



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

INGENIERÍA MECÁNICA.

**TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA INDEPENDIENTE
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
MECÁNICO**

TEMA:

ESTUDIO DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL ACERO SAE 1020, EN BASE
AL RECICLAJE DE CHATARRA METÁLICA EN LA EMPRESA NOVACERO S.A.
PLANTA LASSO, PARA REDUCIR LA IMPORTACIÓN DE PALANQUILLA.

AUTOR: EDUARDO HUMBERTO VILLEGAS PAREDES.

TUTOR: ING. ALEJANDRO MORETTA MARFETÁN

AMBATO - ECUADOR 2012

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema.

“ESTUDIO DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL ACERO SAE 1020, EN BASE AL RECICLAJE DE CHATARRA METÁLICA EN LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA LASSO, PARA REDUCIR LA IMPORTACIÓN DE PALANQUILLA.

.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

.....

Ing. Alejandro Moretta Marfetán

Director de Tesis

AUTORÍA

EL PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN;

“ESTUDIO DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL ACERO SAE 1020, EN BASE AL RECICLAJE DE CHATARRA METÁLICA EN LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA LASSO, PARA REDUCIR LA IMPORTACIÓN DE PALANQUILLA”. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Julio del 2012

.....
Eduardo Humberto Villegas Paredes

C.C. 1803724200

Autor

DEDICATORIA

A mis padres por apoyarme en cada uno de mis días incondicionalmente y en cada momento, por brindarme su sabiduría y ejemplo de ser persona útil para la sociedad.

A mis hermanas, por su apoyo moral, comprensión y compartir los momentos más importantes de mi vida.

AGRADECIMIENTO

A la facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, por darme la oportunidad de ser parte de ella, a los ingenieros y maestros los cuales compartieron sus conocimientos experiencias y parte de su vida con el mayor profesionalismo que los caracteriza de los cuales me llevo las mejores enseñanzas.

A la Empresa NOVACERO S.A Planta Lasso por permitirme realizar este proyecto que ha sido de mucha importancia para crecer profesionalmente y adquirir una gran experiencia, para cumplir con mis objetivos.

Al Ing. Alejandro Moretta el cual fue a más de ser mi guía y tutor, es un amigo y siempre estuvo apoyando en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

<i>DESCRIPCIÓN</i>	<i>PÁGINAS</i>
<i>Título o portada.....</i>	<i>I</i>
<i>Aprobación por el Tutor.....</i>	<i>II</i>
<i>Autoría de la Tesis.....</i>	<i>III</i>
<i>Dedicatoria.....</i>	<i>IV</i>
<i>Agradecimiento.....</i>	<i>V</i>
<i>Índice General de Contenidos.....</i>	<i>VI</i>
<i>Índice de cuadros o gráficos.....</i>	<i>VIII</i>
<i>Resumen Ejecutivo.....</i>	<i>XXII</i>

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

<i>1.1. Tema.....</i>	<i>1</i>
<i>1.2. Planteamiento del problema.....</i>	<i>1</i>
<i>1.2.1. Contextualización.....</i>	<i>1</i>
<i>1.2.2. Análisis crítico.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.3. Prognosis.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.4. Formulación del problema.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.5. Preguntas directrices.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.6. Delimitación del problema.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.6.1. Delimitación temporal.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.6.2. Delimitación espacial.....</i>	<i>4</i>

1.2.6.3. Delimitación del contenido.....	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos generales y específicos	5
1.4.1. Objetivo general.....	5
1.4.2. Objetivos específicos.....	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos.....	7
2.2. Fundamentación legal	7
2.3. Fundamentación científica de la variable independiente y dependiente	8
2.3.1. Chatarra metálica.....	8
2.3.1.1. Reciclaje de chatarra metálica	8
2.3.1.2. Opciones del reciclado de acero.....	9
2.3.1.3. Tipos de chatarra metálica y principales fuentes	10
2.3.2. Gestión de la chatarra metálica	10
2.3.2.1. Proceso productivos de corte.....	13
2.3.2.2. Procesos productivos de prensa cizalla	14
2.3.2.3. Procesos productivos compactadora	16
2.3.2.4. Procesos productivos de la fragmentadora.....	17
2.3.2.5. Procesos productivos de la clasificación	20
2.3.2.6. Procesos productivos de la cizalla hidráulica.....	20
2.3.2.7. Proceso productivos de retornos de la acería	22
2.3.3. Carga de chatarra en las cestas	23
2.3.3.1. Chatarra metálica que no se acepta en el patio	25

2.3.4. Horno de arco eléctrico.....	28
2.3.4.1. Actividades de horno eléctrico.....	29
2.3.4.2. Funcionamiento del horno de arco eléctrico.....	33
2.3.4.3. Fase de fusión en el horno eléctrico	34
2.3.5. Afinación de una colada.....	34
2.3.5.1. Fases de afinación del acero líquido	34
2.3.5.2. Elementos que se oxidan en la fase de afinación.....	35
2.3.5.3. Oxidación del silicio.....	35
2.3.5.4. Oxidación del carbón y manganeso.....	36
2.3.5.5. Oxidación del fósforo	37
2.3.5.6. Eliminación del azufre.....	38
2.3.5.7. Desoxidación parcial del baño con carbón y manganeso.....	39
2.3.5.8. Importancia de la escoria en la afinación.....	39
2.3.6. Vaciado y temperatura en la olla.....	40
2.3.6.1. Importancia de la tempera en la olla	40
2.3.6.2. Homogenización de temperatura con gas inerte	43
2.3.6.3. Homogenización de la temperatura	44
2.3.6.4. Inyección por el fondo de la olla.....	44
2.3.7. Colada continua.....	44
2.4. Categorías fundamentales	45
2.5. Hipótesis.....	46
2.6. Señalamiento de las variables de la hipótesis	46
2.6.1. Variable independiente.....	46
2.6.2. Variable dependiente.....	46

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA.

