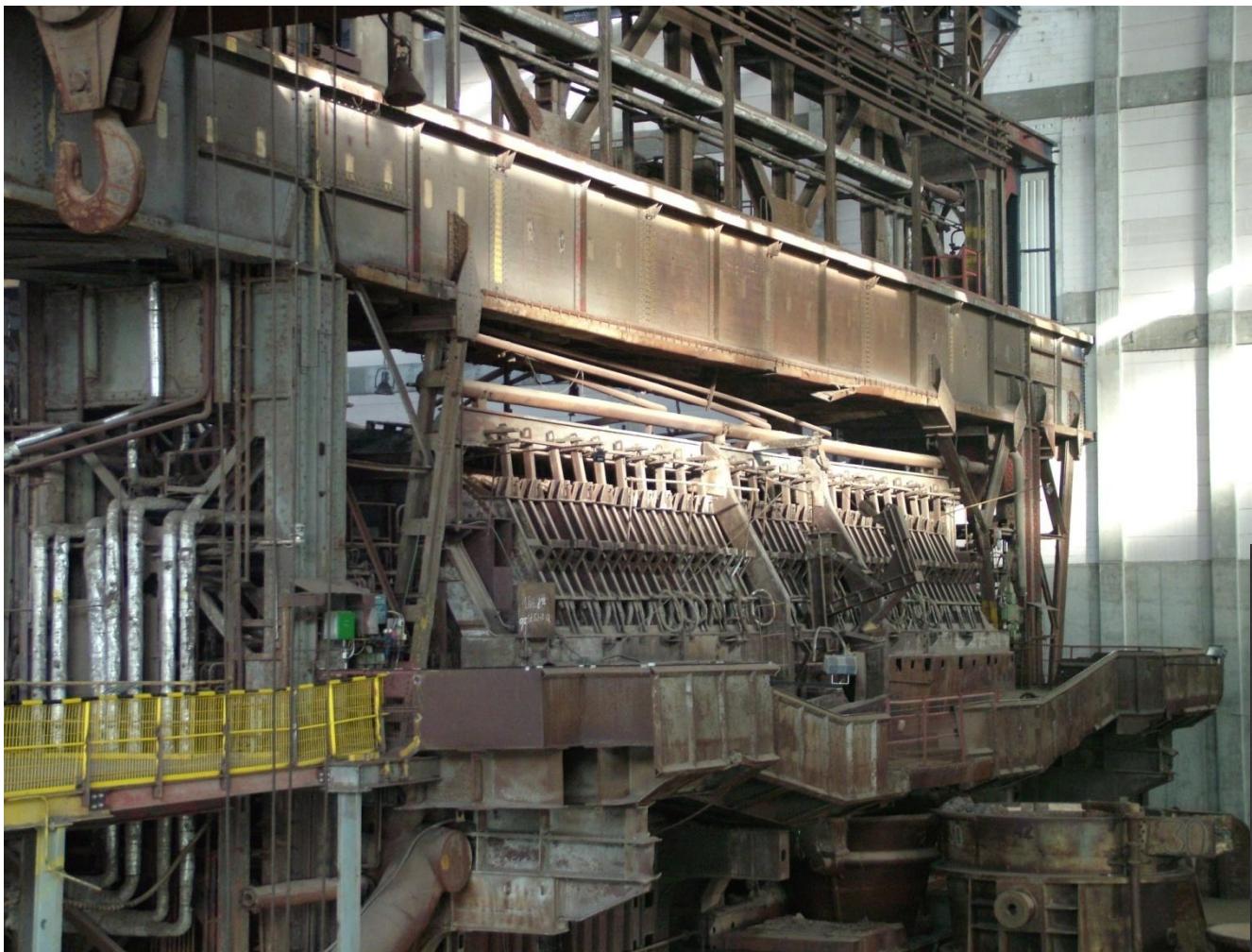
**How much carbon?: from a trace of carbon to 1.7%, although rarely more than 1.3%**

**Low carbon steel; 0.10 – 0.30 %C**

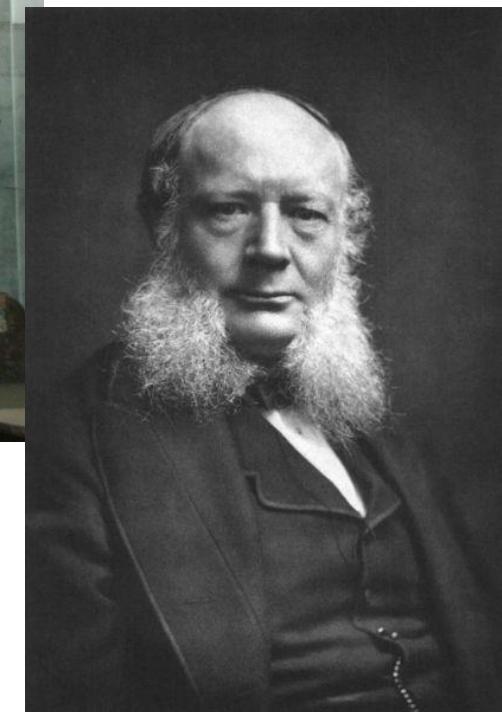
**Medium carbon steel: 0.30 – 0.85 %C**

**High carbon steel: 0.85 – 1.3 %C**

- Generally, low carbon steels have higher ductility, toughness, and weld-ability.
- Steels with higher carbon content have greater strength, hardness, fatigue resistance, and wear resistance.
- All microstructures present in steel increase in strength with increasing carbon content.



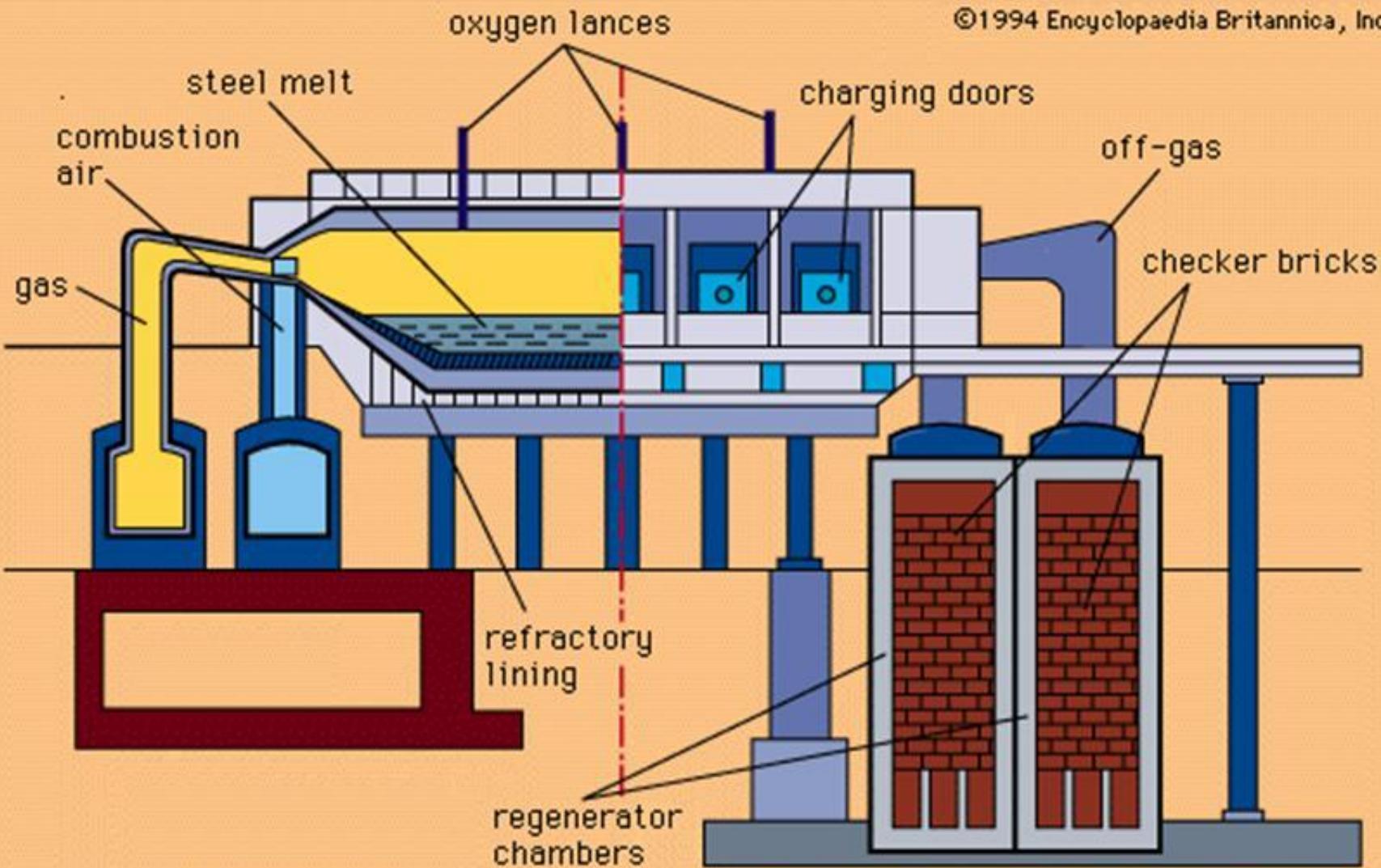
## HORNO SIMER-MARTIN (HORNO DE HOGAR ABIERTO)



# HORNO SIMER-MARTIN

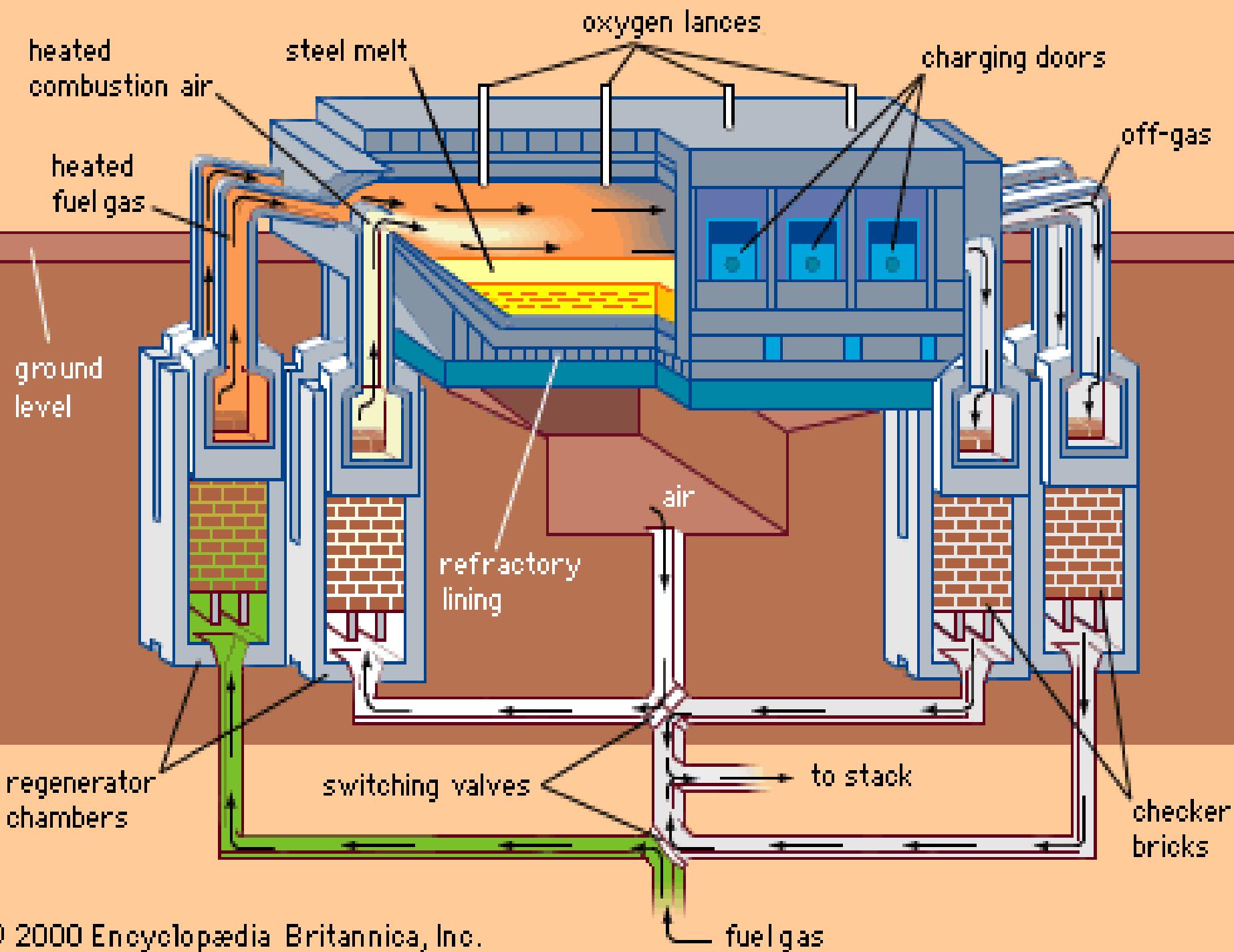
## (HORNO DE HOGAR ABIERTO)

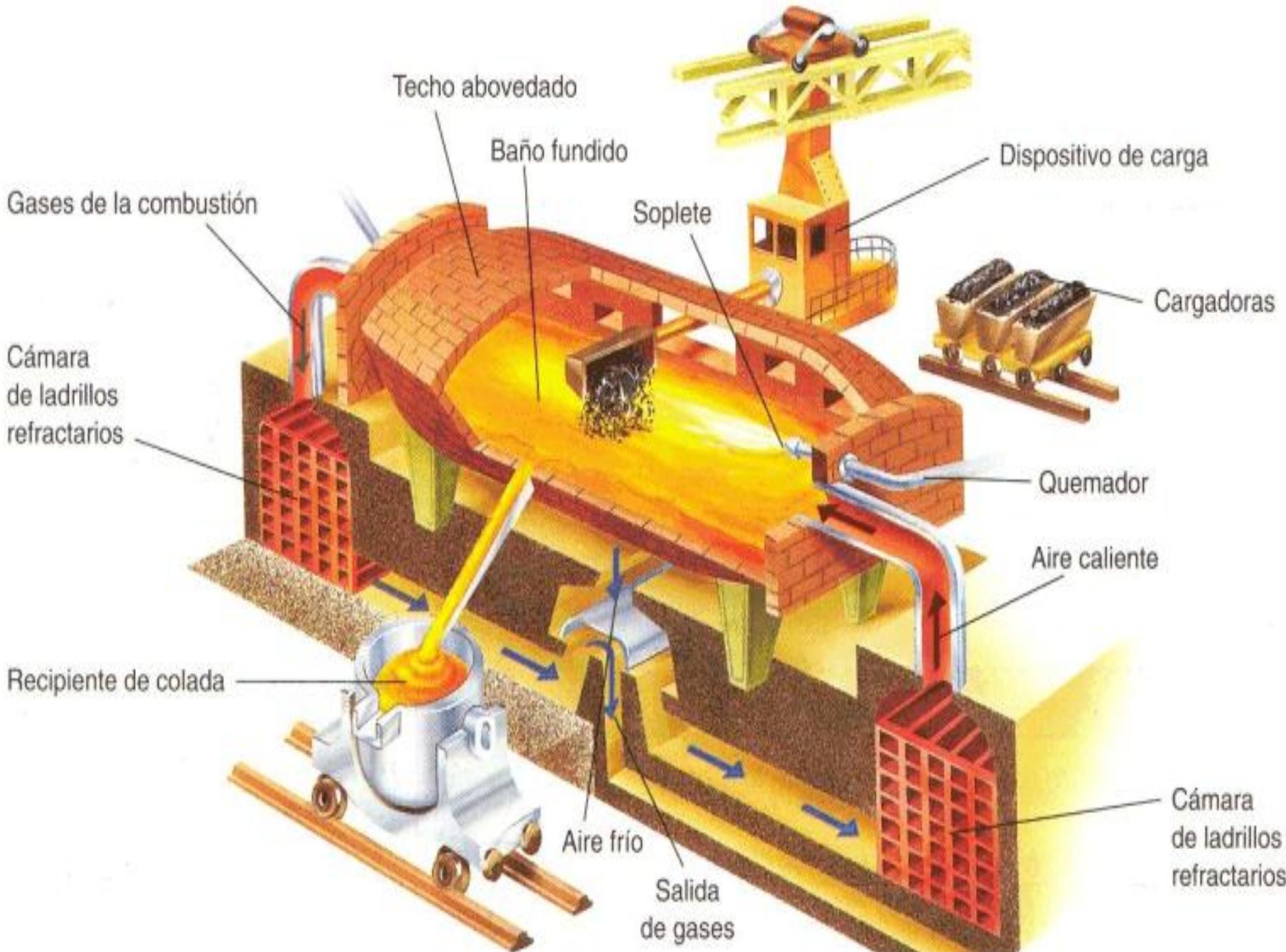
©1994 Encyclopaedia Britannica, Inc.



Cutaway view  
through the centre.

Exterior view of the front, with a  
cutaway view of generator chambers.





