

do. Forros o atices. Cómo se usan y cuándo. Importancia del empleo de palanqueros hábiles.

102. Sistemas para apalancar apiques. Forma de los apiques. Cuadrados. Rectangulares. El mejor sistema. Cómo se da principio a un apique, para los efectos de asegurar su estabilidad.

103. Modo de disponer la madera para los apiques. Cortes y ajustamientos. *Tiples o tacos*. Cómo se colocan. Cómo se ferran los apiques. Precauciones. Cómo se unen los marcos de los apiques.

104. Modo de abrir apiques en terreno deleznable. Cómo se *venta* una frente de tierra floja. Cómo se detiene un derrumbamiento. Cómo se pasa. Importancia de este asunto.

(Fin del primer Curso de Explotación de Minas.)

## PROGRAMA GENERAL

DEL CURSO PRIMERO DE METALURGIA.

Profesor, Dr. Juan de la C. Posada.

PRINCIPIOS GENERALES DE METALURGIA.

### I

#### INTRODUCCIÓN

1. Generalidades. Historia. Definición. Importancia. A la vez arte y ciencia. Ciencias aliadas. Desarrollo rápido en los tiempos modernos. Relación entre la Explotación de Minas y la Metalurgia.

### II

#### ANÁLISIS TÉRMICO

2. *Análisis térmico* aplicado a los metales y sus ligas. *Puntos críticos*. Métodos que se emplean para los análisis térmicos.

3. Polimorfismo. Dimorfismo. Isomerismo físico. Isomerismo químico. Alotropía. Isomorfismo. Morfotropismo. Cristalización. Amorfismo. Soluciones sólidas. Cristales mezclados.

4. Curvas de enfriamiento. Tipo general o teórico para sustancias simples, sin puntos críticos. Curvas de enfriamiento y de calentamiento, de elementos simples, con puntos críticos. Ejemplo: hierro electrolítico.

5. Puntos de congelación o solidificación. Histéresis. Curvas de enfriamiento de sustancias compuestas o ligas. Ejemplo: hierro fundido. Congelación selectiva. *Eutéctico*. Sobrefusión.

6. Curvas de enfriamiento de sustancias diversas, basadas en la temperatura y el tiempo. Ejemplo. Relación entre curvas de enfriamiento y curvas de puntos de congelación. Curvas de puntos de congelación, de sustancias compuestas.

## III

## PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS METALES

7. Estructura cristalina. Microestructura de los metales Secciones microscópicas. Metalografía. Recocido de los metales. Importancia.
8. Densidad de los metales. Peso específico.
9. Maleabilidad. Ductilidad. Orden de maleabilidad y ductilidad.
10. Flexibilidad. Fragilidad. Dureza. Orden de dureza.
11. Tenacidad. Curvas de esfuerzo. Esfuerzos de tensión y de compresión. Módulo de elasticidad. Definición de otros términos usados en ingeniería, en relación con la tenacidad de los metales.
12. Tensión de los vapores de los metales. Puntos de fusión y de ebullición de los metales. Sublimación. Tablas ilustrativas.
13. Caldeo de los metales. Importancia.
14. Oclusión de gases por los metales. Importancia.
15. Polimorfismo de los metales.
16. Conductibilidad eléctrica y calorífica de los metales.
17. Calor específico de los metales.
18. Propiedades magnéticas y difusión de los metales.

## IV

## LIGAS

19. Generalidades. Clasificación de las principales ligas
20. Ejemplos de algunas ligas. Oro-Plata. Cobre-Oro. Plata-Cobre. Plomo-Plata. Hierro-Carbono. Bronces, Metales antifriccionales. Plata alemana.
21. Propiedades físicas de las ligas. Generalidades.
22. Conductibilidad eléctrica.
23. Expansión y contracción de las ligas con los cambios de temperatura.
24. Dureza de las ligas. Maleabilidad.
25. Peso específico, volumen y propiedades magnéticas de las ligas.
26. Resistencia a la tensión y límite de elasticidad de las ligas. Resumen.

## V

## MEDIDA DE ALTAS TEMPERATURAS

27. Introducción. Calor y sus efectos.
28. Intensidad de calor. Cantidad de calor.
29. Termómetros. Escalas comparativas. Escalas de temperatura.
30. Termómetro de gas.
31. Pirómetros, Importancia. Usos.
32. Principales tipos de pirómetros. Ventajas y desventajas de cada tipo.
33. Pirómetro termoeléctrico. La copla térmica. Modo de usarlo.
34. Pirómetro basado en la resistencia eléctrica del platino.
35. Pirómetro de radiación. Idea general.
36. Pirómetro de puntos de fusión. Conos de Seger.
37. Resumen. Fabricantes.