<i>3.1. Modalidad básica de investigación.....</i>	<i>47</i>
<i>3.1.1. Investigación Bibliográfica</i>	<i>47</i>
<i>3.1.2. Investigación de Campo</i>	<i>47</i>
<i>3.2. Nivel o tipo de investigación.....</i>	<i>47</i>
<i>3.2.1. Investigación descriptiva.....</i>	<i>47</i>
<i>3.2.2. Investigación explicativa</i>	<i>48</i>
<i>3.3. Población y muestra.....</i>	<i>48</i>
<i>3.3.1. Población.....</i>	<i>48</i>
<i>3.3.2. Muestra.....</i>	<i>48</i>
<i>3.4. Operacionalización de las variables.....</i>	<i>48</i>
<i>3.4.1. Variable independiente.....</i>	<i>48</i>
<i>3.4.2. Variable dependiente.....</i>	<i>50</i>
<i>3.5. Plan de recolección de información</i>	<i>51</i>
<i>3.6. Plan de procesamiento de la información</i>	<i>51</i>

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

<i>4.1. Análisis de resultados.....</i>	<i>52</i>
<i>4.1.2. Proceso de análisis de resultados</i>	<i>53</i>
<i>4.1.3. Representación de la chatarra clasificada.....</i>	<i>55</i>
<i>4.1.4 Análisis de chatarra metálica.....</i>	<i>56</i>

4.1.4.1. Análisis de chatarra pesada (troceado)	57
4.1.4.2. Análisis de chatarra ligera (Fragmentada).....	62
4.1.4.3. Análisis de chatarra ligera (pacas).....	67
4.1.4.4. Análisis de chatarra ligera (cizallada).....	72
4.1.4.5. Análisis de chatarra menudencia.....	77
4.1.4.6. Análisis de muestras iniciales de chatarra fundida	82
4.2. Interpretación de gráficos	83
4.3. Verificación de la hipótesis	88
4.3.1. Variable independiente.....	90
4.3.2. Variable dependiente.....	90

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	91
5.2. Recomendaciones	94
5.2.1. Recomendaciones para la probeta	95

CAPÍTULO VI

6. PROPUESTA.

6.1. Datos informativos.....	97
6.2. Antecedentes de la propuesta	98

6.3. Justificación.....	100
6.4. Objetivos.....	100
6.5. Análisis de factibilidad.....	101
6.5.1. Análisis de costos.....	101
6.5.1.1. Costos directos.....	102
6.5.1.2. Costos indirectos.....	103
6.6. Fundamentación	104
6.6.1. Espectrómetro de emisión óptica y preparación de muestras.....	104
6.6.2. Operaciones del software del espectrómetro de emisión óptica	107
6.6.3 Carga de chatarra.....	121
6.6.3.1. Cálculo de la mezcla de chatarra	123
6.6.4. Cálculo de elementos aleantes y ferroaleaciones.....	128
6.6.4.1 Especificación de ferromanganeso bajo carbón.....	128
6.6.4.2. Especificación de ferrosilicio.	128
6.6.4.3. Especificación de ferromanganeso alto carbono.....	129
6.6.4.4. Cálculo de Aporte de Ferroaleaciones.....	129
6.6.4.5. Cálculos referenciales de los puntos que aporta a cada elemento.....	130
6.6.5. Análisis de ferroaleaciones y escoria.....	134
6.6.5.1. Descripción del software, Espectrómetro de rayos X.....	135
6.6.5.2. Análisis de ferroaleaciones.....	144
6.6.5.3. Análisis de ferromanganeso.....	144
6.6.5.4. Análisis de ferrosilicio.....	146
6.6.5.5. Análisis de escoria	147
6.6.6. Análisis de muestras de acero líquido.....	149
6.6.6.1. Análisis de muestras de acero en la cuchara.....	149

6.6.6.2. <i>Análisis de muestras de acero en la colada continua</i>	150
6.6.7. <i>Inspección de palanquilla micrografías</i>	152
6.6.7.1 <i>Clasificación de los defectos</i>	152
6.6.7.2. <i>Procedimiento</i>	152
6.6.8. <i>Ensayos mecánicos – ensayos de tracción</i>	154
6.6.8.1. <i>Instrucciones de manejo de la máquina de tracción</i>	155
6.6.8.2. <i>Teclado de la unidad de control de la máquina de tracción</i>	156
6.6.8.3. <i>Programa de operativo Trapezium2 de la máquina de ensayos</i>	156
6.6.8.4. <i>Creación de ensayos y métodos</i>	158
6.6.8.5. <i>Ensayos de tracción en producto final</i>	172
6.6.9. <i>Análisis metagráfico</i>	176
6.6.9.1. <i>Corte de muestras</i>	176
6.6.9.2. <i>Relleno o embutido de muestras</i>	179
6.6.9.3. <i>Manejo del Software “Material Plus” Microscopio</i>	185
6.6.9.4. <i>Ensayos de micrográfica</i>	194
6.7. <i>Conclusión de la propuesta</i>	199
6.8. <i>Recomendaciones de la propuesta</i>	200

BIBLIOGRAFÍA	200
---------------------------	-----

ANEXOS	204
---------------------	-----

Anexo A. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2215:99

Anexo B. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 106

Anexo C. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 105

Anexo D. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 109:2009

Anexo E. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 124

Anexo F. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2224:2008

Anexo G. TABLAS DE ESPECIFICACIÓN MATERIA PRIMA IMPORTADA

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS

<i>Fig.2.1 Resumen del proceso de chatarra</i>	11
<i>Fig. 2.2. Abastecer chatarra a naves de corte</i>	12
<i>Fig. 2.3. Corte de chatarra</i>	12
<i>Fig.2.4. Registro de producción</i>	13
<i>Fig.2.5. Traslado de chatarra cortada</i>	13
<i>Fig.2.6. Muestra de báscula</i>	13
<i>Fig.2.7. Abastecer chatarra liviana en prensa cizalla</i>	14
<i>Fig.2.8. Prensado y cizallado</i>	14
<i>Fig.2.9. traslado de la chatarra cizallada</i>	15
<i>Fig.2.10. Registro de producción</i>	15
<i>Fig.2.11. Muestra de báscula</i>	15
<i>Fig.2.12. Abastecer chatarra liviana en compactadora</i>	16
<i>Fig.2.13. Compactadora</i>	16
<i>Fig.2.14. Registro de producción</i>	16
<i>Fig.2.15. Traslado de pacas</i>	17
<i>Fig.2.16. Registro de báscula</i>	17
<i>Fig.2.17. Abastecimiento de chatarra liviana en fragmentadora</i>	17
<i>Fig.2.18. Clasificación de chatarra</i>	18
<i>Fig.2.19. Carga de chatarra en la banda de alimentación</i>	18
<i>Fig.2.20. Control final de ingreso de chatarra</i>	18