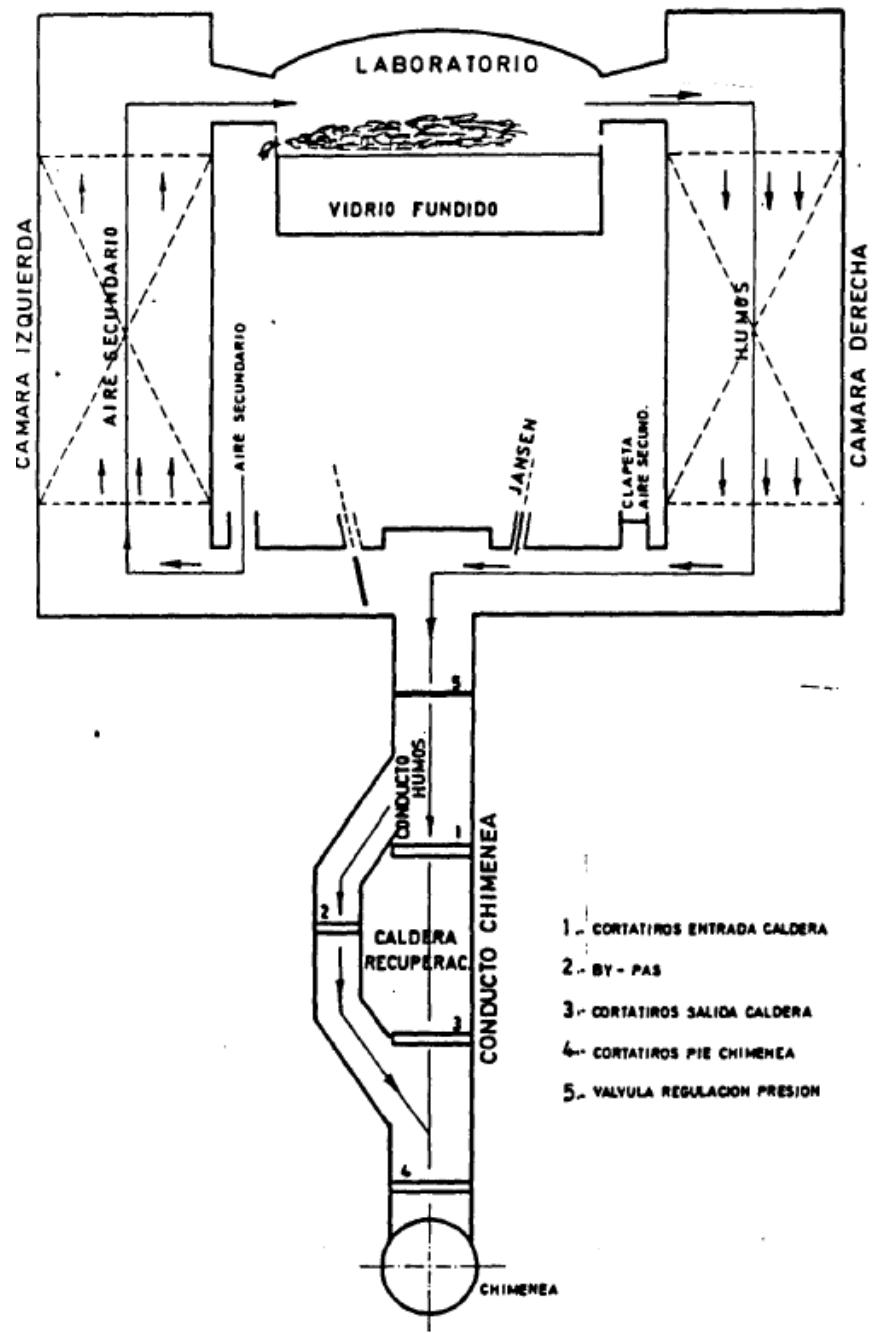
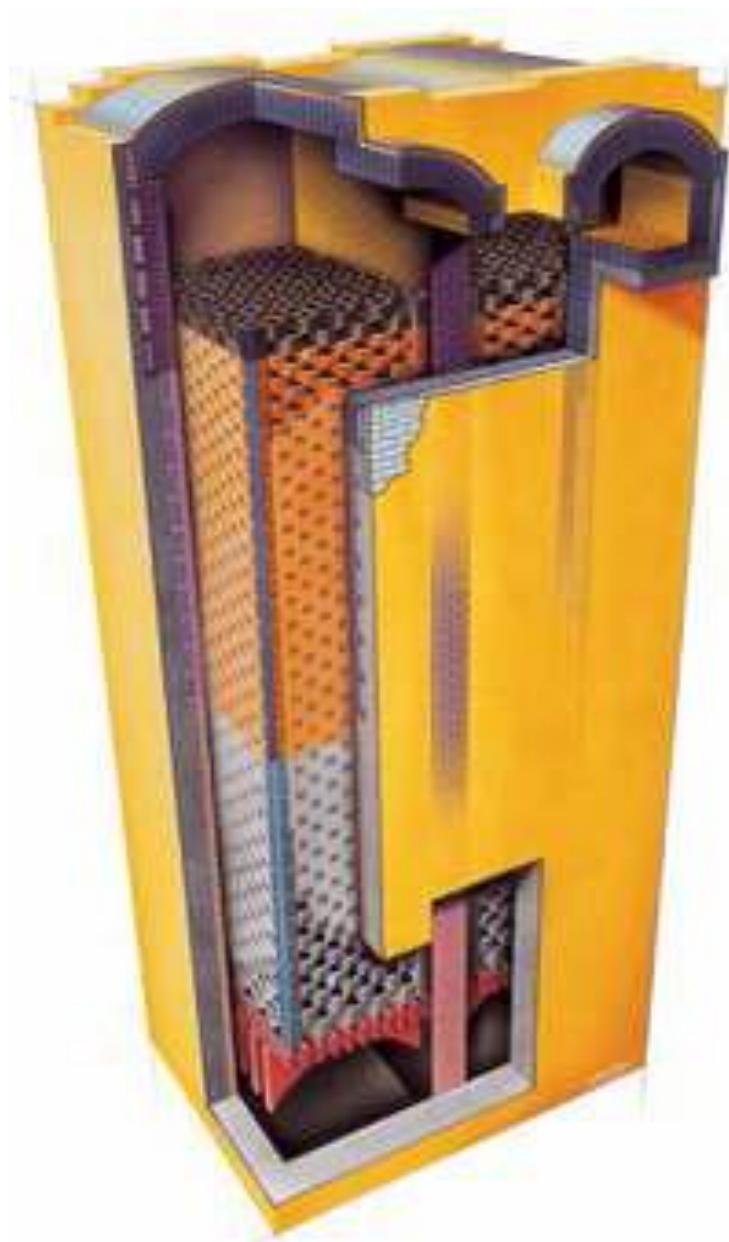
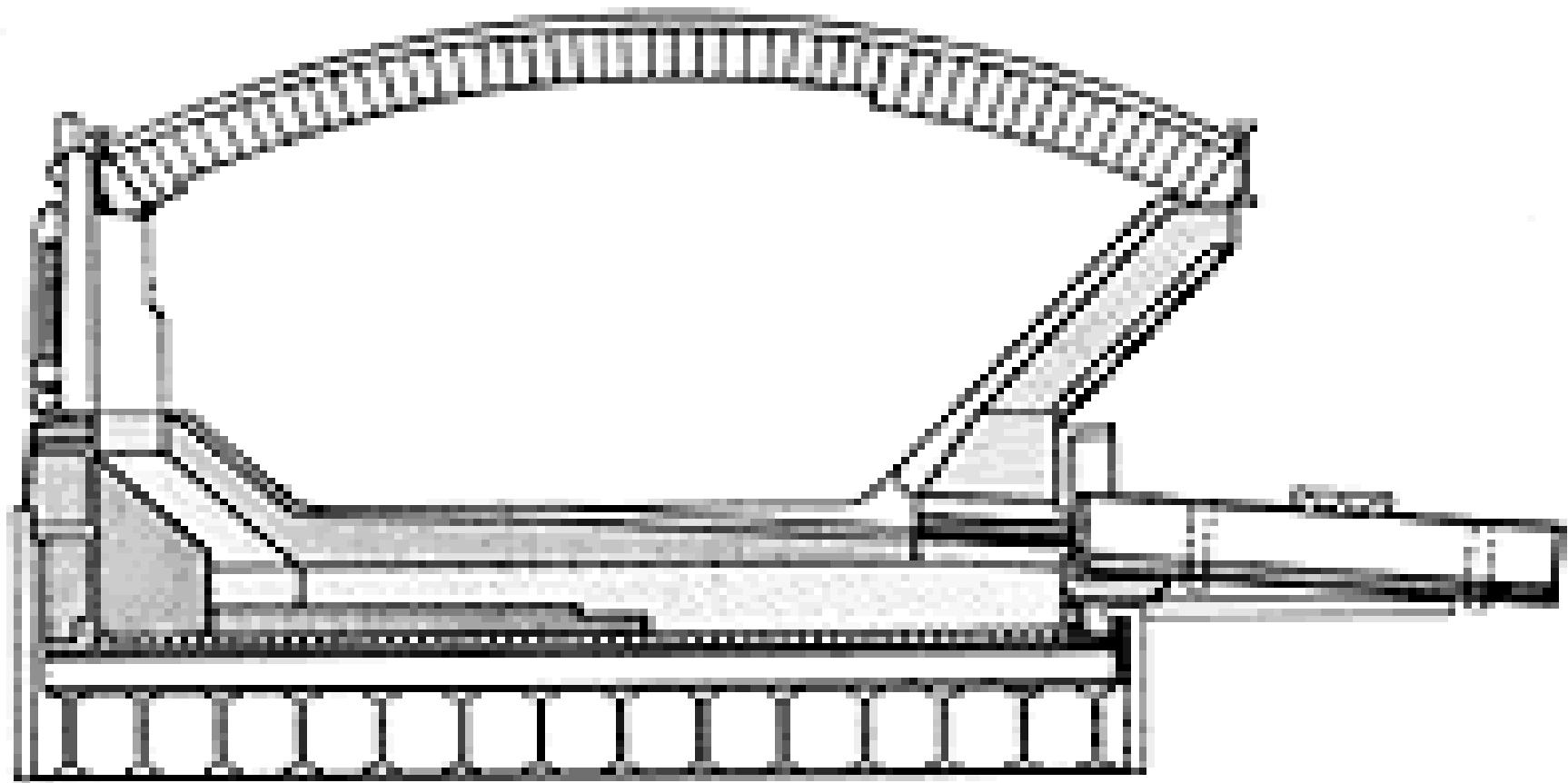
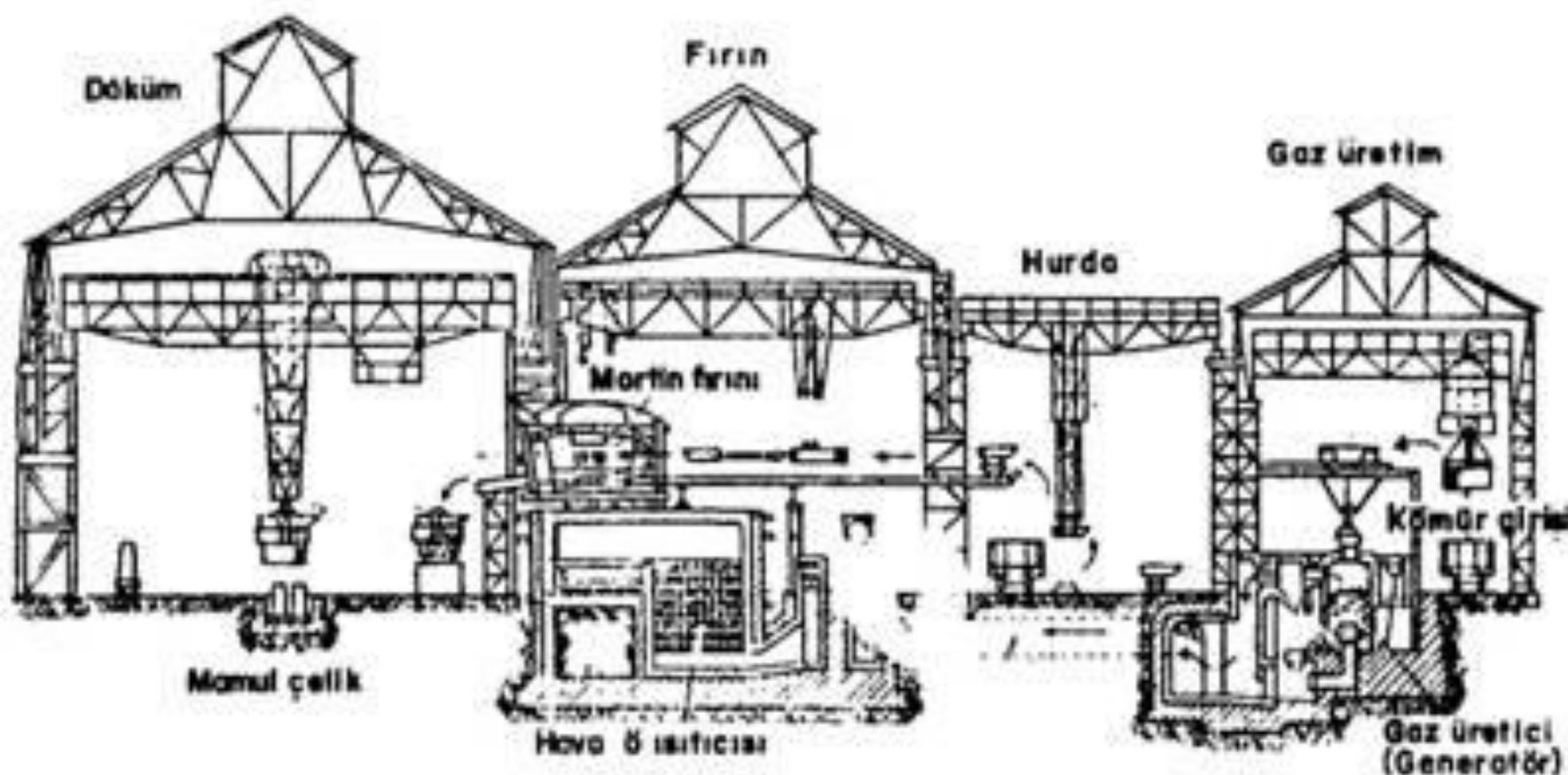


Figura 2.4.2.10 - Esquema de funcionamiento de un horno



# Proceso Horno de Crisol Abierto





**Simens-Martin Fırını**

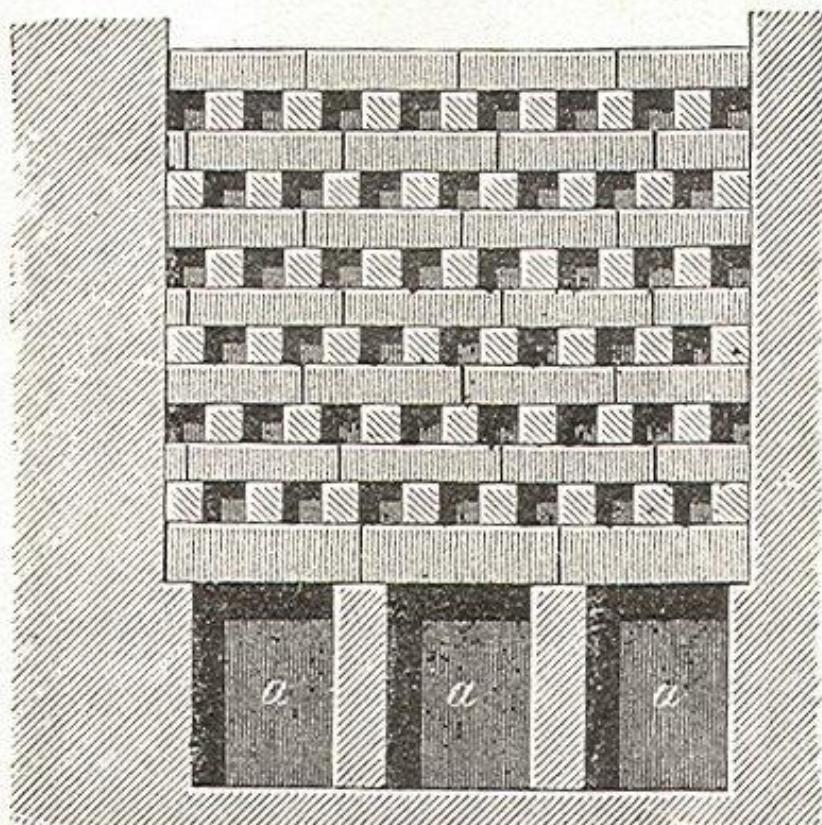


Fig. 27. — Empilages des régénérateurs.