VI

CLASIFICACIÓN DE MENAS Y DE PRODUCTOS METALÚRGICOS

- |                                                  |   |                         |
|--------------------------------------------------|---|-------------------------|
| 38. Clasificación química.                       | } | <i>Menas.</i>           |
| 39. — geográfica.                                |   |                         |
| 40. — por tamaños naturales.                     |   |                         |
| 41. — por tamaños de clasificación mecánica.     |   |                         |
| 42. — por el contenido metálico.                 |   |                         |
| 43. — por la riqueza.                            |   |                         |
| 44. — por la mineralización del metal principal. | } |                         |
| 45. — por la naturaleza de la ganga acompañante. |   |                         |
| 46. Metal.                                       | } | Productos metalúrgicos. |
| 47. Speise.                                      |   |                         |
| 48. Mate.                                        |   |                         |
| 49. Escoria.                                     |   |                         |
| 50. Productos volátiles.                         |   |                         |

VII

CLASIFICACIÓN DE MÉTODOS DE BENEFICIO DE MENAS

*I. Métodos térmicos o Termometalurgia.*

- 51. Calórico aplicado sin llegar al punto de fusión.
- 52. Calórico aplicado hasta determinada temperatura.
- 53. Calcinación.
- 54. Tostión o Torrefacción. a) Oxidante. b) Reducente. c) Clorurante. d) Reaccionante.
- 55. Fundición. a) En hornos de aire forzado (hornos de viento). b) En hornos de reverberación. c) En hornos termoeléctricos.

*II. Métodos de la vía húmeda o Hidrometalurgia.*

- 56. Amalgamación.
- 57. Lexiviación.
- 58. Electroquímica electrolítica.
- 59. Comparación de los métodos térmicos y de los hidrometalúrgicos.

VIII

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LAS OPERACIONES METALÚRGICAS

- 60. Utilidad de las esquemas.
- 61. Esquema para producir acero al beneficiar un mineral de hierro.
- 62. Esquema para producir cobre al beneficiar un mineral de cobre.
- 63. Esquema para obtener oro al beneficiar minerales de oro. Esquemas especiales. Para oro libre. Para oro cianurable.
- 64. Esquema para producir plata por el sistema de fundición.

## IX

## ESTUDIO DETALLADO DE ALGUNAS OPERACIONES METALÚRGICAS

65. Oxidación y reducción. Diferencias características. Importancia.
66. Calcinación.
67. Tostión. Varios casos. Importancia.
68. Fundición. Varios casos. Productos. Importancia.
69. Refinación y apartado.
70. Destilación y sublimación.

## X

## ESCORIAS Y FUNDENTES

71. Definición de escorias y fundentes. Generalidades. Objetivo del arte de fundir. Escorificación.

72. *Ácidos y bases*. Papel que desempeñan en las escorias. Principales ácidos y bases usados para producir escorias. Ejemplos.

73. Datos necesarios para obtener determinadas escorias. Importancia del análisis químico cuantitativo.

74. *Escorias silíceas*. Método de clasificación. Proporción o relación de oxígeno. Modo de calcular la proporción de oxígeno. Ejemplo.

75. Cuadro de clasificación de escorias silíceas. Comentarios.

76. *Propiedades físicas de las escorias*. Importancia. Utilidad práctica para la marcha de los hornos.

77. Fusibilidad. Silicatos simples. Silicatos compuestos. Puntos de fusión. Ejemplos.

78. Fluidez de las escorias. Detalles característicos de cada clase.

79. Estructura. Importancia. Detalles.

80. Color de las escorias. Importancia. Detalles.

81. Densidad de las escorias. Importancia. Detalles.

82. Usos de las escorias. En metalurgia como fundentes. En las industrias y en las artes.

83. Método para calcular fundentes para obtener determinado tipo de escoria. Detalles. Ejemplos.

84. Tabla para calcular fundentes. Tabla de pesos moleculares para el cálculo de escorias.

85. Ejemplo numérico. Modo de efectuar y disponer el cálculo.

86. Modo de comprobar experimentalmente en el Laboratorio la exactitud de los cálculos numéricos.

*Nota.* Este estudio se complementará con un extracto del capítulo de Fulton [\*] titulado *Slags*, especialmente en los puntos siguientes: Naturaleza mineralógica de las escorias. Congelación y solidificación. Las constantes físicas de las escorias. Consideraciones prácticas. Un ejemplo de cada clase de escorias, en cuanto a composición química.