<i>Fig.2.21. Trituración de chatarra.....</i>	<i>19</i>
<i>Fig.2.22. Clasificación de materiales no ferrosos.....</i>	<i>19</i>
<i>Fig.2.23. Registro de producción</i>	<i>19</i>
<i>Fig.2.24. Clasificación.....</i>	<i>20</i>
<i>Fig.2.25. Registro de producción de clasificación.....</i>	<i>20</i>
<i>Fig.2.26. Abastecer chatarra liviana en cizalla.....</i>	<i>20</i>
<i>Fig.2.27. Corte de Chatarra.....</i>	<i>21</i>
<i>Fig.2.28. Traslado de chatarra cortada</i>	<i>21</i>
<i>Fig.2.29. Registro de báscula de chatarra cortada.....</i>	<i>21</i>
<i>Fig.2.30. Traslado de material acería</i>	<i>22</i>
<i>Fig.2.31. Corte de material pesado</i>	<i>22</i>
<i>Fig.2.32. Traslado de material cortado.....</i>	<i>22</i>
<i>Fig.2.33. Carga en las cestas</i>	<i>23</i>
<i>Fig.2.34. Carga de antracita.....</i>	<i>23</i>
<i>Fig.2.35. Carga de cal dolomítica.....</i>	<i>24</i>
<i>Fig.2.36. Carga de cesta</i>	<i>24</i>
<i>Fig. 2.37. Carga de cesta y traslado</i>	<i>24</i>
<i>Fig. 2.38. Cesta de chatarra</i>	<i>25</i>
<i>Fig. 2.39. Puentes grúas de chatarra</i>	<i>25</i>
<i>Fig.2.40. Manga de humos.....</i>	<i>29</i>
<i>Fig.2.41. Abertura de Horno de arco eléctrico.....</i>	<i>29</i>
<i>Fig.2.42. Depósito de contenido de cestas.....</i>	<i>30</i>
<i>Fig.2.43. Altura de carga.....</i>	<i>30</i>
<i>Fig.2.44. Colocar tapa en horno</i>	<i>31</i>
<i>Fig.2.45. Cierre de manga de humos.....</i>	<i>31</i>
<i>Fig.2.46. Carga de horno.....</i>	<i>31</i>

<i>Fig.2.47. Vaciado de acero líquido</i>	<i>33</i>
<i>Fig.2.48. Vaciado del acero y colado</i>	<i>40</i>
<i>Fig.4.1. Proceso para el análisis de resultado.....</i>	<i>54</i>
<i>Fig.6.1. Lijadora Automática</i>	<i>102</i>
<i>Fig.6.2. Pulido de la probeta</i>	<i>104</i>
<i>Fig.6.3. Movimientos del pulido.....</i>	<i>105</i>
<i>Fig.6.4. Muestra Pulida</i>	<i>106</i>
<i>Fig.6.5. Ubicación de la muestra en el espectrómetro.</i>	<i>106</i>
<i>Fig.6.6. Espectrómetro de emisión óptica</i>	<i>107</i>
<i>Fig.6.7. Ventana de ingreso al programa PDA.....</i>	<i>107</i>
<i>Fig.6.8. Ventana de chequeos de instrumentos iniciales</i>	<i>108</i>
<i>Fig.6.9. Ventana de ingreso de parámetros</i>	<i>109</i>
<i>Fig.6.10. Ventana de selección de grupo de análisis</i>	<i>109</i>
<i>Fig.6.11. Botones de inicio y para.....</i>	<i>110</i>
<i>Fig. 6.12. Ventana de descarga de valores</i>	<i>110</i>
<i>Fig.6.13. Ventana de descarga segundo disparo.</i>	<i>111</i>
<i>Fig.6.14. Ventana de descarga tercer disparo.....</i>	<i>111</i>
<i>Fig.6.15. Ventana de valores fuera de rango.....</i>	<i>115</i>
<i>Fig.6.16. Ventana para borrar valores.....</i>	<i>116</i>
<i>Fig.6.17. Ventana para guardar un ensayo.</i>	<i>116</i>
<i>Fig.6.18. Ventana de base de datos de ensayos</i>	<i>117</i>
<i>Fig.6.19. Ventana para seleccionar un archivo</i>	<i>117</i>
<i>Fig.6.20. Ventana para copiar en la base de datos.....</i>	<i>118</i>
<i>Fig.6.21. Ventana de dirección de ubicación de archivos.</i>	<i>118</i>
<i>Fig.6.22. Ventana para abrir un archivo en Excel.....</i>	<i>118</i>
<i>Fig.6.23. Ventana para abrir datos</i>	<i>119</i>

<i>Fig.6.24. Ventana de datos obtenidos en Excel.....</i>	<i>120</i>
<i>Fig.6.25. Ventana para realizar un reporte</i>	<i>121</i>
<i>Fig.6.26. Espectrómetro de rayos x.....</i>	<i>134</i>
<i>Fig. 6.27. Ventana de inicio del programa instrumental setup.....</i>	<i>135</i>
<i>Fig.6.28. Ventana del menú principal</i>	<i>135</i>
<i>Fig.6.29. Ventana de registro de muestras</i>	<i>136</i>
<i>Fig.6.30. Ventana de ingreso de datos.....</i>	<i>136</i>
<i>Fig.6.31. Ventana de selección del grupo de análisis</i>	<i>137</i>
<i>Fig.6.32. Porta muestras para el ensayo</i>	<i>138</i>
<i>Fig.6.33. Polipropileno 5um</i>	<i>138</i>
<i>Fig.6.34. Botones de inicio y paro de la máquina.....</i>	<i>138</i>
<i>Fig.6.35. Ventana de control manual</i>	<i>139</i>
<i>Fig.6.36. Ventana de inicio del ensayo.....</i>	<i>139</i>
<i>Fig.6.37. Ventana de muestras de resultados</i>	<i>140</i>
<i>Fig.6.38. Ventana de ensayos realizados.....</i>	<i>140</i>
<i>Fig.6.39. Ventana de resultados de la muestra</i>	<i>140</i>
<i>Fig.6.40. Ventana de ingreso de información.....</i>	<i>142</i>
<i>Fig.6.41. Ventana de condiciones y cantidades</i>	<i>142</i>
<i>Fig.6.42. Ventana de selección del grupo de ensayos</i>	<i>142</i>
<i>Fig.6.43. Ventana de selección de elementos.....</i>	<i>143</i>
<i>Fig.6.44. Ventana de selección del tipo de informe</i>	<i>144</i>
<i>Fig.6.45. Ventana para informe final de resultados.....</i>	<i>144</i>
<i>Fig.6.46. Detalle del tundish y molde.....</i>	<i>150</i>
<i>Fig.6.47. Muestras de palanquilla.....</i>	<i>153</i>
<i>Fig.6.48. Máquina universal de tracción.....</i>	<i>154</i>
<i>Fig. 6.49. Tablero de control de la máquina de tracción</i>	<i>154</i>