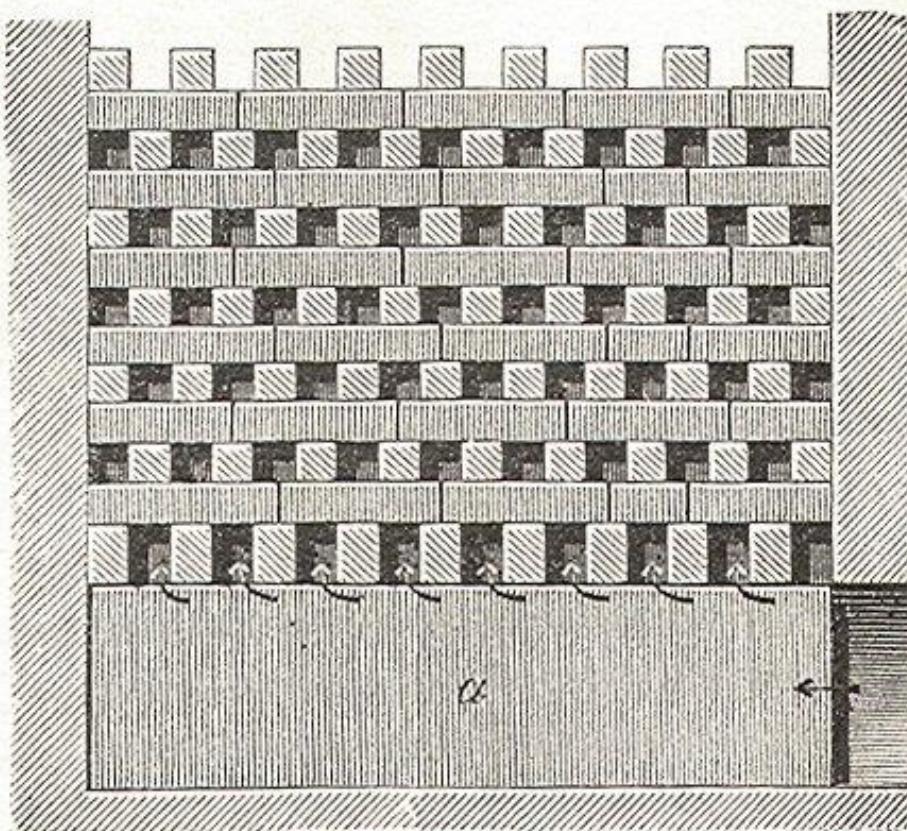
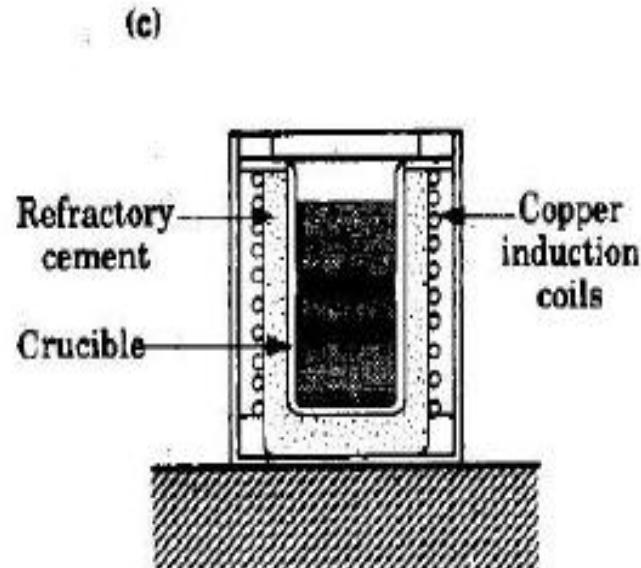
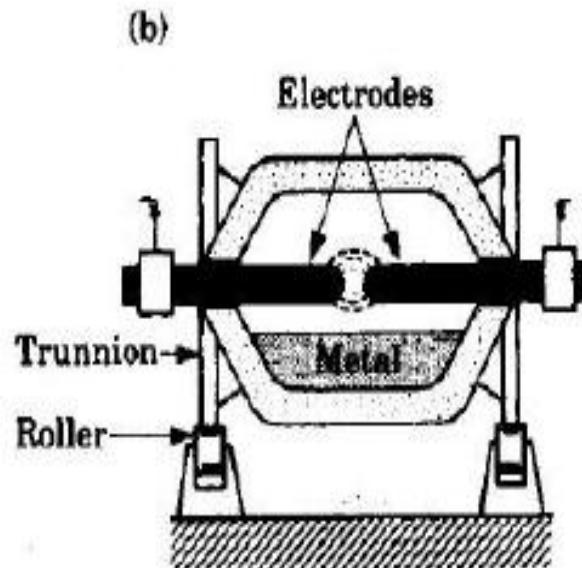
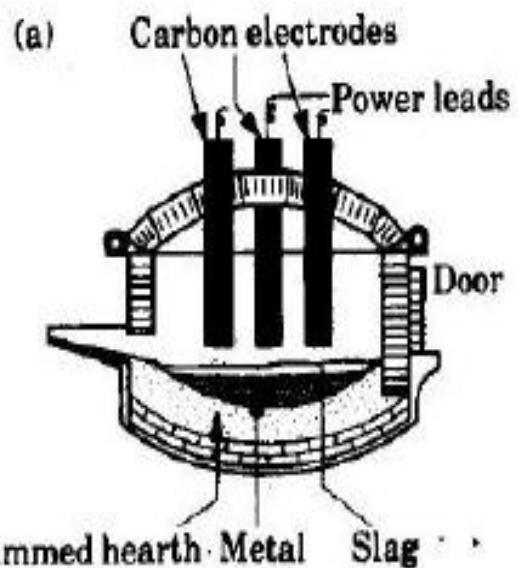


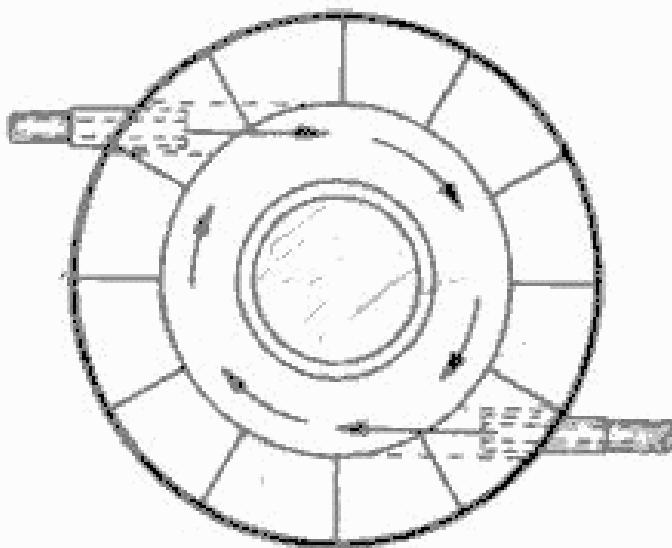
Fig. 28. — Empilages des régénérateurs.

## OTROS TIPOS DE HORNO DE ACERACIÓN

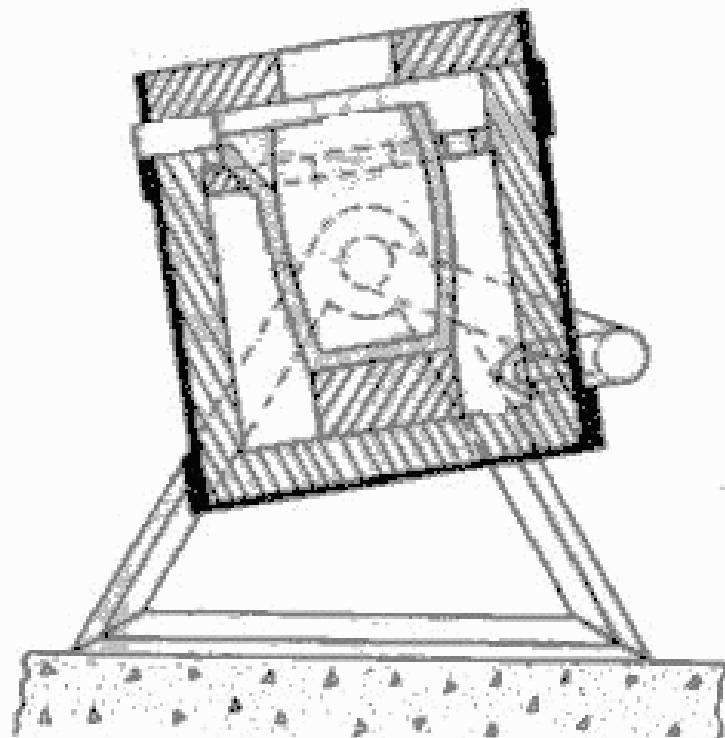


Schematic illustration of types of electric furnaces: (a) direct arc, (b) indirect arc, and (c) induction.

## HORNO DE CRISOL BASCULANTE

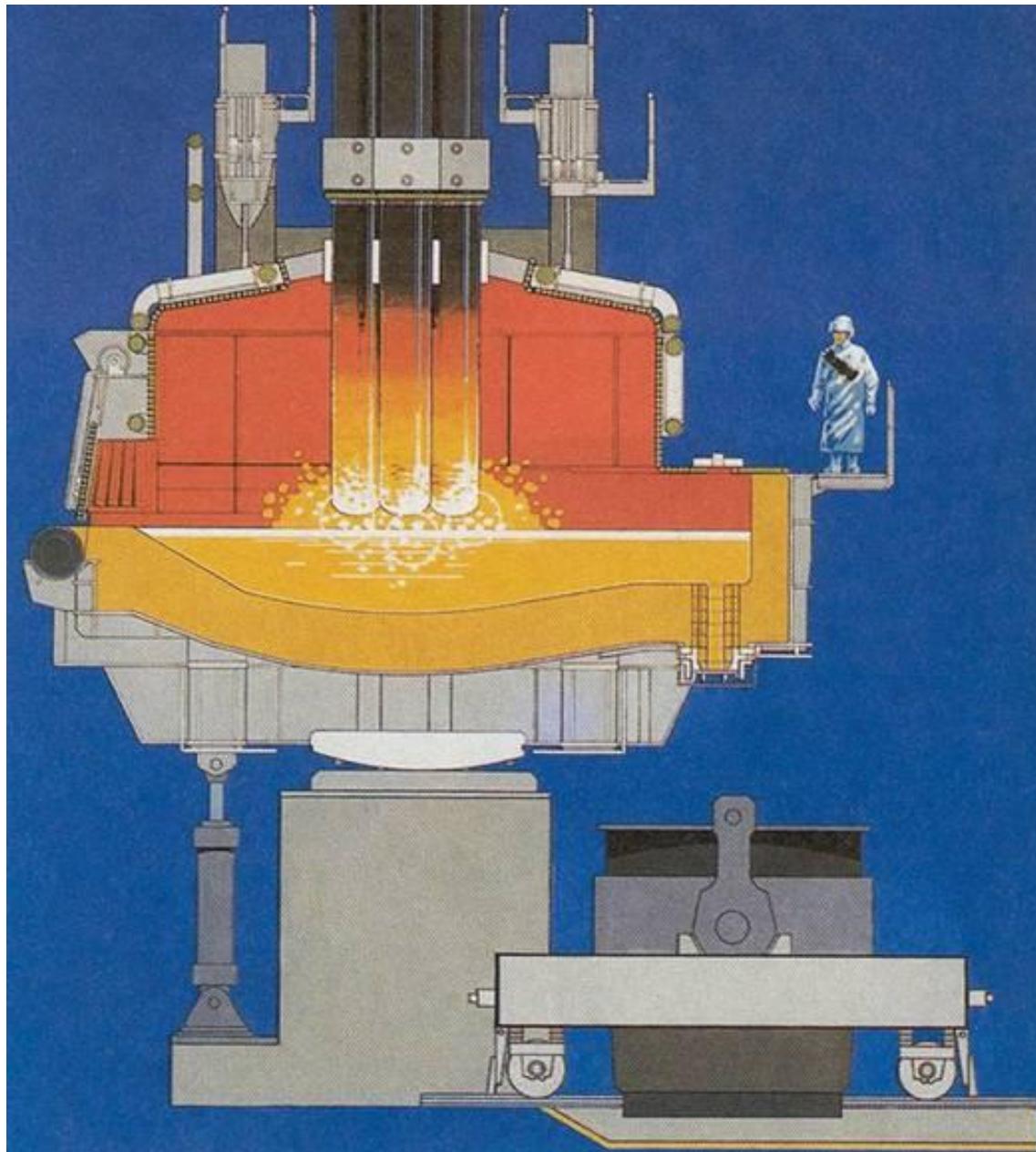


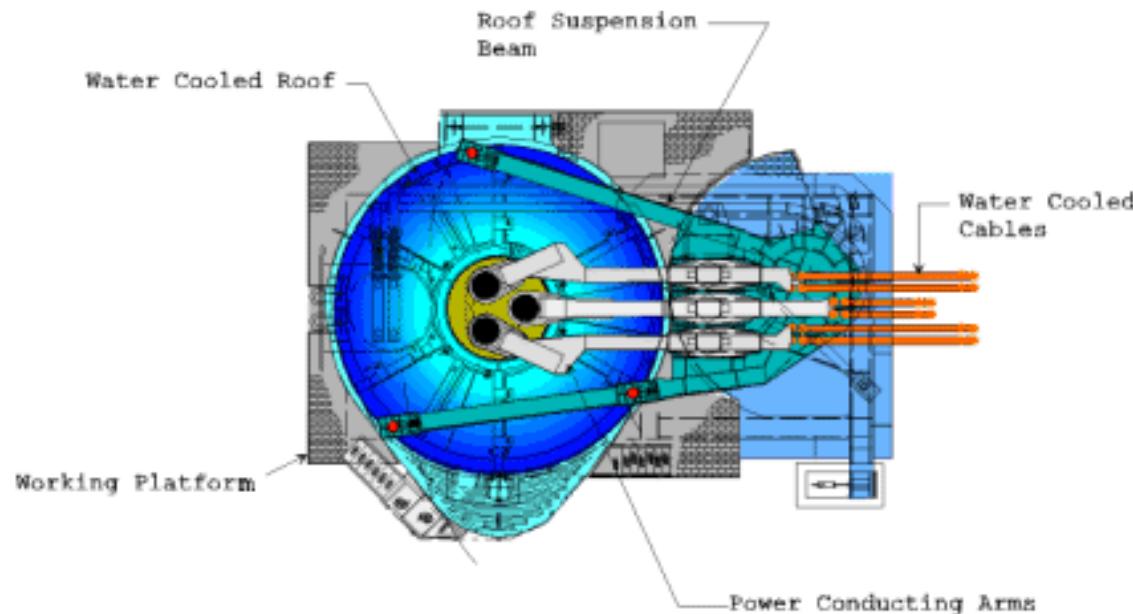
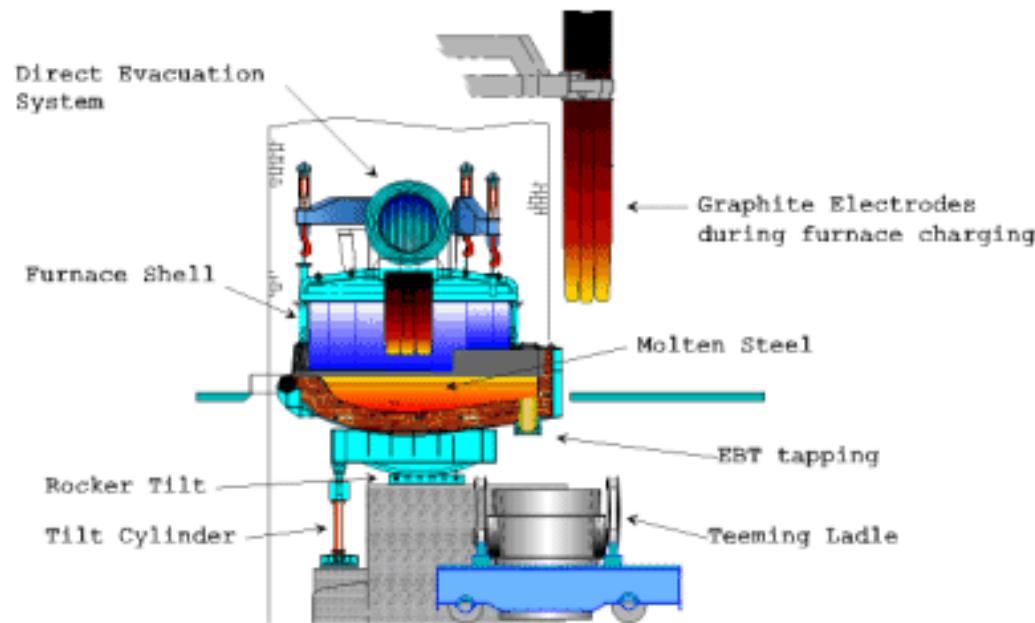
*Vista de planta del horno mostrando la colación de los quemadores para funcionamiento con aceite o gas.*