## XI

## PRODUCTOS DE LOS HORNOS

*Bullion y metal mercable.*

87. Carácterés generales. Licuaciones. Segregaciones. Importancia.

\* Principles of metallurgy.

88. Dificultades para ensayarlos.

*Mate.*

89. Generalidades. Naturaleza y composición.

90. Generalidades acerca de los sulfuros artificiales simples y dobles.

91. Nociones acerca de su estructura. Estudio al microscopio.

92. Su poder colector de los metales preciosos. Importancia.

*Speise.*

93. Generalidades. Naturaleza y composición.

94. Su empleo en metalurgia. Su poder colector de los metales preciosos.

XII

COMBUSTIBLES Y COMBUSTIÓN

*Introducción.*

95. Combustibles. Definición. Clases.

96. Composición química general de los combustibles sólidos carbonosos.

97. El agua de los combustibles. Elementos utilizables para generar calórico.

98. Combustibles carbonizados. Objeto de la carbonización.

99. Utilización de los combustibles en polvo fino y de los rípios de las hulleras.

100. Metales y metaloides como combustibles. Tostión pirítica. Fundición pirítica.

101. Combustibles líquidos. Generalidades.

102. Combustibles gaseosos. Gases de la hulla, natural, de los hornos, de los generadores o productores y de agua.

103. Análisis y ensayos de los combustibles. Generalidades.

XIII

EFFECTO CALORÍFICO ABSOLUTO DE LOS COMBUSTIBLES

104. Calorías y sus equivalencias.

105. Efectos calorífico absoluto y pirométrico de los combustibles.

106. Tabla de los efectos caloríficos absolutos de los combustibles más importantes.

107. Método para determinar el efecto o poder calorífico absoluto de los combustibles. El calorímetro clásico. Las calderas.

108. Sistema de Berthier. Sistema de Thomson.

109. Calorímetro de Mahler. Calorímetro de Parr.

110. Comparaciones. Criticismo.

## XIV

## EFECTO CALORÍFICO PIROMÉTRICO DE LOS COMBUSTIBLES O TEMPERATURA DE COMBUSTIÓN

- |                                  |                          |
|----------------------------------|--------------------------|
| 111. Combustión de C. a CO.      | } Al abrigo del aire.    |
| 112. — de C. a CO <sub>2</sub> . |                          |
| 113. — de H. a H <sub>2</sub> O. |                          |
| 114. Combustión de C. a Co.      | } En presencia del aire. |
| 115. — de C. a CO <sub>2</sub> . |                          |
| 116. — de H. a H <sub>2</sub> O. |                          |
117. Temperatura de combustión de combustibles compuestos.  
Caso general. Discusión:

*Nota.*—Se complementará este estudio con extractos de la obra de Fulton.

## XV

## COMBUSTIBLES NATURALES

118. Leña. Generalidades.  
119. Turba —  
120. Liñitas. Hullas. Antracitas. Estudio general.

## XVI

## COMBUSTIBLES CARBONIZADOS

121. Carbón de leña. Generalidades.  
122. Cok. Generalidades.

## XVII

## COMBUSTIBLES GASEOSOS

123. Gases de los hornos. Generalidades.  
124. Gases de los productores —  
125. Gas de agua. Generalidades.

## XVIII

## COMBUSTIBLES LÍQUIDOS

126. Petróleo. Gasolina etc. Generalidades.

*Nota.*—Se complementará este estudio con extractos de la obra de Fulton.

## XIX

## MATERIALES REFRACTARIOS

127. Objeto. definición. Carácterés generales.  
128. Arcillas. Generalidades.  
129. Areniscas. —  
130. Chamottes. Otros compuestos artificiales.  
131. Margas. Cales. Argamasas. Su empleo en los hornos.  
132. Revestimiento de los hornos de copelación.

133. Revestimientos internos de los hornos, ácidos o básicos, según el empleo a que se destinan.

*Nota.*—Este estudio se complementará con extractos de la obra de Fulton.

## XX

## HORNOS

134. Definición. Clasificación. Carácterés distintivos de cada clase de hornos.

135. Detallés acerca de los hornos en que el beneficio del mineral se hace mezclándolo con el combustible. Croquis de los hornos de esta especie en que el tiro es natural. Usos a que se destinan.

136. Descripción y croquis de los hornos de tiro forzado (hornos de viento). Hornos especiales para la metalurgia del hierro, cobre, plomo y producción de mates. Uso de la *chaqueta* de agua.