<i>Fig. 6.50. Control manual.....</i>	<i>155</i>
<i>Fig.6.51. Botones de inicio y perillas de control.....</i>	<i>156</i>
<i>Fig.6.52. Ventana de accesos al programa.....</i>	<i>157</i>
<i>Fig.6.53. Ventana de ingreso y clave.....</i>	<i>157</i>
<i>Fig.6.54. Elementos mostrados en un ensayo</i>	<i>158</i>
<i>Fig.6.55. Ventana de creación de ensayo</i>	<i>158</i>
<i>Fig.6.56. Ventana de diálogo de inicio de un nuevo método de trabajo</i>	<i>159</i>
<i>Fig.6.57. Ventana de diálogo del sistema de un nuevo método</i>	<i>160</i>
<i>Fig.6.58. Ventana de redondeo del sistema de unidades utilizado en el método.....</i>	<i>160</i>
<i>Fig.6.59. Ventana de diálogo de sensores de un nuevo método de trabajo.....</i>	<i>161</i>
<i>Fig.6.60. Ventana de ingreso de extensómetro dentro del apartado de sensores</i>	<i>161</i>
<i>Fig.6.61. Ventana de diálogo de ensayos en un nuevo método de trabajo</i>	<i>162</i>
<i>Fig.6.62. Ventana de diálogo de la muestra de un nuevo método de trabajo</i>	<i>163</i>
<i>Fig.6.63. Ventana de diálogo de datos procesados.....</i>	<i>164</i>
<i>Fig.6.64. Ventana de apartado de fórmulas</i>	<i>165</i>
<i>Fig.6.65. Ventana de límites de aceptación de aceptación</i>	<i>165</i>
<i>Fig.6.66. Ventana de tópicos estadísticos que calcule trapezium2</i>	<i>166</i>
<i>Fig.6.67. Ventana de diálogo de gráfico de un nuevo método de trabajo.....</i>	<i>166</i>
<i>Fig.6.68. Ventana de color de línea del gráfico en un nuevo método de trabajo</i>	<i>167</i>
<i>Fig.6.69. Dialogo del informe de un nuevo método de trabajo</i>	<i>167</i>
<i>Fig.6.70. Fuente de letras del informe de un nuevo método de trabajo.....</i>	<i>168</i>
<i>Fig. 6.71. Ventana de ítem del encabezado del informe de un nuevo método</i>	<i>168</i>
<i>Fig.6.72. Diálogo del final de un nuevo método de trabajo.</i>	<i>169</i>
<i>Fig.6.73. Ventana de Informe de tracción.</i>	<i>170</i>
<i>Fig.6.74. Curva característica del ensayo</i>	<i>170</i>
<i>Fig.6.75. Espesor de muestra para el ensayo</i>	<i>176</i>

<i>Fig.6.76. Ajuste de muestras</i>	<i>177</i>
<i>Fig.6.77. Sujeción de mordazas.....</i>	<i>177</i>
<i>Fig.6.78. Abertura de refrigerante</i>	<i>178</i>
<i>Fig.6.79. Posicionamiento de presión para el corte.....</i>	<i>178</i>
<i>Fig.6.80. Desmontaje de tapa de seguridad.....</i>	<i>179</i>
<i>Fig.6.81. Colocación de muestra.....</i>	<i>179</i>
<i>Fig.6.82. Nivel y muestra de baquelita</i>	<i>180</i>
<i>Fig.6.83. Temporizador por calentamiento</i>	<i>180</i>
<i>Fig.6.84. Pantalla indicadora de temperatura.....</i>	<i>181</i>
<i>Fig.6.85. Incremento de presión de embudidora</i>	<i>182</i>
<i>Fig.6.86. Lijado de muestra</i>	<i>183</i>
<i>Fig.6.87. Pulido de muestra</i>	<i>183</i>
<i>Fig.6.88. Botones de control</i>	<i>184</i>
<i>Fig.6.89. Pulido en paño.....</i>	<i>184</i>
<i>Fig.6.90. Ventana de ingreso al programa</i>	<i>185</i>
<i>Fig. 6.91. Ventana de abertura a documentos</i>	<i>185</i>
<i>Fig.6.92. Ventana de barra de herramientas</i>	<i>186</i>
<i>Fig.6.93. Ventana de resultados.....</i>	<i>186</i>
<i>Fig.6.94. Ventana de diagrama de fase</i>	<i>187</i>
<i>Fig.6.95. Ventana de ingresos de datos</i>	<i>187</i>
<i>Fig.6.96. Ventana para guardar datos</i>	<i>188</i>
<i>Fig.6.97. Ventana de tamaño de grano.....</i>	<i>188</i>
<i>Fig.6.98. Ventana d resultados comparativos.....</i>	<i>189</i>
<i>Fig.6.99. Ventana de ingreso de datos</i>	<i>190</i>
<i>Fig.6.100. Ventana de ingreso de datos y mediciones.....</i>	<i>190</i>
<i>Fig.6.101. Ventana de dibujo de forma geométrica</i>	<i>191</i>

<i>Fig.6.102. Ventana para cambios en el rango</i>	192
----------------------------------------------------------	-----

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 2.1. Especificación de carbón</i>	41
<i>Tabla 3.1. Operacionalización de la variable independiente</i>	49
<i>Tabla. 3.2. Operacionalización de la variable dependiente</i>	50
<i>Tabla 4.1. Porcentaje de ingreso de chatarra</i>	55
<i>Tabla 4.2. Cantidad de muestras utilizadas para el análisis</i>	56
<i>Tabla.4.3. Análisis de muestra N°1 Chatarra pesada (troceado)</i>	58
<i>Tabla.4.4. Análisis de muestra N°2 Chatarra pesada (troceado)</i>	58
<i>Tabla.4.5. Análisis de muestra N°3 Chatarra pesada (troceado)</i>	59
<i>Tabla.4.6. Análisis de muestra N°4 Chatarra pesada (troceado)</i>	60
<i>Tabla.4.7. Análisis de muestra N°5 Chatarra pesada (troceado)</i>	61
<i>Tabla.4.8. Análisis de muestra N°1 Chatarra Ligera (Fragmentada)</i>	62
<i>Tabla.4.9. Análisis de muestra N°2 Chatarra Ligera (Fragmentada)</i>	63
<i>Tabla.4.10. Análisis de muestra N°3 Chatarra Ligera (Fragmentada)</i>	64
<i>Tabla.4.11. Análisis de muestra N°4 Chatarra Ligera (Fragmentada)</i>	65
<i>Tabla.4.12. Análisis de muestra N°5 Chatarra Ligera (Fragmentada)</i>	66
<i>Tabla.4.13. Análisis de muestra N°1 Chatarra Ligera (Pacas)</i>	67
<i>Tabla.4.14. Análisis de muestra N°2 Chatarra Ligera (Pacas)</i>	68
<i>Tabla.4.15. Análisis de muestra N°3 Chatarra Ligera (Pacas)</i>	69
<i>Tabla.4.16. Análisis de muestra N°4 Chatarra Ligera (Pacas)</i>	70
<i>Tabla.4.17. Análisis de muestra N°5 Chatarra Ligera (Pacas)</i>	71
<i>Tabla.4.18. Análisis de muestra N°1 Chatarra Ligera (Cizallada)</i>	72
<i>Tabla.4.19. Análisis de muestra N°2 Chatarra Ligera (Cizallada)</i>	73