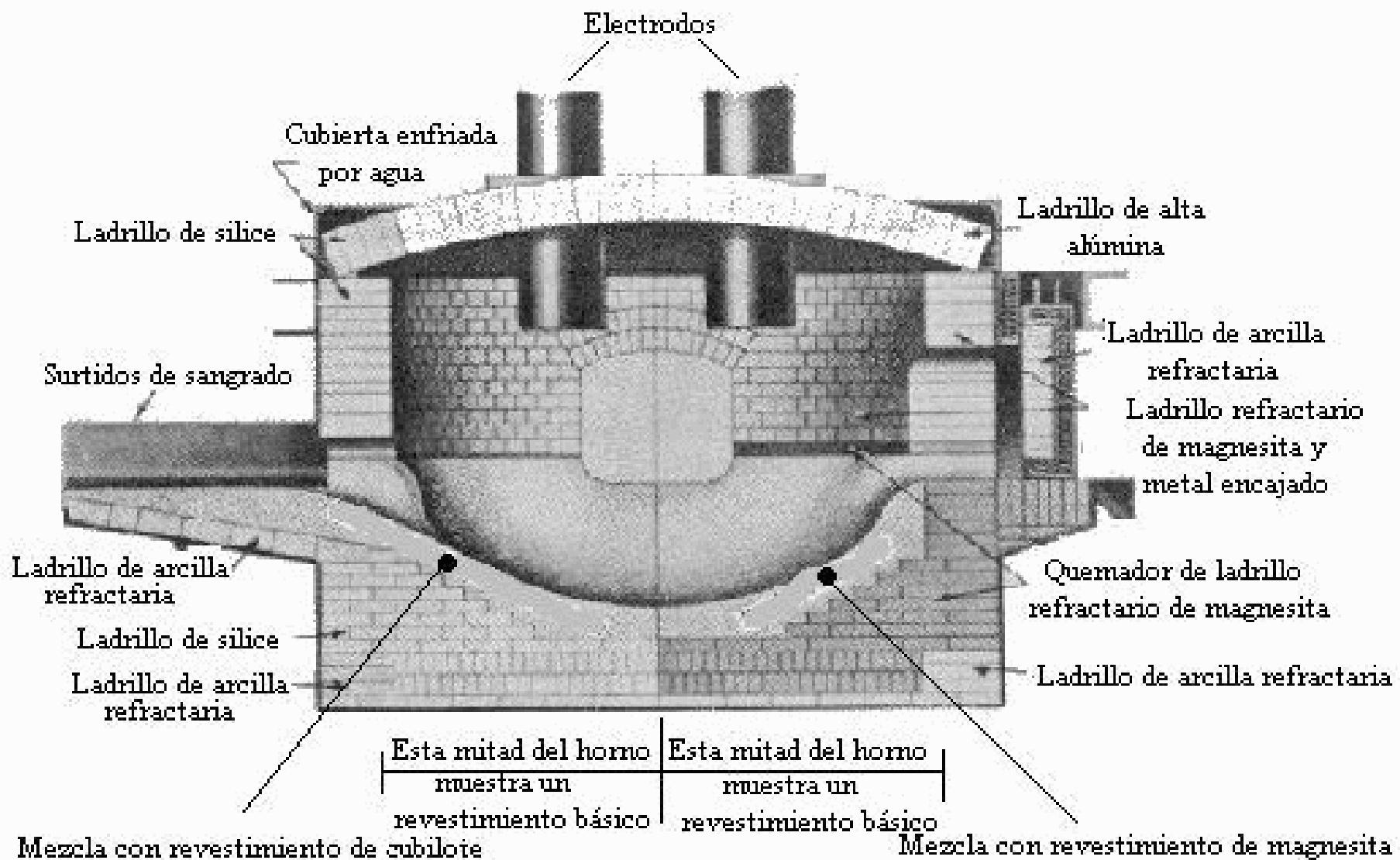
*Horno bascular calentado con gas.*

# Horno Eléctrico (EAF)

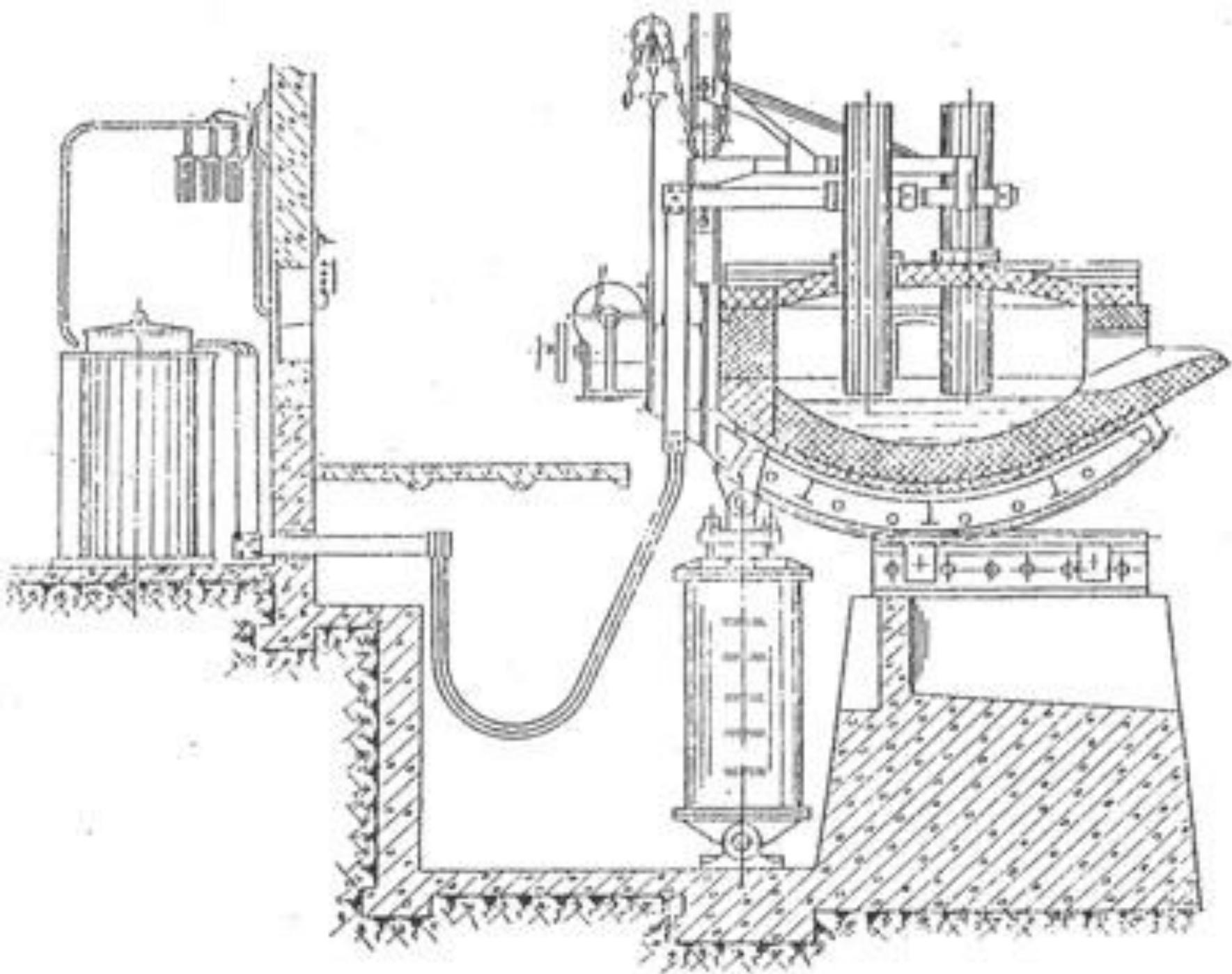




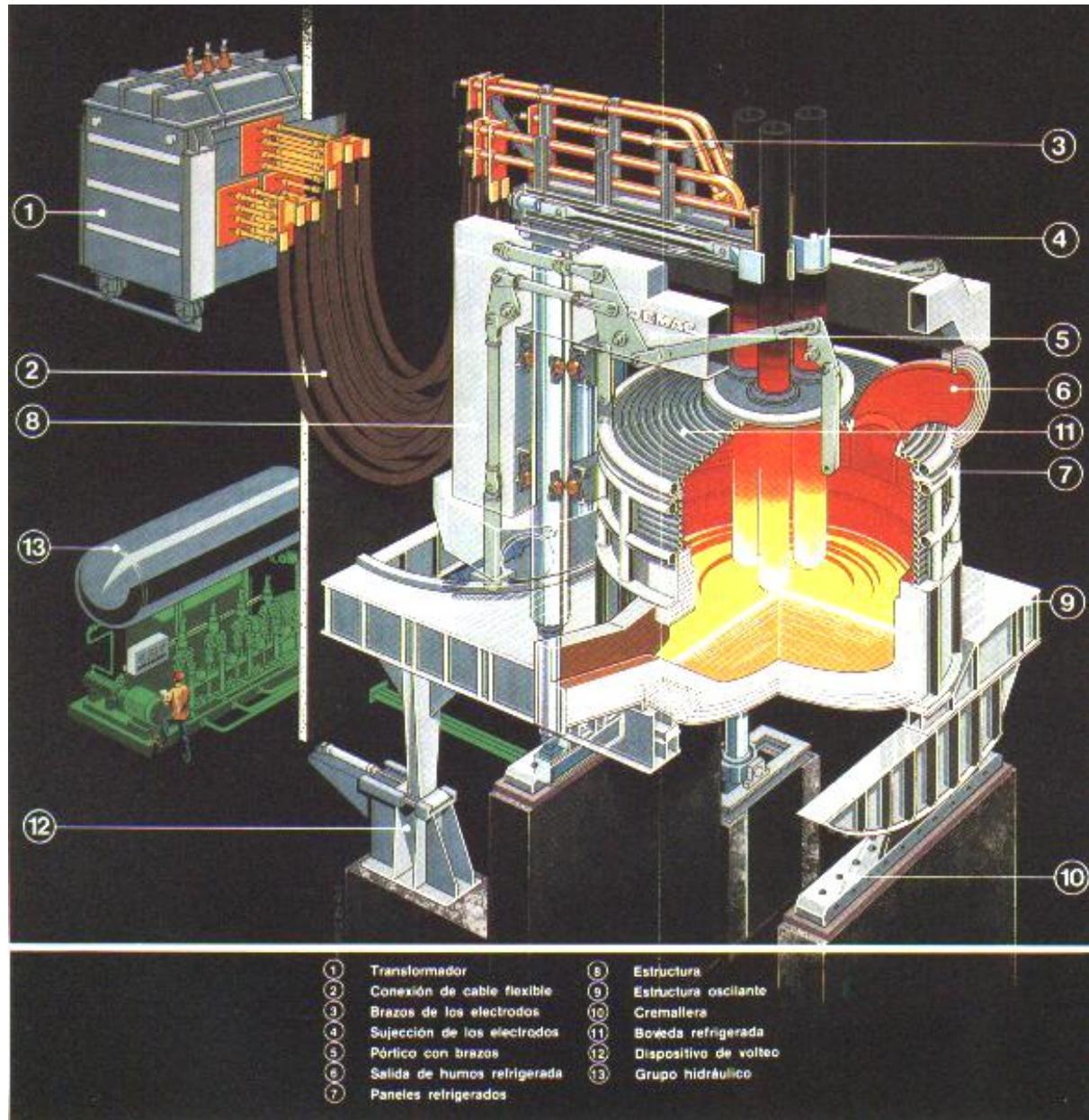
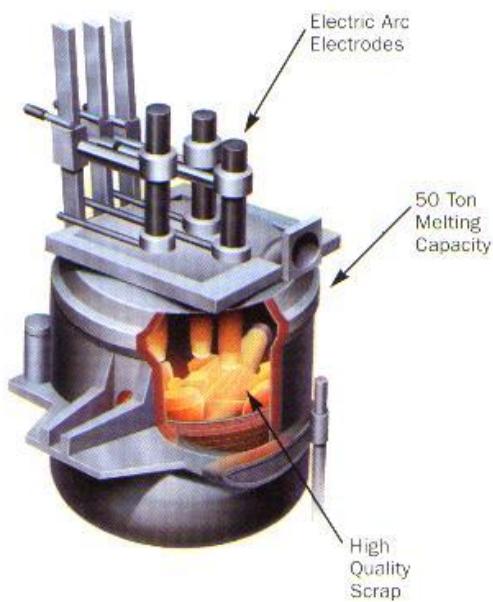
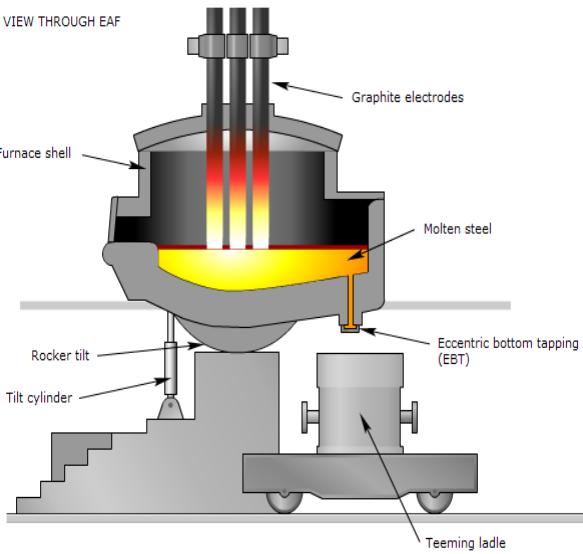
# Horno de arco eléctrico trifásico