137. Convertidores (converters) para cobre y fierro.

138. Detalles acerca de los hornos en que el beneficio del mineral se hace en un lugar separado del hogar o centro de combustión.

139. Croquis de los hornos de esta especie, empleados para tostiones.

140. Croquis de los hornos de reverberación para fundir. Partes esenciales de que se componen.

141. Cálculo del tiro de las chimeneas para esta clase de hornos.

142. Hornos mecánicos para tostión. Idea general. Importancia.

143. Diagrama general que muestra los hornos de reverberación en que se emplea como combustible un gas y se usa la regeneración.

144. Detalles acerca de los hornos de copelación. Croquis. Hornos de pudilage. Croquis.

145. Detalles acerca de los hornos en que se beneficia el mineral en un espacio aislado del foco calorífico, esto es, por simple conducción. Retortas. Muflas. Crisoles.

146. Hornos eléctricos. Idea fundamental. Importancia.

147. Accesorios para los hornos de viento. Ventiladores. Varios tipos. Uso del aire comprimido. En frío. En caliente. Aparatos para la calefacción del aire. Factores que influyen en la capacidad de los hornos. Volumen y presión del aire.

## XXI

## METALURGIA DE HIERRO

148. Minerales de hierro empleados en la industria. Carácterés generales. Especies importantes en Antioquia.

149. Ensayo de los minerales de hierro. Por la vía húmeda. Por la vía seca. Análisis químicos de los minerales de hierro. Diferencia característica y objeto de cada uno de estos sistemas.

150. Preparación de los minerales de hierro para su beneficio. Modo de llevarla a cabo. Utilidad de la preparación previa. Objeto que se persigue con la preparación. Importancia.

151. Reducción de los minerales de hierro en los Altos Hornos. Esquema general del trabajo. Croquis de una Planta completa para el efecto.

152. Química de las reacciones en los Altos Hornos. Dificultades para un estudio completo de las reacciones que se verifican. Criticismo.

153. Productos que se obtienen en los Altos Hornos. Hierro fundido blanco, gris, atruchado y variedades silicosas, mangánicas, magnesianas, cromosas, vanádicas, tungsténicas, aluminosas &. Propiedades características y composición química de cada una de ellas.

154. Purificación del hierro crudo. Para obtener hierro maleable, sin una fusión completa. Operación de *pudilage*. Hornos para el efecto. Reacciones químicas en el procedimiento de *pudilage*. Modo de obtener acero por este sistema.

155. Purificación del hierro crudo por fusión completa, para obtener acero de varias clases. Sistema Bessemer. Reacciones en la operación de *besemerización*. Productos que se obtienen. Importancia.

156. Sistema de Siemens-Martin. Reacciones en la operación. Productos que se obtienen. Importancia.

157. Acero de cementación. Modo de obtenerlo. Importancia.

158. Hierro maleable fundido. Modo de obtenerlo. Importancia.

159. Endurecimiento del hierro. (Case hardening). Importancia.

160. Efectos de sustancias extrañas en el hierro y en el acero. Resumen de las teorías del Carbono y Alotrópicas.

161. Nociones acerca de la electrometalurgia del hierro y del acero. Hornos para producirlos. Hornos para refinarlos. Reacciones químicas. Importancia de este sistema.

[Fin del Primer Curso de Metalurgia.]

## LA FIGURA DE LA TIERRA

### EL PENDULO Y LA GRAVEDAD

(PARA LOS ALUMNOS DE LA CLASE DE FISICA GENERAL, EN LA ESCUELA NACIONAL DE MINAS DE MEDELLÍN.)

Desde la más remota antigüedad ha querido el hombre conocer el tamaño y figura de la Tierra. En los tiempos del filósofo griego Anaximandro— que vivió por los años de 610 antes de la era cristiana— se pensó que la tierra tenía la forma de un cilindro, de altura igual a tres veces su diámetro. Esta idea se rectificó, con el transcurso del tiempo, mediante mejores observaciones, y se admitió sucesivamente la forma de un cubo, luego la de la esfera, el esferoide, el elipsoide y por último el *geoide* imaginado por Clarke y Bessel.

La diferencia entre los radios terrestres correspondientes al polo y al ecuador, es de cerca de 13 millas, lo que da una relación igual a la que existe entre una pulgada y veinticinco pies. Por este motivo, un globo construido correctamente, no muestra a la simple vista el achatamiento polar.

Hace cerca de 200 años que se demostró, por primera vez, prácticamente, un cambio de fuerza de gravedad al variar de lati-