<i>Tabla.4.20. Análisis de muestra N°3 Chatarra Ligera (Cizallada)</i>	74
<i>Tabla.4.21. Análisis de muestra N°4 Chatarra Ligera (Cizallada)</i>	75
<i>Tabla.4.22. Análisis de muestra N°5 Chatarra Ligera (Cizallada)</i>	76
<i>Tabla.4.23. Análisis de muestra N°1 Chatarra (Menudencia)</i>	77
<i>Tabla.4.24. Análisis de muestra N°2 Chatarra (Menudencia)</i>	78
<i>Tabla.4.25. Análisis de muestra N°3 Chatarra (Menudencia)</i>	79
<i>Tabla.4.26. Análisis de muestra N°4 Chatarra (Menudencia)</i>	80
<i>Tabla.4.27. Análisis de muestra N°5 Chatarra (Menudencia)</i>	81
<i>Tabla.4.28. Análisis de muestras iniciales de acero fundido</i>	82
<i>Tabla.4.29. Comparación entre % de chatarra pesada y datos referenciales</i>	83
<i>Tabla.4.30. Comparación entre % de chatarra Frag. y datos referenciales</i>	84
<i>Tabla.4.31. Comparación entre % de chatarra pacas y datos referenciales</i>	85
<i>Tabla.4.32. Comparación entre % de chatarra cizallada y datos referenciales</i>	86
<i>Tabla.4.33. Comparación entre % de chatarra menudencia y datos referenciales</i>	87
<i>Tabla.4.34. Ingreso de palanquilla importada a la planta</i>	88
<i>Tabla.4.35. producción planta</i>	89
<i>Tabla.6.1. Costos directos</i>	102
<i>Tabla.6.2. Costos indirectos</i>	103
<i>Tabla.6.3. Rango de referencia para el zinc puro</i>	112
<i>Tabla.6.4. Rango de referencia para acero de baja aleación.</i>	113
<i>Tabla.6.5. Rango de referencia para aceros inoxidables</i>	114
<i>Tabla.6.6. Cálculo de carga de chatarra</i>	122
<i>Tabla.6.7. Porcentaje de tonelaje de chatarra</i>	123
<i>Tabla.6.8. Especificación de ferromanganeso bajo carbón</i>	124
<i>Tabla.6.9. Especificación de ferrosilicio</i>	125
<i>Tabla.6.10. Especificación de ferromanganeso alto carbón</i>	126

<i>Tabla.6.11. Cálculos de aporte de ferroaleaciones.....</i>	<i>127</i>
<i>Tabla.6.12. Puntos que aporta el Fe-Si-Mn.....</i>	<i>130</i>
<i>Tabla.6.13. Puntos que aporta el Fe-Mn.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla.6.14. Puntos que aporta el Fe-Si.....</i>	<i>131</i>
<i>Tabla 6.15. Puntos que aporta la antracita.....</i>	<i>133</i>
<i>Tabla 6.16. Rendimiento de las ferroaleaciones.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 6.17. Análisis de ferroaleaciones.....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla.6.18. Análisis de silicio.....</i>	<i>146</i>
<i>Tabla.6.19. Análisis de escoria.....</i>	<i>148</i>
<i>Tabla.6.20. Análisis de muestras de acero en la cuchara.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabla.6.21. Resultados de las muestras en la colada continua.....</i>	<i>151</i>
<i>Tabla.6.22. Ensayo de tracción de perfiles, ángulo de 20x2mm N° 1.....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla.6.23. Ensayo de tracción de perfiles, ángulo de 20x2mm N° 2.....</i>	<i>172</i>
<i>Tabla.6.24. Ensayo de tracción de perfiles, ángulo de 20x2mm N° 3.....</i>	<i>173</i>
<i>Tabla.6.25. Ensayo de tracción de perfiles, ángulo de 20x2mm N° 4.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla.6.26. Ensayo de tracción de perfiles, ángulo de 20x2mm N° 5.....</i>	<i>175</i>
<i>Tabla.6.27. Clasificación del grosor de inclusiones.....</i>	<i>193</i>
<i>Tabla.6.28. Ensayo de Micrografía N° 1.....</i>	<i>194</i>
<i>Tabla.6.29. Ensayo de micrografía N° 2.....</i>	<i>195</i>
<i>Tabla.6.30. Ensayo de Micrografía N° 3.....</i>	<i>196</i>
<i>Tabla.6.31. Ensayo de Micrografía N° 4.....</i>	<i>197</i>
<i>Tabla.6.32. Ensayo de Micrografía N° 5.....</i>	<i>198</i>

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de investigación y desarrollo ha permitido obtener el acero SAE 1020 en base al reciclaje de chatarra, Obtener un producto final en forma de lingotes de acero (palanquillas) que posteriormente ingresan al proceso de laminación para obtener nuevos productos de perfilería; que se comercializa y que son los que más se utiliza en la industria de la construcción.

Para esto se desarrolló métodos y procesos que son necesarios para la obtención de este producto, lógicamente se debe utilizar normas de calidad en este caso La norma que más resalta es la NTE INEN 2215; que nos establece la composición química ideal y las propiedades mecánicas que debe tener este material. Se inicia con el análisis de chatarra que es la materia prima para el proceso de fundición.

A continuación se realiza el análisis de todos los elementos que son añadidos a la fundición, utilizando equipos de última tecnología que posee la empresa en el laboratorio de control de calidad. Seguidamente se realiza el análisis de composición química a las muestras de acero líquido que se encuentra en el horno de fundición de arco eléctrico, tanto en el proceso de afino como en la colada continua ya en el momento de vaciar.

Finalmente se analizó el producto final que se obtiene en forma de palanquilla, en donde se analiza defectos superficiales, luego las propiedades mecánicas ya de producto final de la laminación en este caso el producto es ángulo y por último se realizó los ensayos de micrografía de muestras obtenidas del producto final, para todos los procesos y ensayos se utilizó normas de calidad. Y para los resultados de los análisis se comparó con normas técnicas ecuatorianas.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1. TEMA.

ESTUDIO DEL PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DEL ACERO SAE 1020, EN BASE AL RECICLAJE DE CHATARRA METÁLICA EN LA EMPRESA NOVACERO S.A. PLANTA LASSO, PARA REDUCIR LA IMPORTACIÓN DE PALANQUILLA.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Contextualización

Hacia el Año 200 A.C., los artesanos de la India dominaban ya un método mejor para producir acero. Colocaban trozos de hierro carbonado o con "piel" de acero en un recipiente de arcilla cerrado, o crisol, y lo calentaban intensamente en un horno. El carbono se distribuía gradualmente a través del hierro y producía una forma de acero.

Con el paso del tiempo, se fue comprobando que la obtención accidental del hierro colado no era una desgracia, sino que por el contrario se trataba de una mejor materia prima para obtener posteriormente el acero, con todas las ventajas.