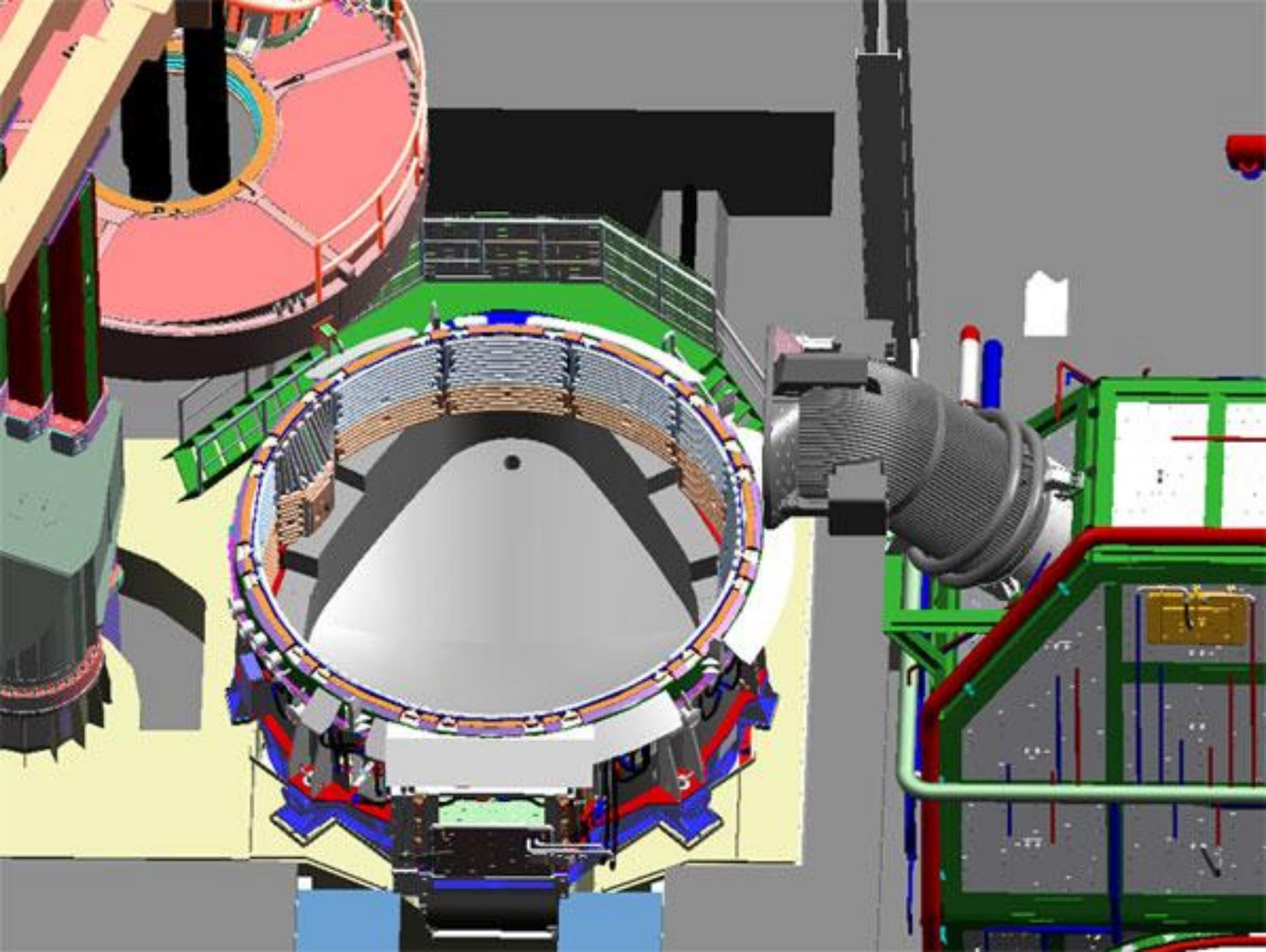


Dibujo de corte de un horno eléctrico con revestimientos tipo ácido y básico



SECTION VIEW THROUGH EAF

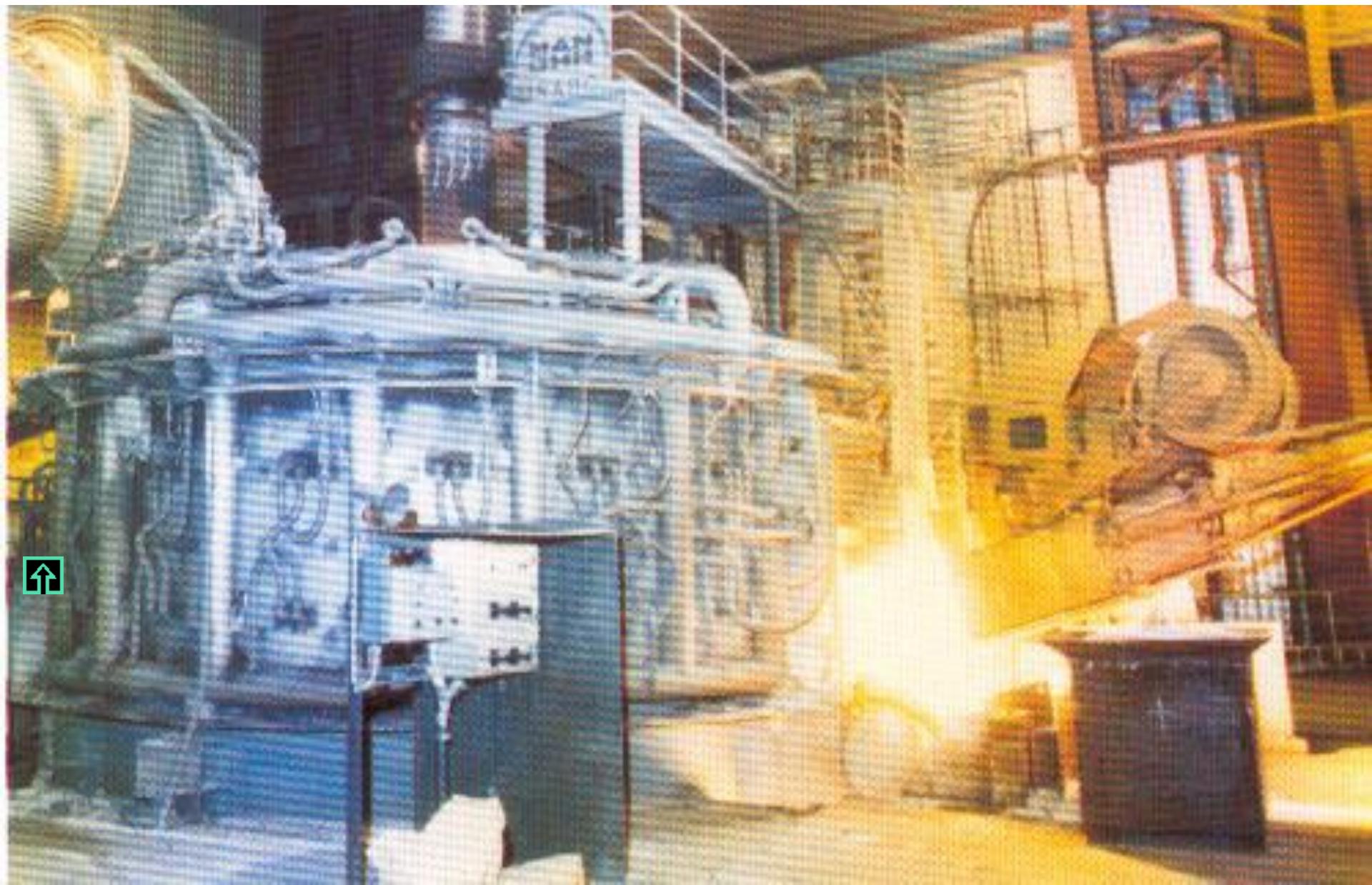




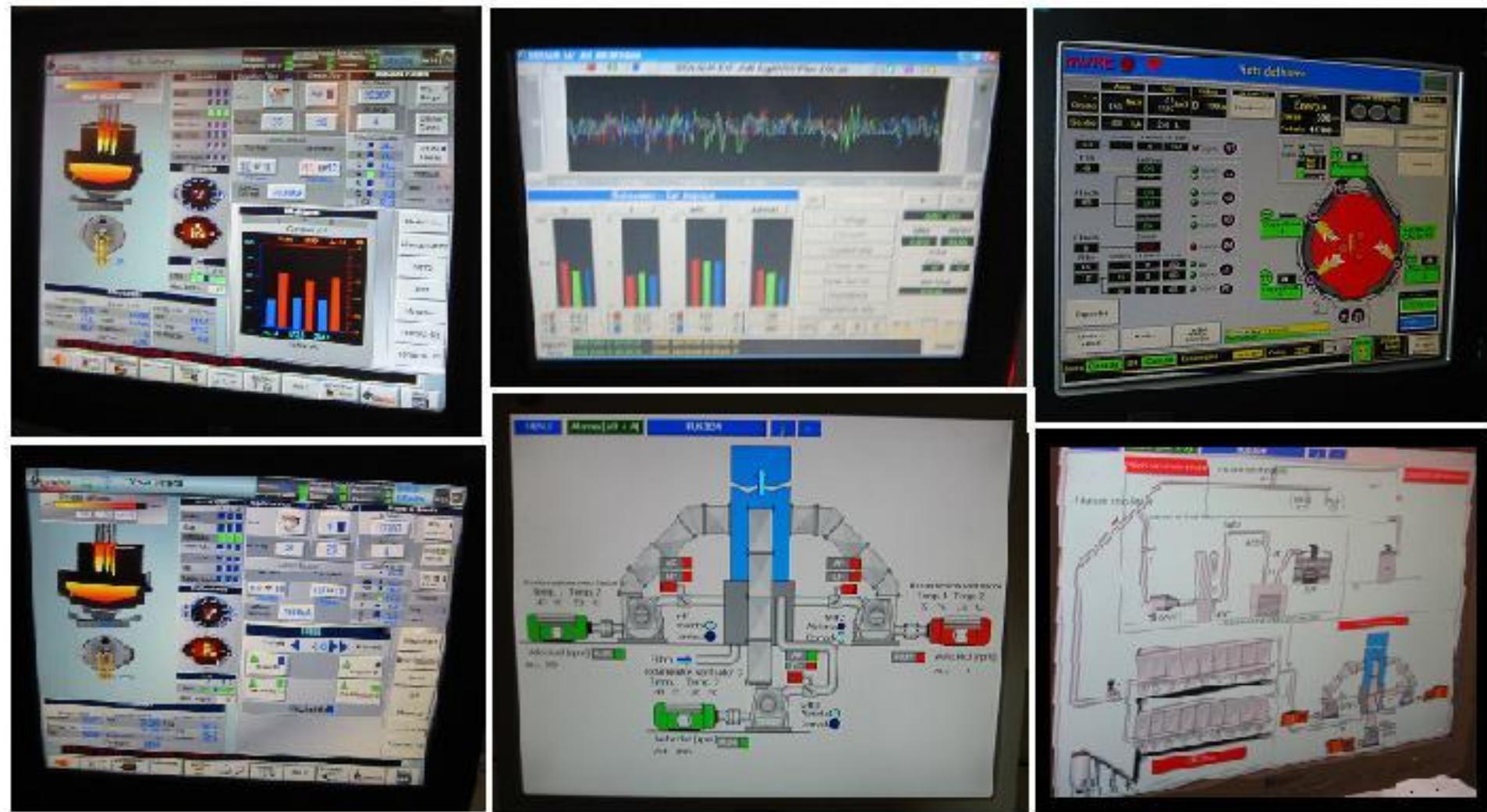




## — *Horno de arco voltaico*







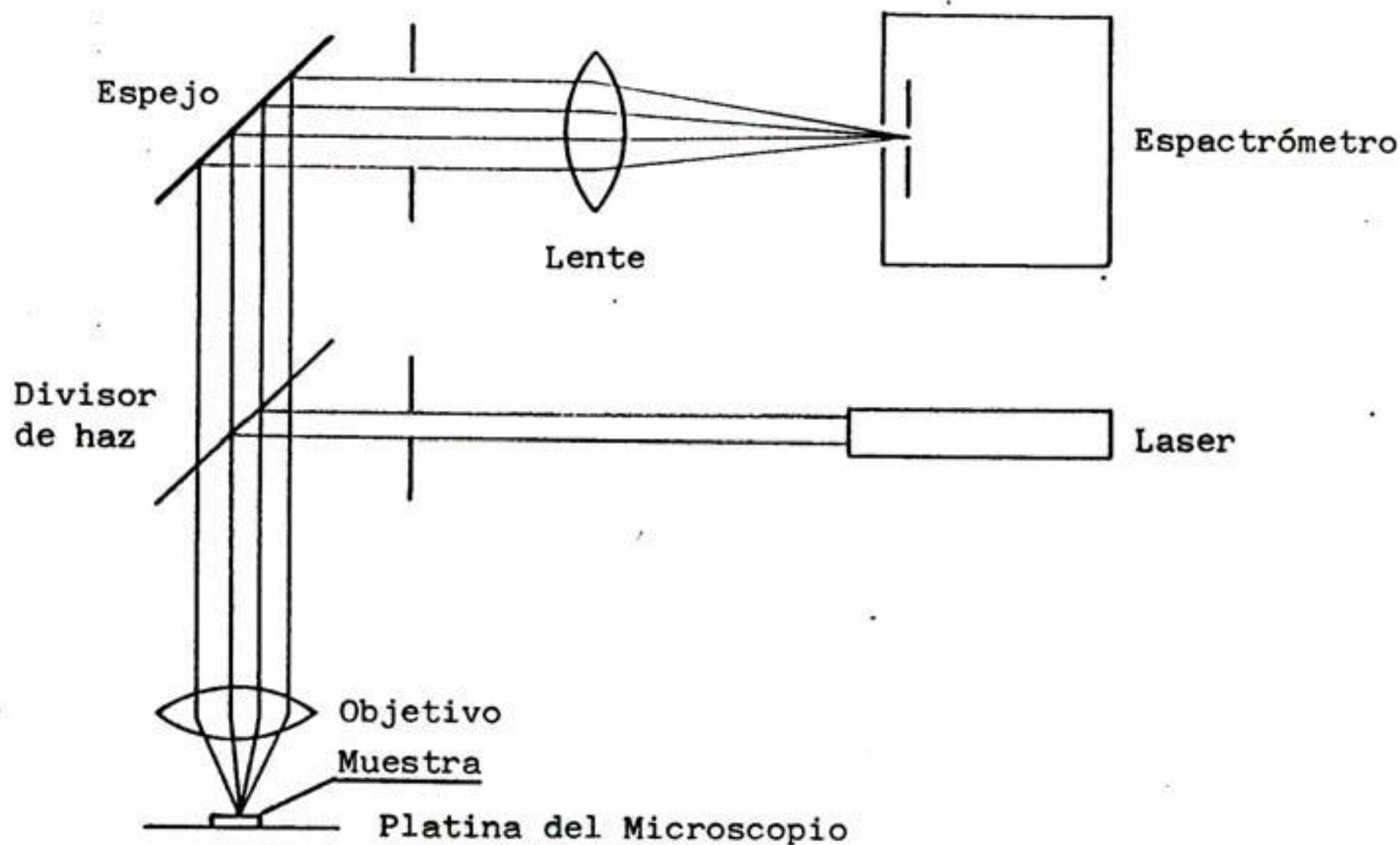
Aquí se pueden observar las diferentes gráficas que presentan los monitores localizados en la cabina de control cercana al horno de arco eléctrico indicando el proceso que continua.

**ESPECTÓMETRO:**  
aqui se analizan las  
muestras que se mandan a lo  
largo del proceso.



Aquí es donde se  
coloca la muestra para  
analizar.











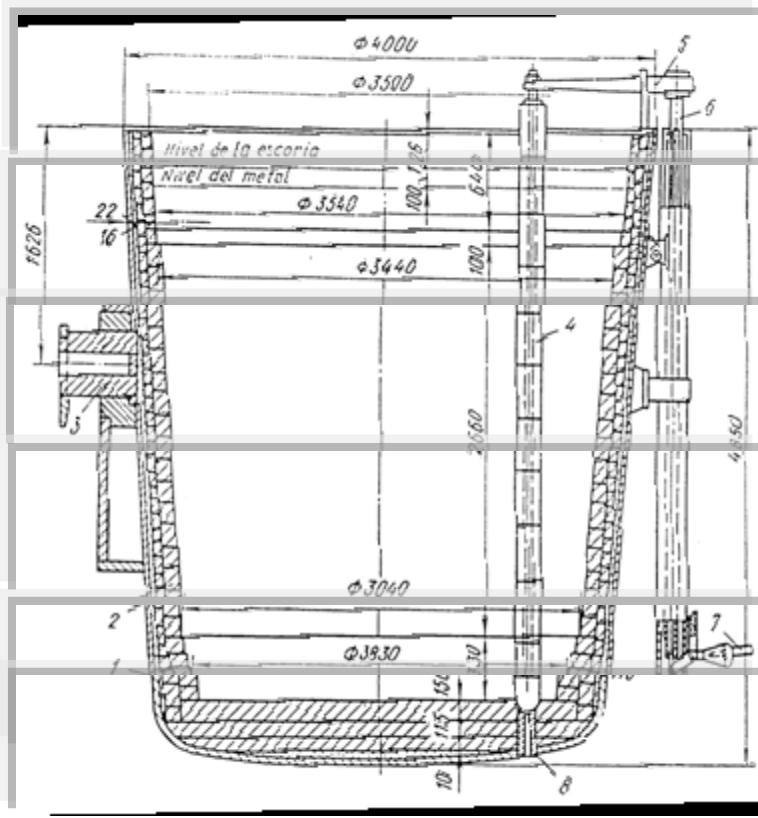
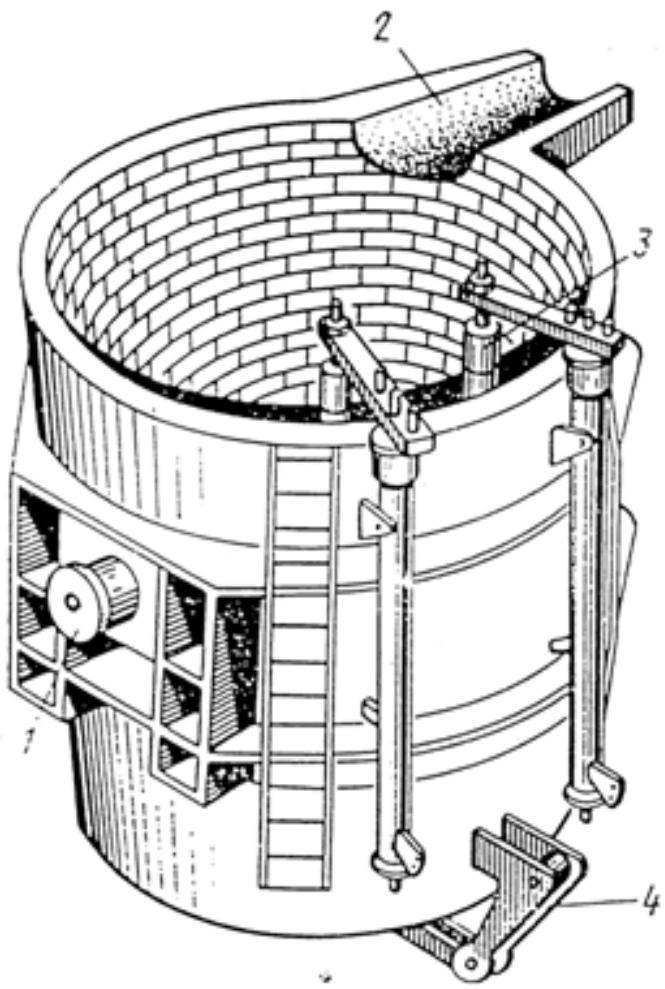