Para llegar a este punto fue preciso recorrer tres etapas fundamentales. La primera fue la sustitución del carbón de leña por la hulla y más concretamente por el coque. La segunda consistió en ir aumentando la altura de los hornos gracias a las características resistentes del coque que permitía aumentar la carga de éstos y en

consecuencia su producción. La tercera etapa recogería el conjunto de mejoras e innovaciones para avivar la combustión del horno, primero mediante el aumento de la ventilación y posteriormente, mediante el calentamiento del aire soplado. El resultado final daría paso a la tecnología de los actuales altos hornos. La evolución tecnológica orientó sus esfuerzos en tratar de aumentar la temperatura a la que se sometía al mineral de hierro, por medio de la utilización de hornos en los que se introducía una mezcla de mineral y carbón vegetal, lo que se traducía en un aumento de producción y en todo cuanto significaba la economía de este sistema para obtener buenos y mejores resultados reduciendo el tiempo de producción.

Sin embargo, cuando estos hornos se calentaban en exceso el mineral pasaba de la forma pastosa a la líquida pero con un contenido en carbono tan alto que no permitía la forja. Este producto era en principio no aprovechable y requería un “afino”, término que se ha conservado hasta hoy en día y que se emplea para describir el proceso de transformación del hierro colado al acero.

La industria del acero, produce múltiples variedades de aceros para productos con distintas propiedades. Normalmente las acerías aplican métodos y técnicas para la obtención del acero como materia prima que posteriormente es laminado, forjado, maquinado, extruído, etc. para la elaboración de diferentes productos que son necesarios.

Debido a la enorme cantidad de tipos de acero, los procesos de elaboración son varios, con diferentes etapas, distintos elementos químicos y proporciones, además por la enorme demanda de acero, las empresas metalúrgicas han visto la necesidad de obtener una variedad y cantidad de este producto, con la finalidad de abarcar la mayor cantidad posible del mercado insatisfecho. En nuestro país la industria metalúrgica está implementándose, haciendo que la demanda del producto sea alta y el costo del producto sea de igual manera elevada, haciendo que en ciertos casos la calidad sea baja y el consumidor final sea el afectado.

En la Empresa Industrial, se produce acero ASTM grado 60 y el SAE 1040 con excelentes estándares de calidad. Este trabajo pretende establecer el proceso y los

métodos para la obtención del acero SAE 1020, obtener muestras, someter a pruebas químicas y mecánicas asegurando el cumplimiento de la norma, que al final la Empresa Industrial NOVACERO S.A. incorporará en sus procesos de producción.

1.2.2. Análisis crítico

El proceso de obtención del acero SAE 1020, en base al reciclaje de chatarra en la empresa NOVACERO S.A. es importante para cubrir las necesidades del mercado con productos de una calidad superior a la ofrecida actualmente logrando así la empresa NOVACERO S.A. ser reconocida entre las mejores a nivel nacional.

1.2.3. Prógnosis

Al no realizar un estudio del proceso para la obtención de acero SAE 1020, en base al reciclaje de chatarra metálica en la empresa NOVACERO S.A. PLANTA LASSO, se deberá seguir importando palanquilla lo que resultará un costo elevado de producción de Perfiles Laminados en Caliente.

1.2.4. Formulación del problema

¿Se podrá reducir la importación de palanquilla realizando el estudio y la obtención del acero SAE 1020, en base al reciclaje de chatarra metálica en la Empresa NOVACERO S.A. Planta Lasso?

1.2.5. Preguntas directrices

- ¿Se deberá clasificar la chatarra adecuadamente antes de que sea procesada para obtener un acero más limpio y sin escoria?

- ¿Se podrá seleccionar las diferentes ferroaleaciones y demás elementos químicos que se agregarán al acero líquido para mejorar sus propiedades?
- ¿Se podrá calcular las cantidades exactas de ferroaleaciones y elementos químicos que se agregará junto con la chatarra para obtener valores de la composición química promedios con respecto a la norma a utilizarse?
- ¿Se podrá realizar ensayos químicos de tracción y micrografía de los productos obtenidos y comparar valores con la norma.

1.2.6. Delimitación del problema

1.2.6.1. Delimitación temporal

La presente evaluación se realizará entre Febrero 2011 y Octubre 2011 aproximadamente.

1.2.6.2. Delimitación espacial

El presente trabajo de investigación y aplicación se realizará en la ciudad de Latacunga, Sector Lasso, Panamericana Norte Km. 16 entrada a Mulaló, Empresa NOVACERO S.A. Planta Lasso

1.2.6.3. Delimitación del contenido

El estudio del proceso para la obtención del acero SAE 1020 en la empresa NOVACERO, está delimitado generalmente a la planta de acería específicamente al departamento de producción y control de calidad.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La importancia de este proyecto radica no solo en los innegables beneficios económicos que puede recibir la empresa sino también la conformidad de los clientes en la adquisición de nuevos productos y de mejor calidad.

El avance de la tecnología y el constante crecimiento de producción y demanda de mercado a nivel nacional y con el propósito de cubrir las necesidades de los clientes y sobre todo abarcar la mayor parte de productos en el campo de la construcción.

La empresa se ha visto en la necesidad de obtener una nueva materia prima como es la palanquilla que posteriormente se lo utiliza en la laminación y así obtener productos de perfilería, cumpliendo estrictamente con normas y con el compromiso de la mejora continua brindando siempre productos de calidad.

Esta investigación y seguidamente la aplicación está destinada a la obtención del acero SAE 1020 en forma de lingotes o palanquillas de acero que mediante el proceso de laminación en caliente se obtendrán nuevos productos denominados perfiles que son muy necesarios en todo proceso de la construcción, se deberá realizar previamente estudios y análisis químicos de la chatarra que será el material principal para la obtención del acero previo la clasificación.

Seguidamente el análisis de todo el proceso ya en el horno de fundición de arco eléctrico, se deberá también investigar temperaturas en todo el proceso a medida que transcurre el tiempo en la fundición, el conocimiento previo de todo el proceso nos permitirá cumplir estrictamente con normas de calidad, sabiendo que este trabajo implica riesgos, se deberá instruir a todo el personal que utilice siempre el equipo de protección individual.

1.4. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

1.4.1. Objetivo general

Estudiar el proceso para la obtención del acero SAE 1020, en base al reciclaje de chatarra para reducir la importación de palanquilla.