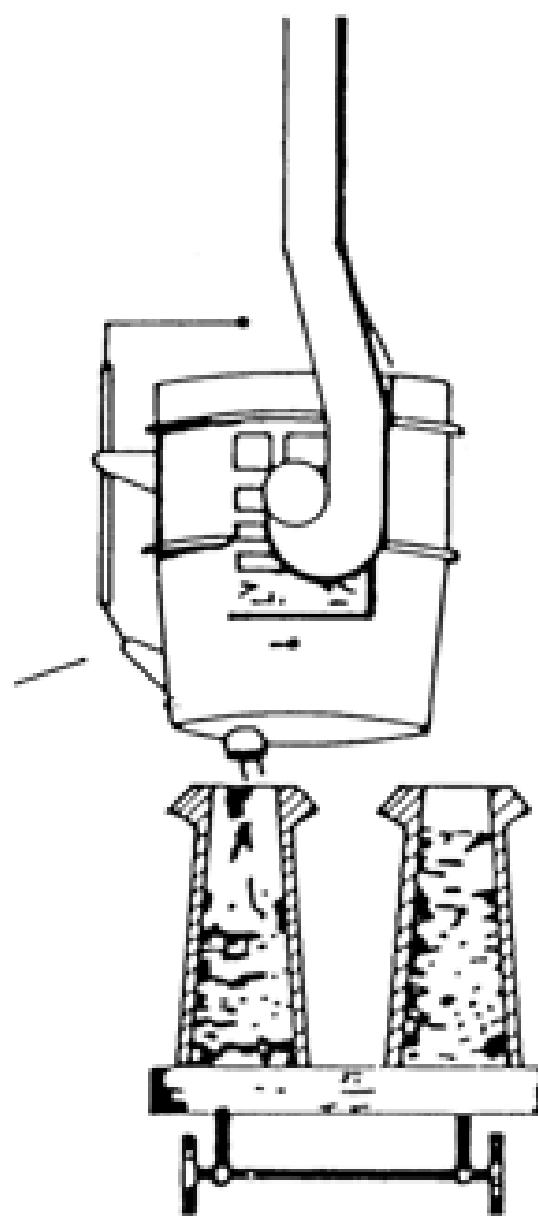




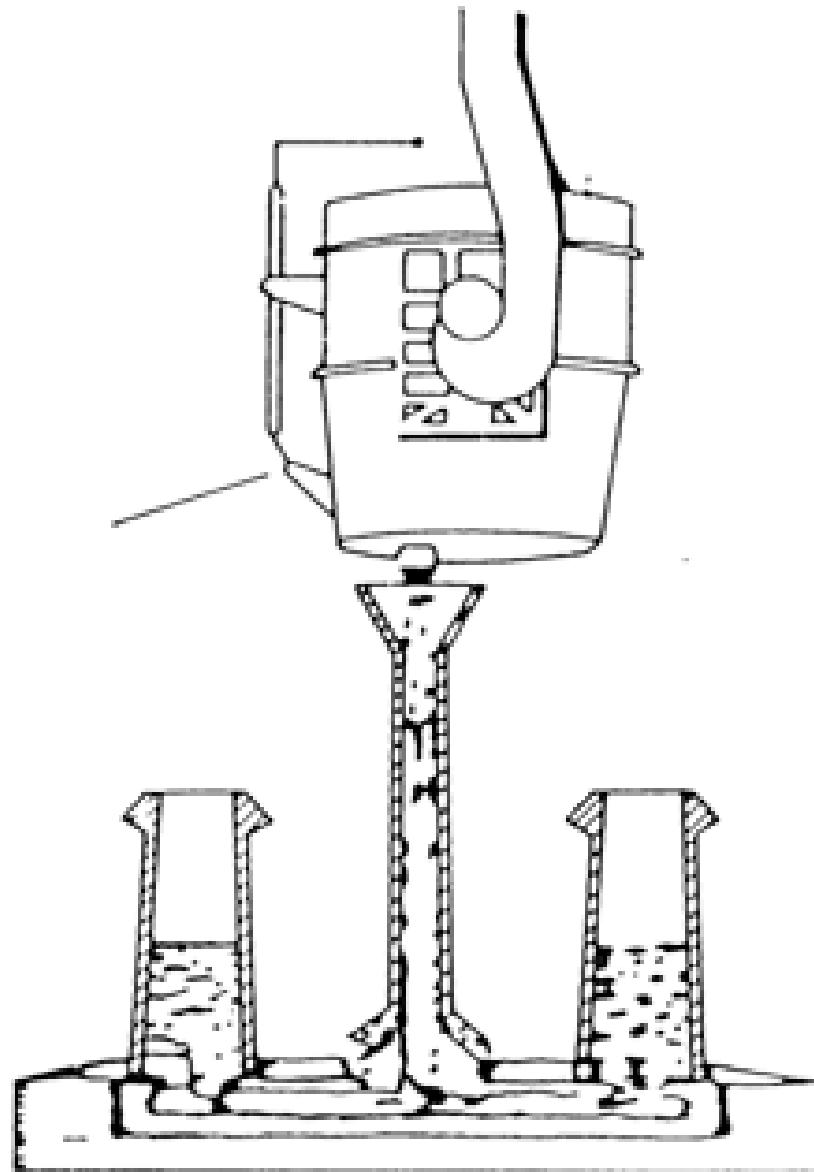




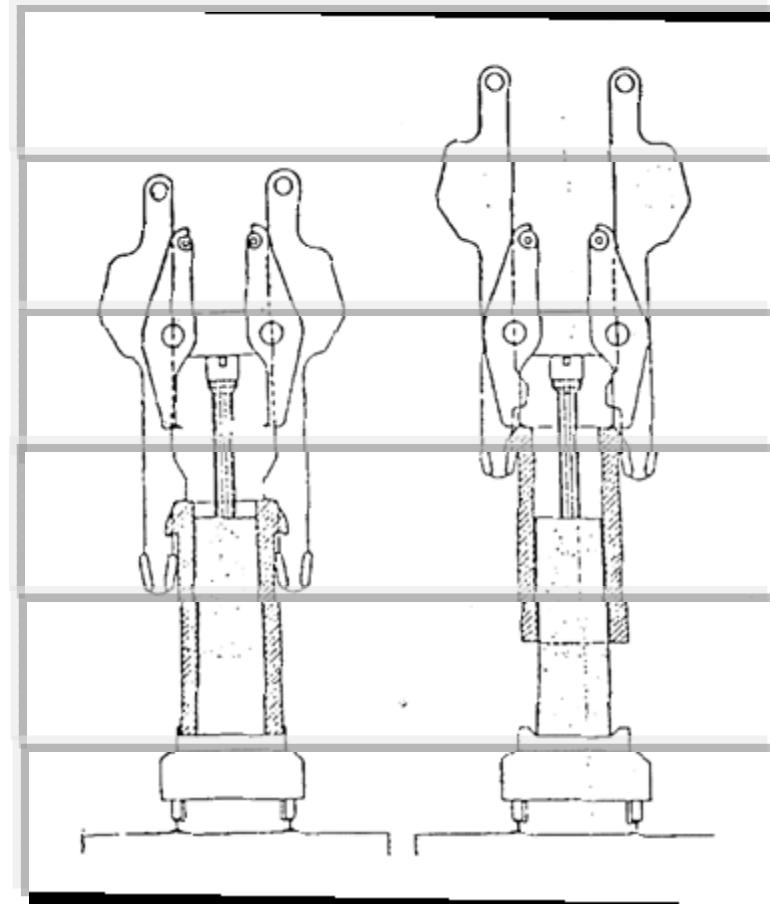
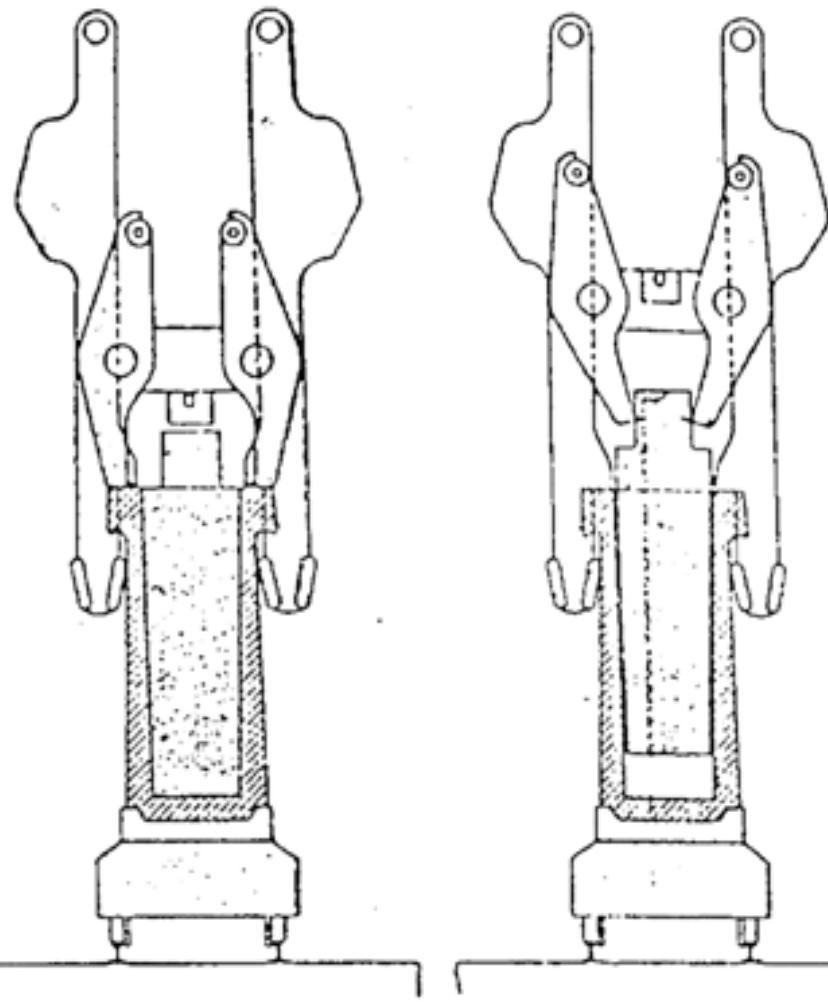


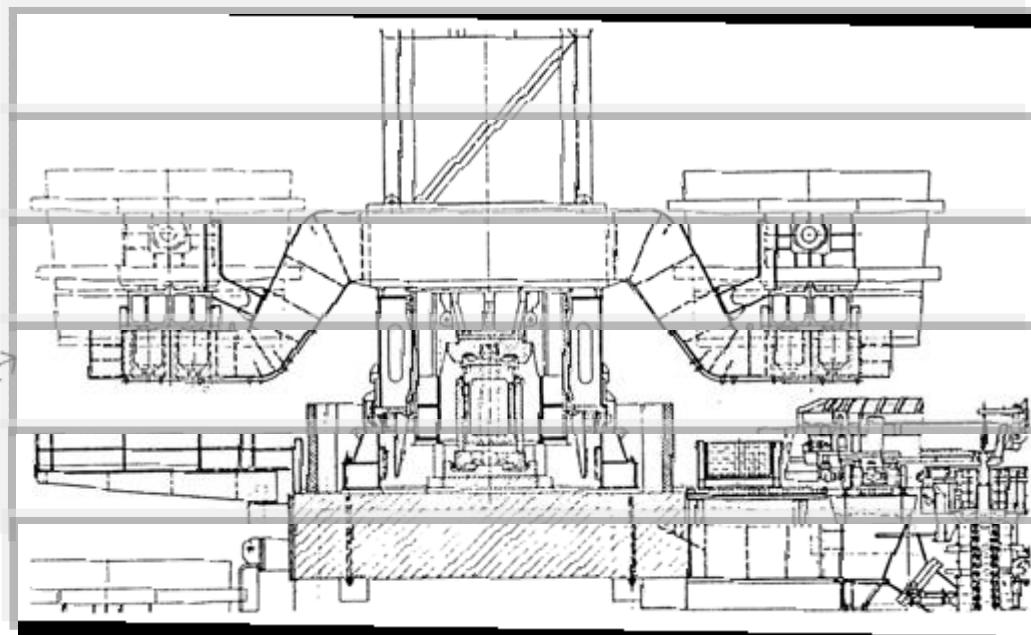
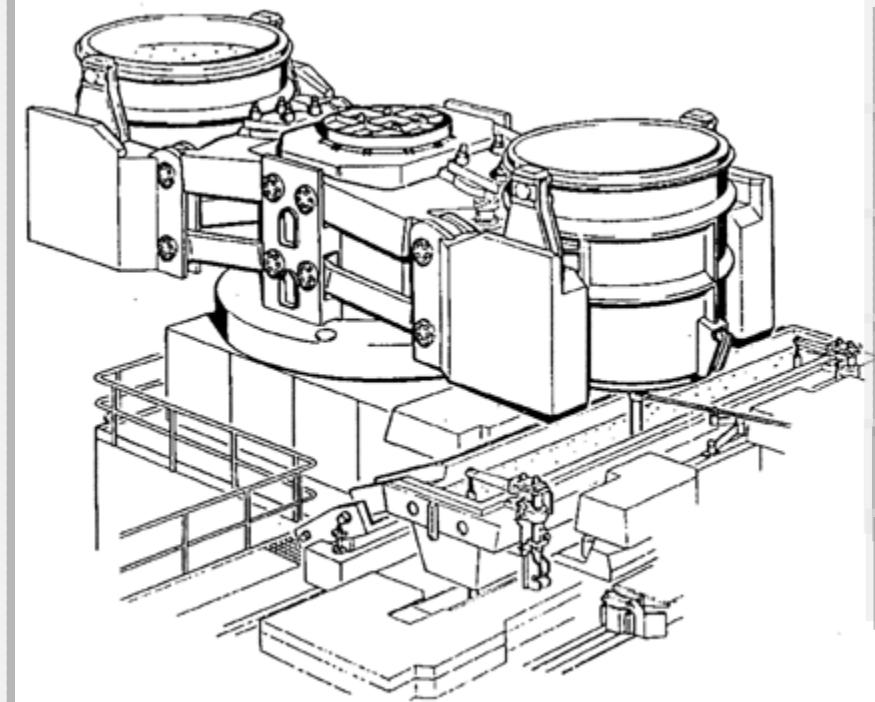


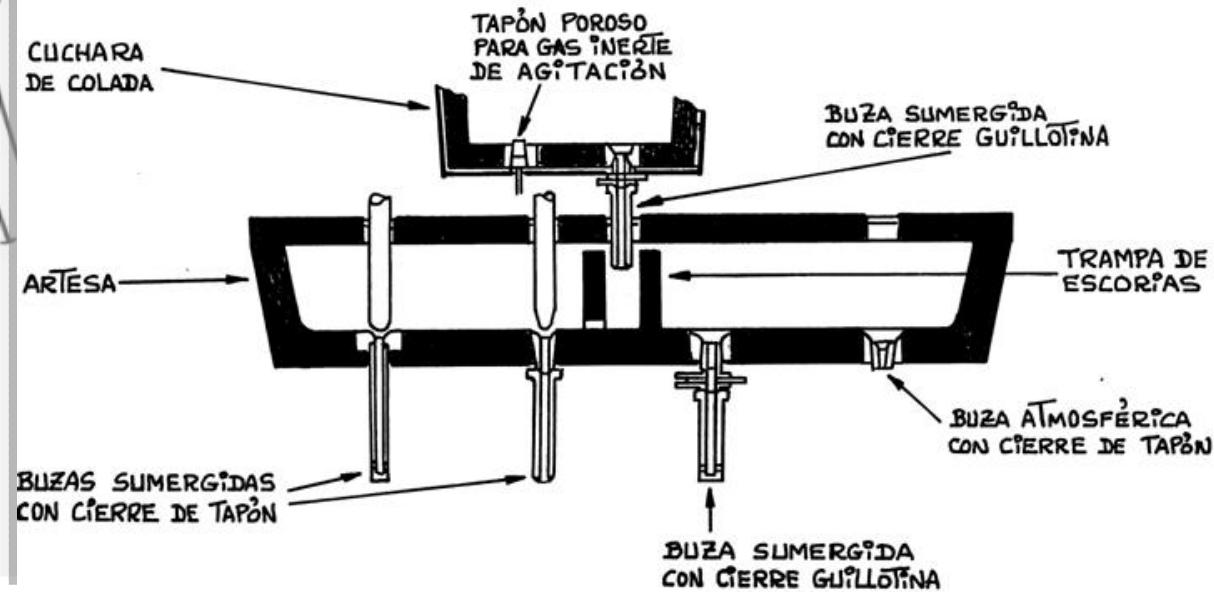
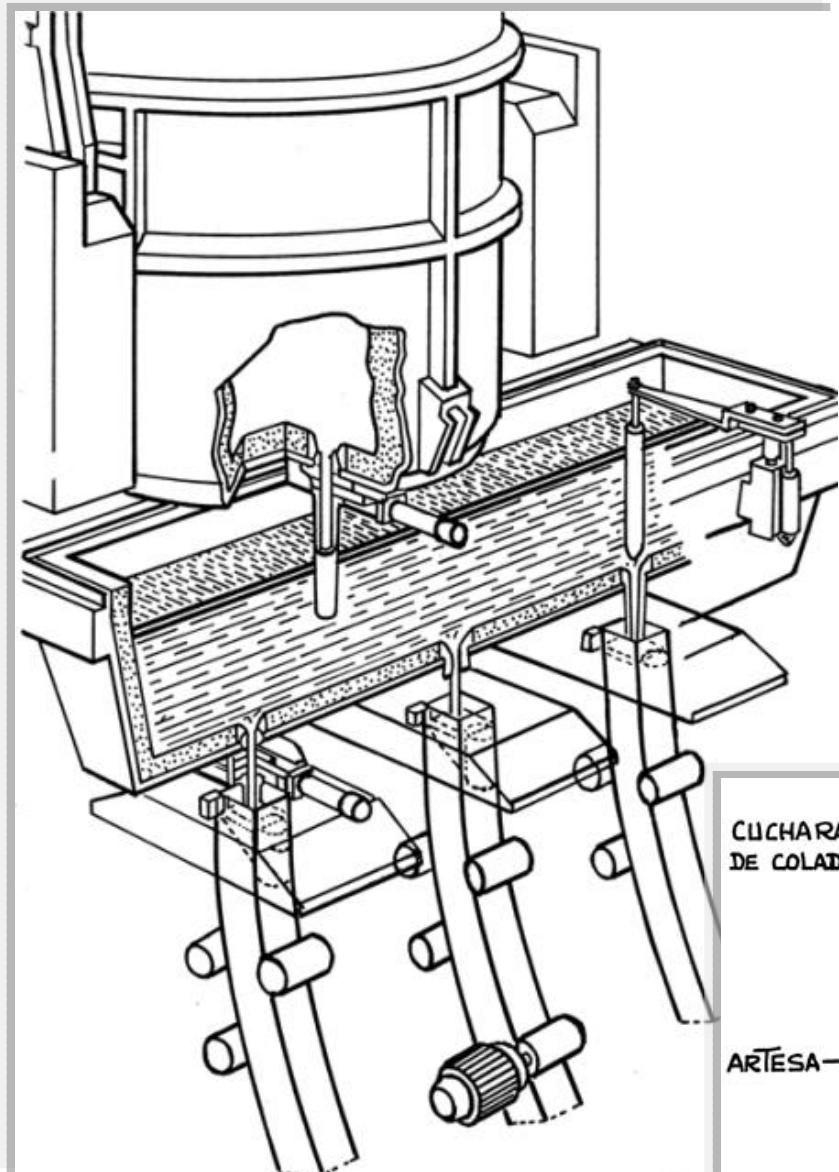
*Colada directa  
o fondo*



*Colada en sifón*

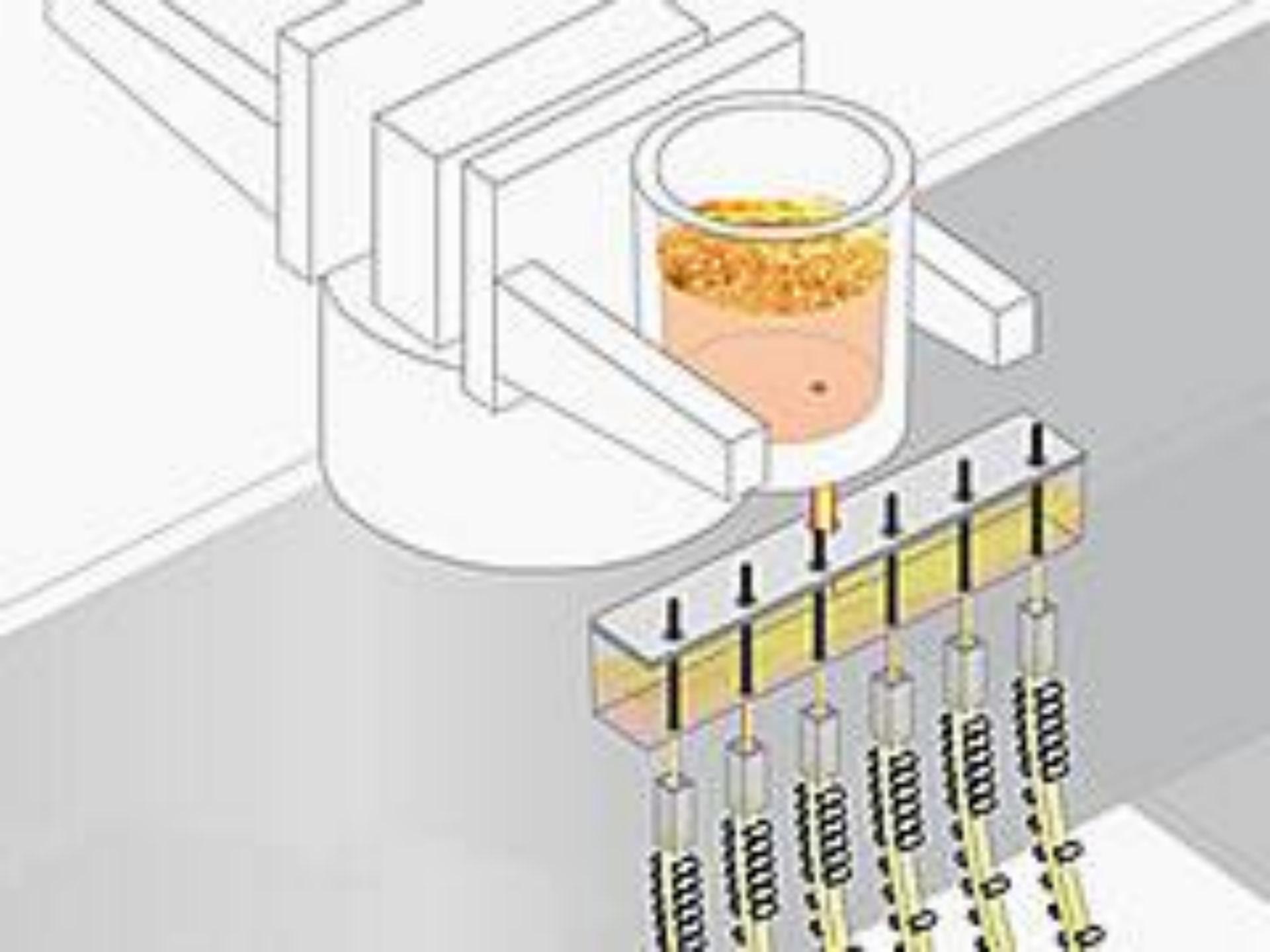


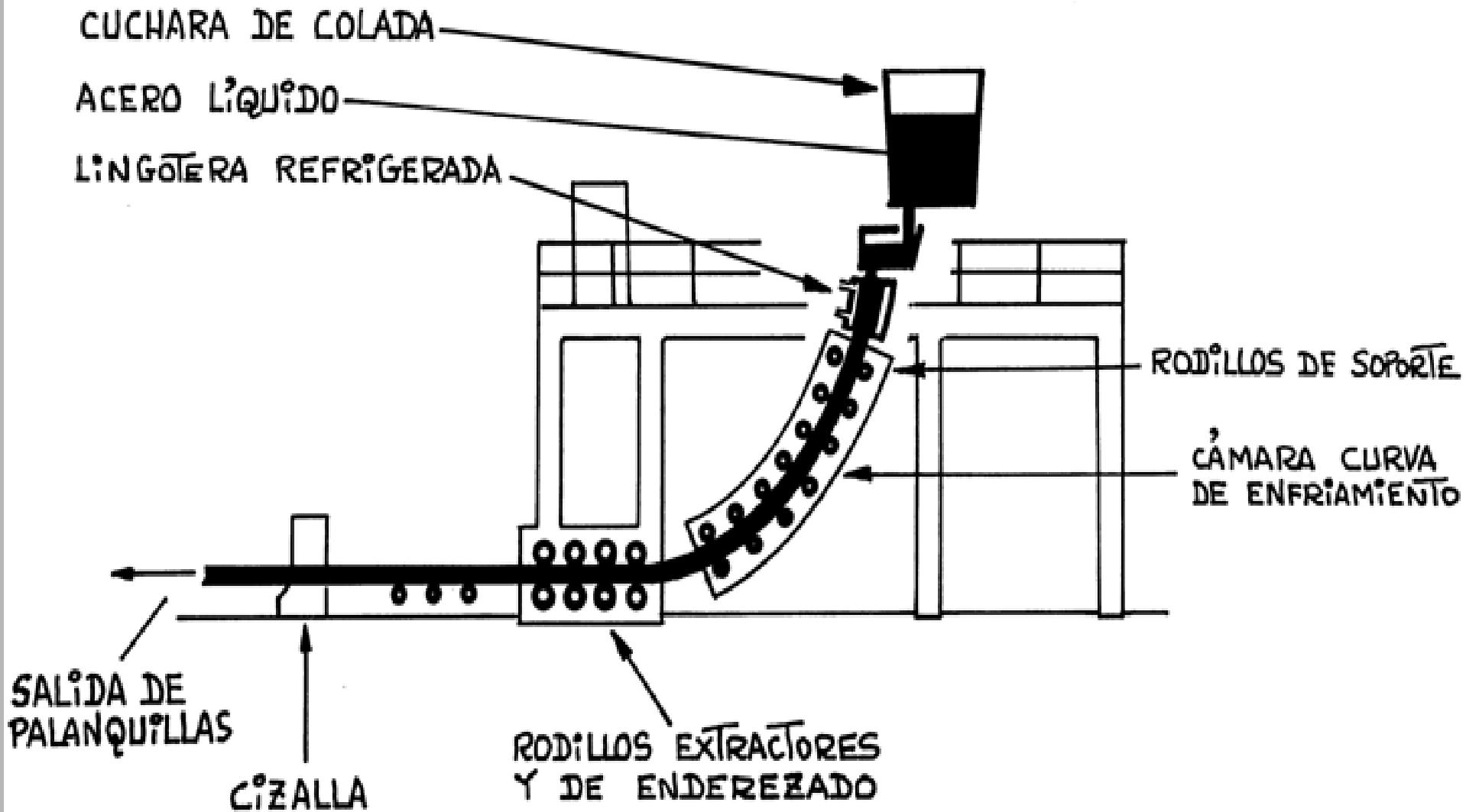


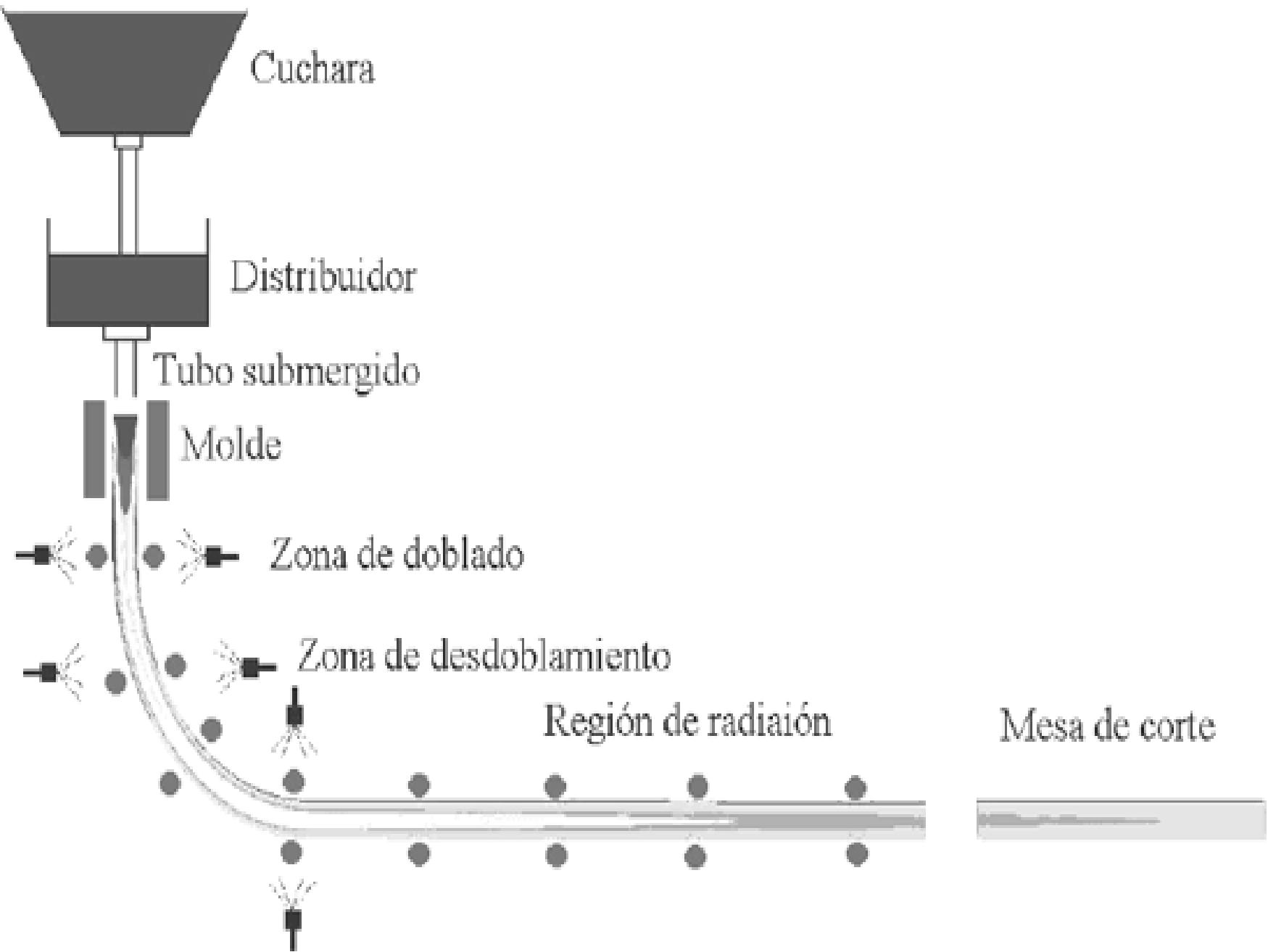


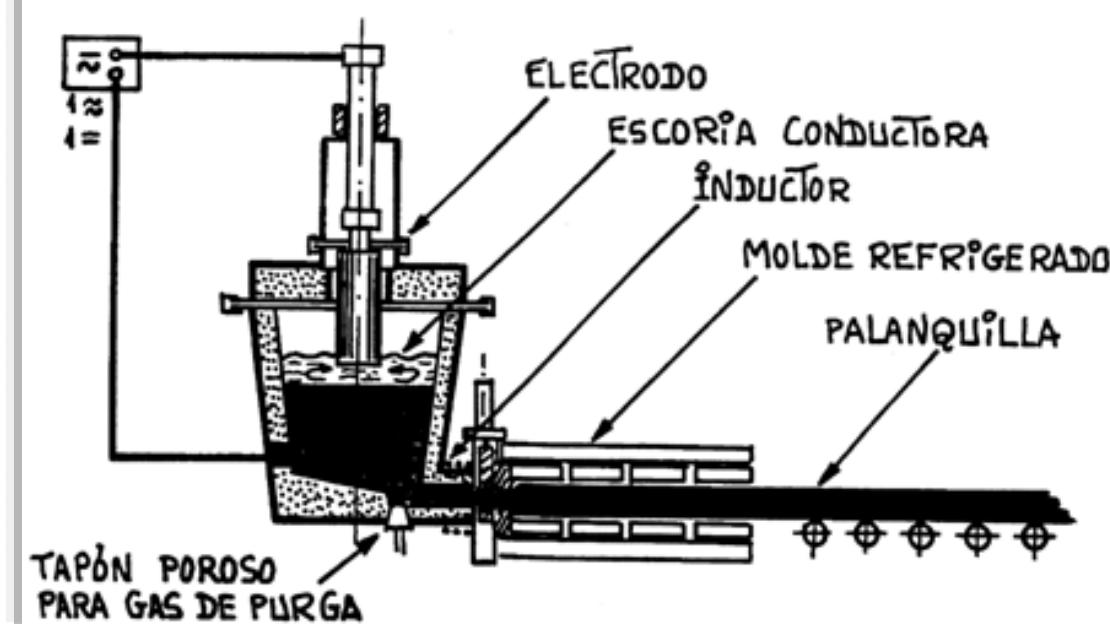
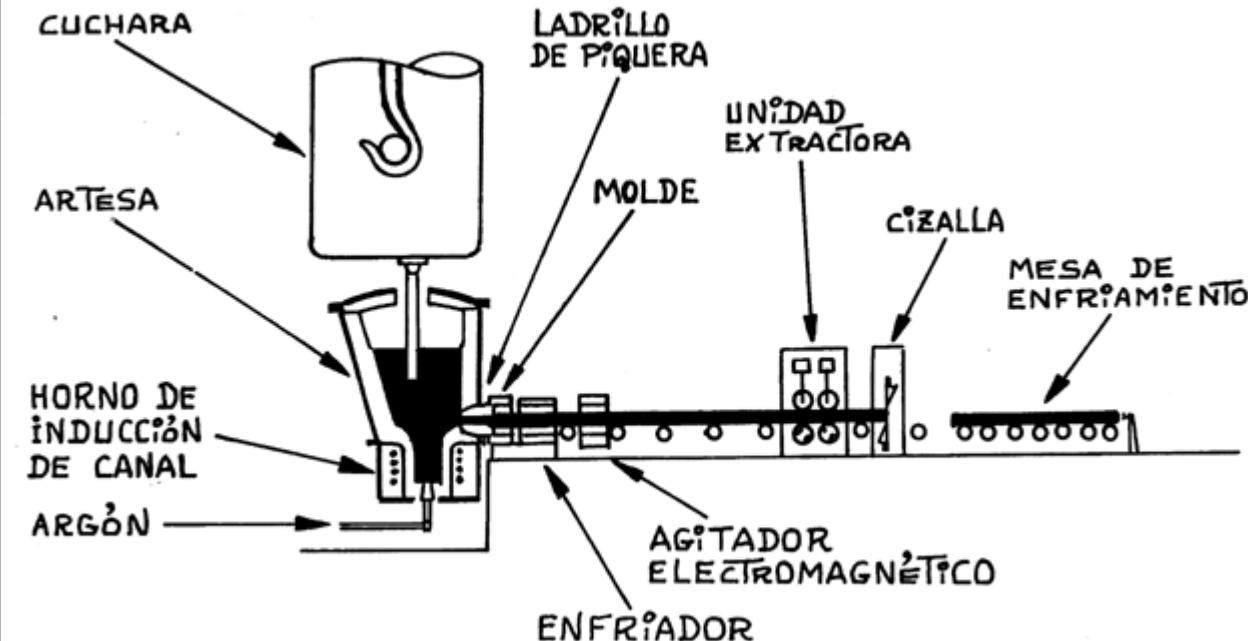


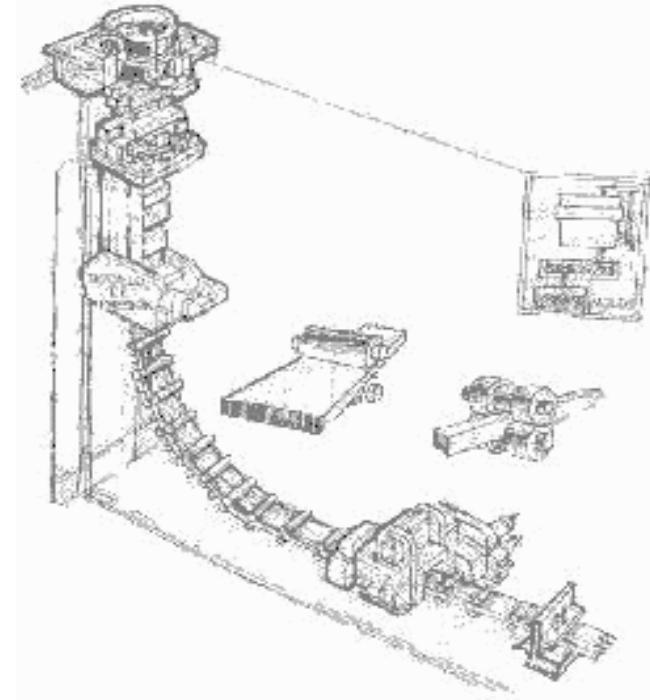


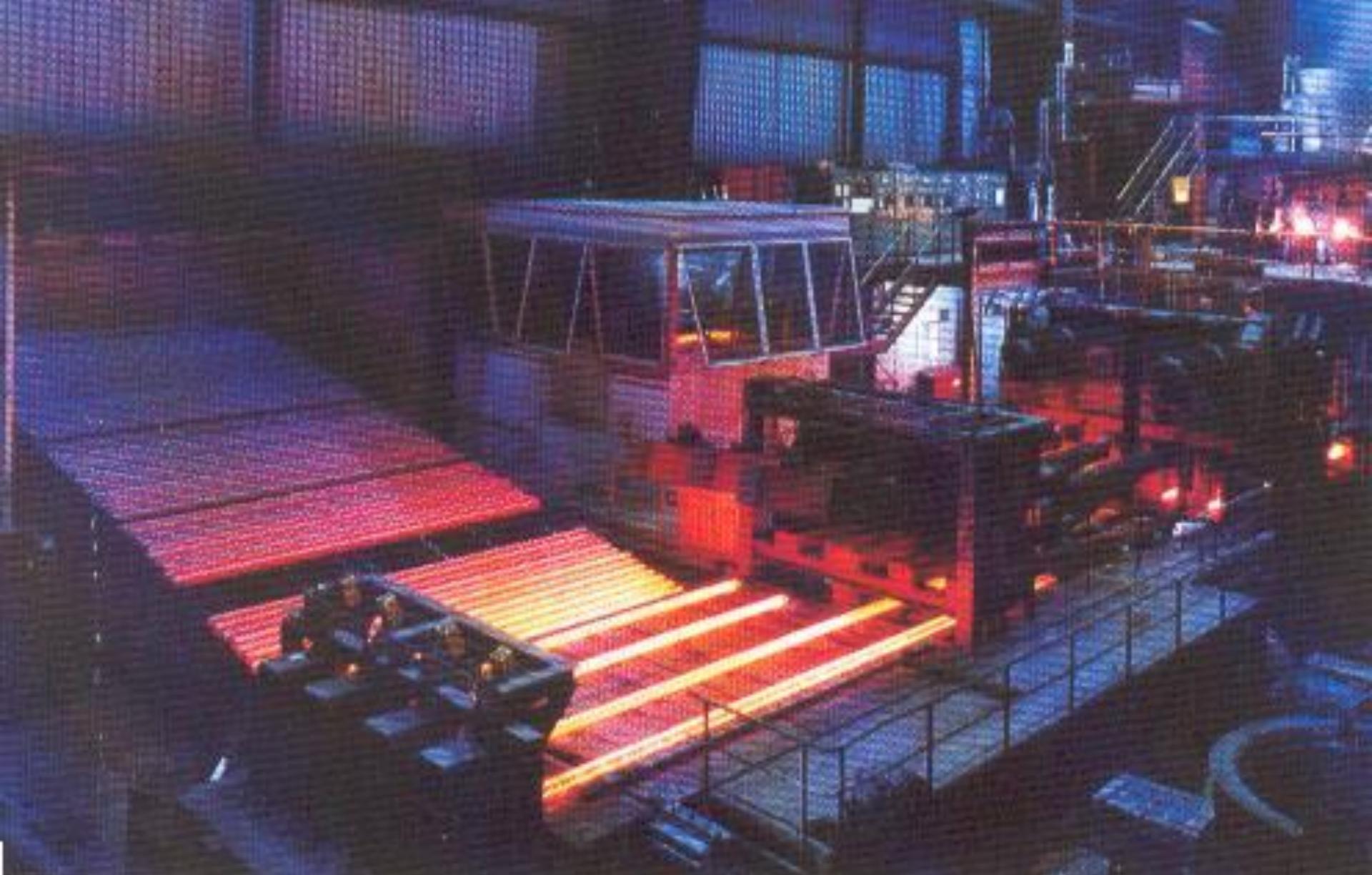






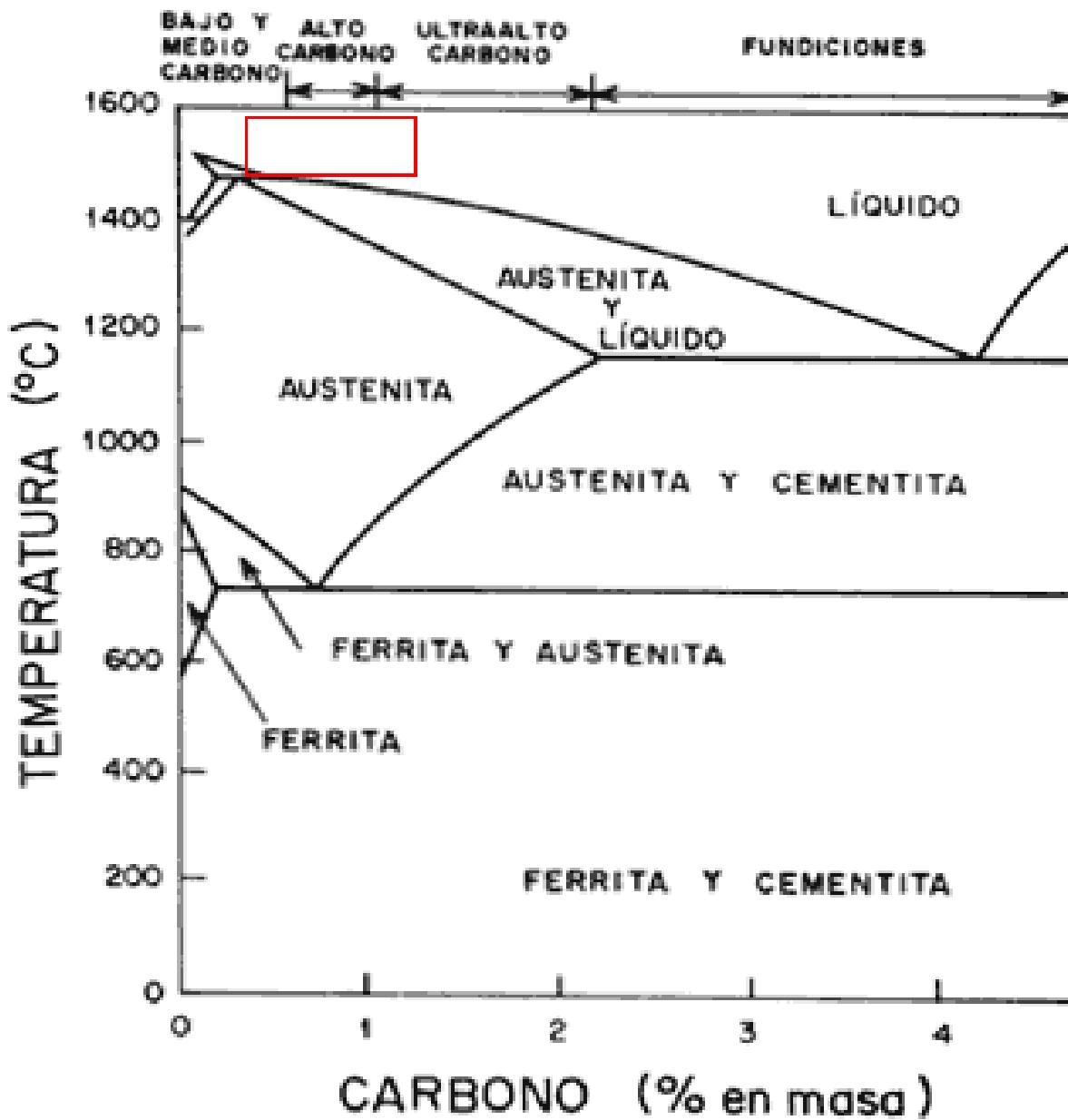




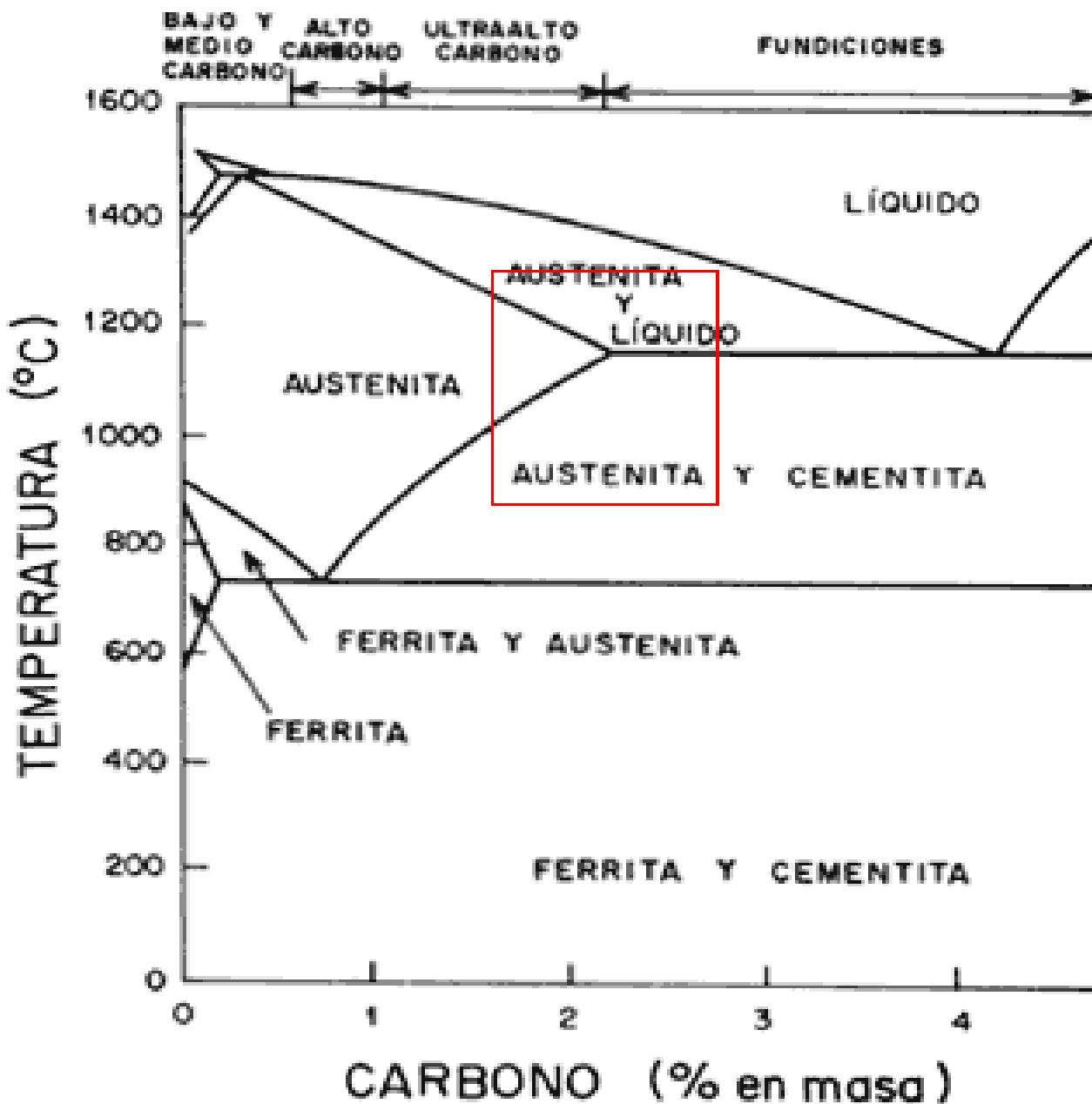


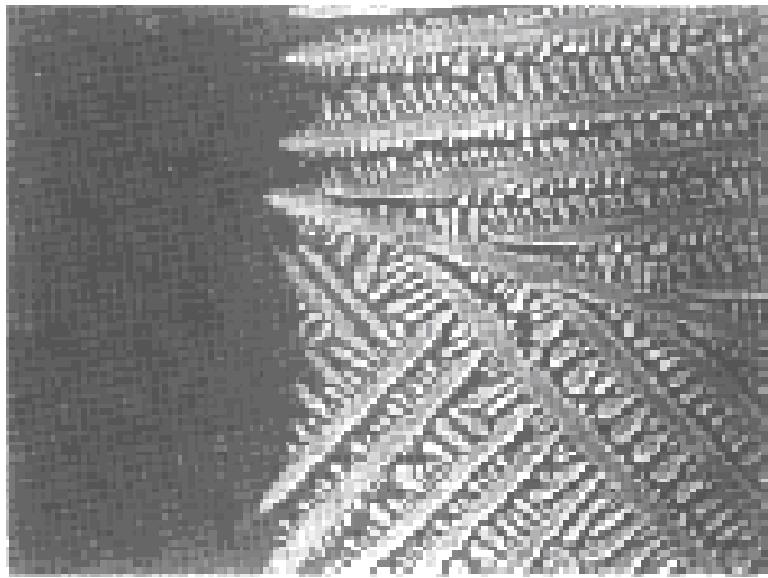
*Vista de una instalación de colada continua cuadrifilar para tochos:  
der.: plataforma de colada; centro: puesto de mando, corte de los tochos;  
izq.: enfriadero*

# Estado del acero al comienzo de la colada.



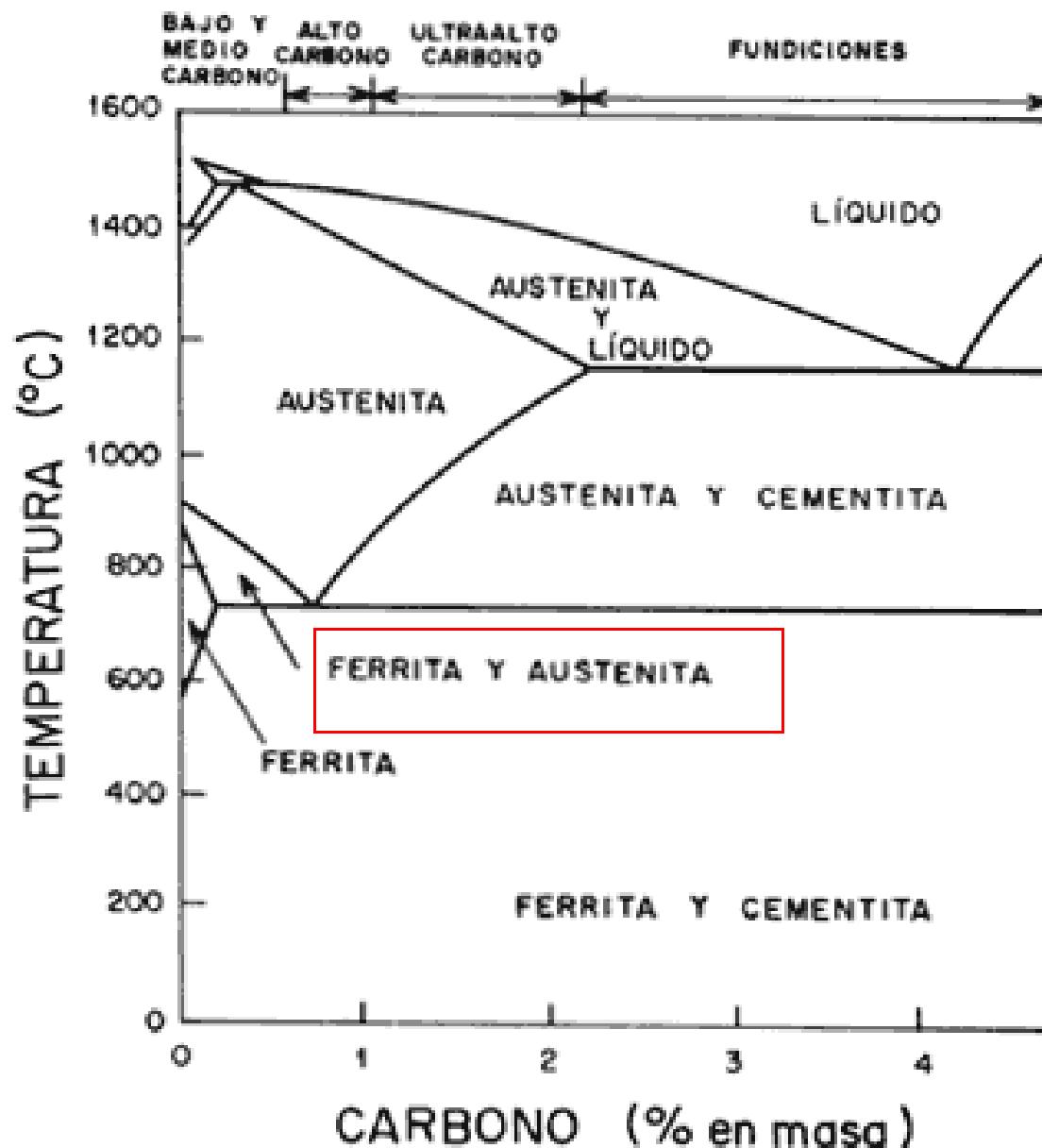
# Estado del acero en el primer proceso de enfriamiento





dendritas que se empiezan a formar con el proceso de enfriamiento

# Estado del acero en el proceso de evacuación





15 2 2006





Figura 73.2 • Producción mundial de acero en bruto en 1995, por regiones.

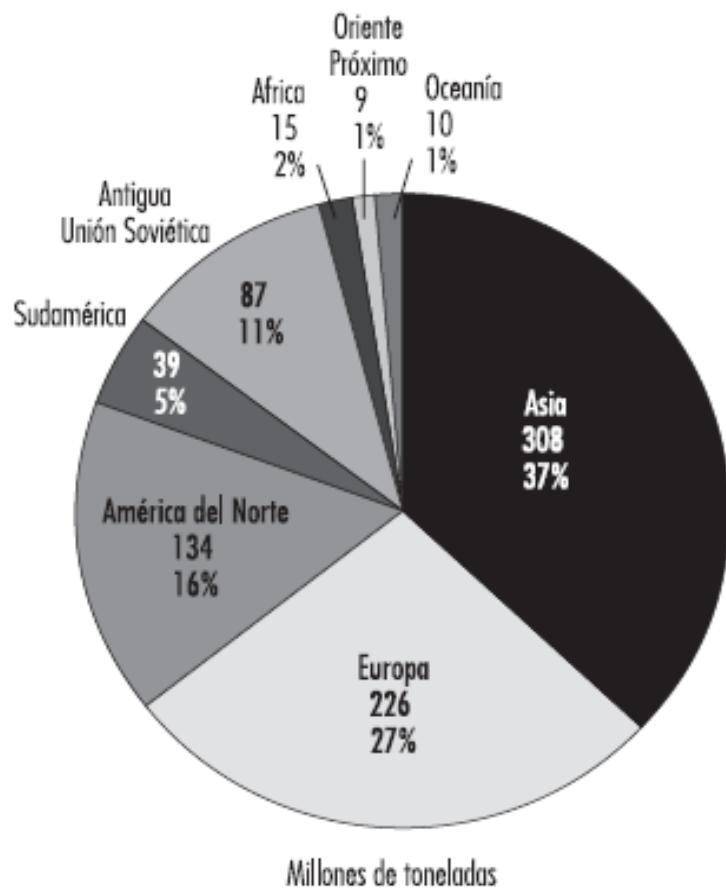


Figura 73.1 • Producción mundial de arrabio en 1995, por regiones.