1.4.2. Objetivos específicos

- Estudiar los métodos de clasificación de la chatarra adecuadamente antes de que sea procesada para obtener un acero más limpio y sin exceso de escoria.
- Seleccionar las diferentes ferroaleaciones y determinar los elementos químicos que se agregará al acero líquido para mejorar sus propiedades.
- Calcular las cantidades exactas de ferroaleaciones y elementos químicos que se agregará junto con la chatarra para obtener valores de la composición química promedios con respecto a la norma a utilizarse.
- Realizar ensayos químicos de tracción y micrografía de los productos obtenidos y comparar valores con la norma.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Como principal problema y la necesidad de obtener el acero SAE 1020 en la industria especialmente en las acerías en forma de palanquillas de las dimensiones 130x130mm y 4500 mm de longitud; para ello se realizará estudios respectivos y ensayos en el laboratorio de control de calidad específicamente en las máquinas como: espectrómetro de emisión óptica, espectrómetro de rayos x, microscopio, pruebas de cantidades exactas de ferroaleaciones que se agregará al acero líquido para llegar a tener porcentajes aceptables de elementos químicos, que debe contener este tipo de acero además cierta cantidad de oxígeno para la oxidación y combustión de la chatarra dentro del horno, para esto se tomara como referencia la obtención del acero SAE 1040 que se producía anteriormente en la acería, en todo este proceso de deberá cumplir con normas de calidad del producto, luego del proceso de colado se obtendrá el acero SAE 1020 en forma de barras o lingotes, que en la empresa se conoce como palanquillas, además conociendo el riesgo que representa se utilizará normas de seguridad,

2.2. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

El proceso para la obtención del acero SAE 1020 cumple con normas de Calidad dentro del proceso de fundición y además en el producto terminado.

Normas internacionales

Standard specification for carbon structural steel, ASTM A 36 : 2004

Standard specification for high strength low alloy structural steel; ASTM A 242 :
1989 general characteristics and heat treatments of steels
SAE j 412: 1995
SAE j403 1020, 1015,

Normas ecuatorianas.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2215:99

Perfiles de Acero Laminados en Caliente (Primera Edición)

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2224:2008

Perfiles Angulares estructurales laminado en caliente (Primera Edición)

La empresa NOVACERO S.A. tiene la misión de mantener una producción limpia cuidando siempre el medio ambiente, por lo que se tiene dentro del sistema de gestión integrado la norma: **Norma internacional iso 14001:2004**

Sistemas de gestión ambiental.

Estas normas nos permiten tener un estricto control del proceso como también del producto final “palanquilla”

2.3. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTE Y DEPENDIENTE

2.3.1. Chatarra metálica

2.3.1.1. Reciclaje de chatarra metálica

Es importante estudiar las posibilidades de cada material constructivo para mejorar su impacto ambiental a través del reciclaje. Especialmente teniendo en cuenta la limitación de oportunidades para depositar los residuos y la creciente necesidad de preservar nuestros recursos naturales, estudiar cómo cada material puede ser reciclado y convertirse en nuevos productos.

Los metales son recursos naturales no renovables por lo que es conveniente su aprovechamiento a través de la fundición secundaria de chatarra. Existen ventajas económicas ya que la producción primaria de metales implica importantes costos

de inversión y operación, tanto en lo que respecta a la extracción como el procesamiento de los minerales. Adicionalmente, la recuperación de metales a partir de la chatarra evita los impactos ambientales ocasionados por la industria minera, sin embargo hay que tener en cuenta que un procesamiento inadecuado de la chatarra puede generar otro tipo de impactos ambientales, así como afectación de la salud humana.

2.3.1.2. Opciones de reciclado del acero

Esto se centra en el tratamiento de los residuos de construcción, en las opciones de reciclado posibles y en su inclusión en el análisis de ciclo de vida. Al ser un material de alta intensidad energética, el acero tiene un alto potencial para ser reciclado. El acero se puede reciclar técnicamente un número indefinido de veces, casi sin degradación en la calidad.

Aun así, la oxidación reduce la cantidad de material no oxidado. Mientras que prácticamente el 100% de los desechos de acero podrían ser re-introducidos en la industria, el porcentaje de acero reciclado se estima del 46%. Considerando la relativa facilidad con la que el acero puede ser reciclado y las ventajas obtenidas cuando se utiliza acero reciclado (requiere cuatro veces más energía producir acero de mineral virgen que reciclarlo), resulta claro que hay muchas posibilidades de mejora. Las propiedades metálicas del acero son ventajosas ya que permiten que la separación del acero sea físicamente viable tanto en flujos de desecho como en plantas de construcción o demolición usando imanes para separar el metal del resto de residuos. La naturaleza magnética de los metales férricos facilita la separación y manejo durante el reciclado.

Además, la escoria generada en el proceso de producción del acero, también puede ser reciclada, y se usa actualmente como sustituto de cemento o áridos en la construcción de carreteras y muros. Esta utilización es enormemente beneficiosa por lo que significativamente reducirá la emisión de dióxido de carbono que se genera por la calcinación del mineral y la reducción de escoria es residual.

2.3.1.3. Tipos de chatarra metálica y principales fuentes

La chatarra metálica se puede clasificar en:

- Chatarra generada en las plantas de fundición de metal, despuntes o productos fuera de especificaciones provenientes de la fabricación de productos metálicos (se trata de chatarra limpia que generalmente se reutiliza en las fundiciones).
- Maquinaria, materiales obsoletos y envases (chatarra sucia, no clasificada), la chatarra sucia o no clasificada, comúnmente contiene restos de aquellos materiales que componían o contenían los artículos originales como etiquetas, plásticos, pinturas, lacas, barnices, adhesivos o sustancias que entraron en contacto durante sus uso como es el caso de aceites, solventes, soluciones ácidas o restos de productos en caso de tratarse de envases. Los metales ferrosos (hierro y acero), representan el mayor volumen de chatarra recuperada, dentro del grupo de los metales los más comunes recuperados son: aluminio, cobre, plomo, cinc y sus aleaciones.

La principales fuentes de chatarra son la industria metal mecánica, el desguace de automóviles, maquinaria, herramientas y electrodomésticos obsoletos, cables de tendido, baterías usadas, mantenimiento y desmantelamiento de plantas industriales.

2.3.2. Gestión de la chatarra metálica

La chatarra metálica ferrosa para ser fundida requiere el cumplimiento de algunos parámetros:

- a) dimensionales, b) composición química, c) físicos, esta ingresa a uno o varios procesos productivos que se detallan a continuación:

Resumen del proceso:

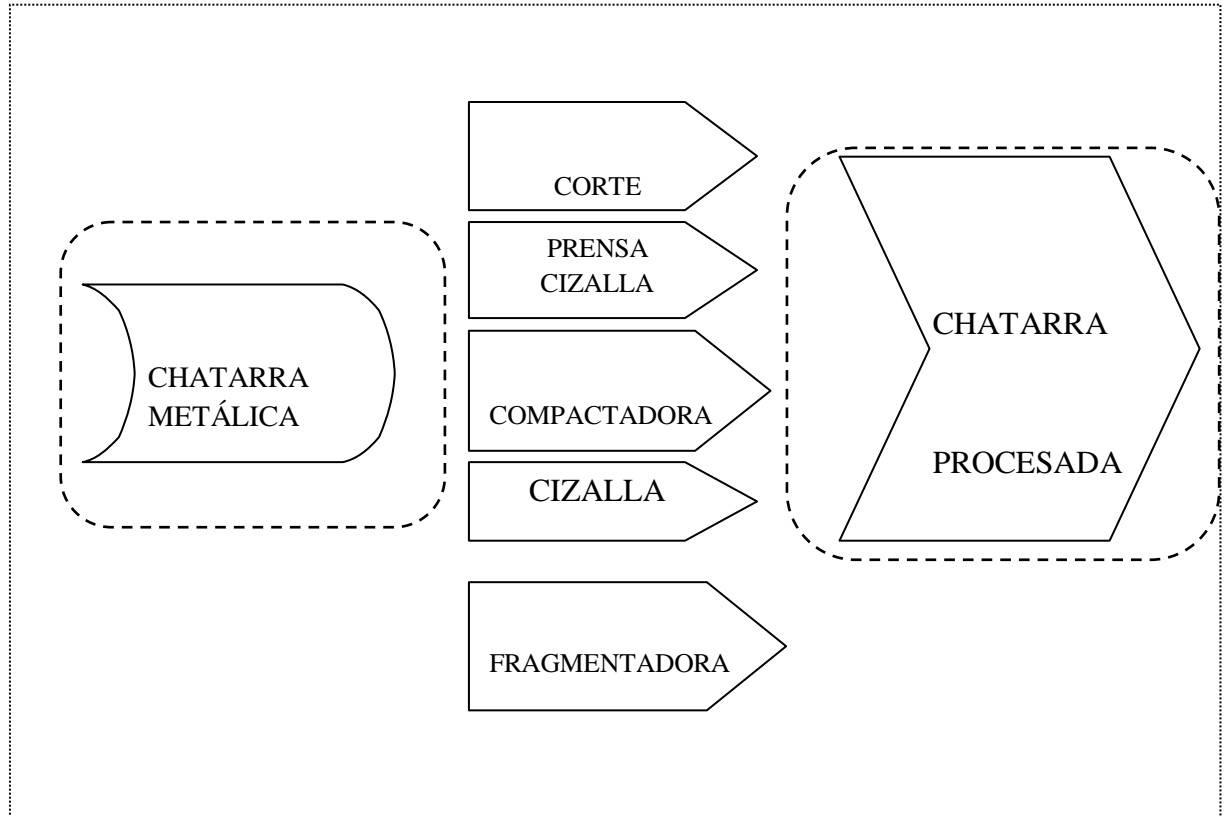


Fig. 2.1. Resumen del proceso de chatarra metálica


Fuente: Eduardo Villegas

Procesos de soporte

- Compra de chatarra
- Logística
- Servicios generales
- Recepción
- Mantenimiento
- Administración de recursos humanos
- Auditoría interna
- Administración compras



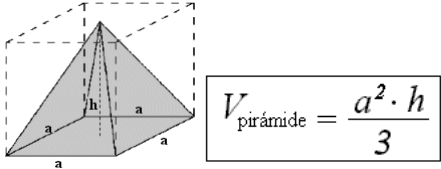

2.3.2.1. Procesos productivos de corte.




Actividad	¿Cómo?
<p>Responsable: Operador maquinaria pesada</p>  <p>Fig. 2.2. Abastecer chatarra en las naves de corte. Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>La chatarra es clasificada según el espesor mayor a 6 milímetros, para esto se utiliza retroexcavadora adecuada para este trabajo, se carga en las volquetas, o se baja directamente del transporte que llega con este tipo de material en las naves de corte. El operador distribuirá la chatarra en forma uniforme, que no sobrepase los 2 metros de altura.</p>
<p>Responsable: Ayudante 2 corte</p>  <p>Fig. 2.3. Corte de chatarra Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>El corte se realiza manualmente con sistema de oxicorte, las dimensiones de los pedazos cortados no deben sobrepasar la medida de 80 x80 mm</p> <p>La mezcla de oxígeno y GLP, utilizando antorchas con boquillas de corte #4; 5 y 6, este equipo se conecta a las líneas de oxígeno y GLP mediante acoples rápidos, tomando en cuenta; que las presiones de los manómetros están 30--Bares</p> <p>Oxigeno--10---Bares</p>




Actividad	¿Cómo?
<p>Responsable: Jefe de Turno / Ayudante 2 corte</p>  <p>Fig. 2.4. Registro de producción</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas</p>	<p>El momento que la volqueta se encuentra cargada con la chatarra cortada el jefe de turno o ayudante 2 procederá a medir las longitudes de largo, ancho, altura que ocupa esta chatarra y registrará en el reporte diario de producción.</p>
<p>Responsable: Operador maquinaria pesada, transportistas</p>  <p>Fig.2.5.Traslado de chatarra cortada</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas</p>	<p>El Operador de maquinaria pesada procederá a cargar en la zona de chatarra cortada en las volquetas las mismas que trasladarán este material a la nave de material procesado.</p>
<p>Responsable: Jefe de Turno</p>  <p>Fig.2.6. Muestra de báscula</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas</p>	<p>Durante la jornada de trabajo, el Jefe de turno, enviará a pesar en la báscula 2 volquetas escogidas aleatoriamente y se registrará según el formato, adicionalmente se adjuntará los tickets de báscula al informe de producción.</p>


2.3.2.2. Procesos productivos de prensa cizalla.

Actividad	¿Cómo?
<p>Responsable: Operadores Maquinaria Pesada</p>  <p>Fig.2.7. Abastecer chatarra liviana en prensa cizalla.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Chatarra liviana es todo material que sea menor a 6mm de espesor, este tipo de chatarra se clasifica en la recepción y en la rumas de almacenamiento de chatarra, para esto se utiliza retroexcavadoras.</p>
<p>Responsable: Ayudante 2 Prensa cizalla</p>   <p>Fig.2.8. Prensado y cizallado</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Se alimenta de chatarra y se coloca en la bandeja, el pulpito debe verificar y separa materiales que se describen a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Chatarra pesada mayor a 6mm *Chatarra explosiva(cilindros sellado) *Chatarra contaminada (Hidrocarburo, lana de vidrio. *Chatarra sucia con madera, vidrio, caucho, etc., desde el pulpito deben accionar la sirena de seguridad alertando al personal para ingreso de chatarra a la bandeja y proceder con el prensado y cizallado respectivamente, (manual o automático) lo requerido por la Acería debe tener una longitud no mayor a 400mm.

Actividad	¿Cómo?
<p>Responsable: Ayudante 2 de la mesa vibradora y banda transportadora.</p>  <p>Fig.2.9. Traslado de la chatarra cizallada.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>El ayudante encargado de la mesa vibradora y banda transportadora verifica visualmente materiales que no deben ingresar a la nave de chatarra y el material que esta óptimo se traslada mecánicamente por medio de la mesa vibradora y la banda transportadora directamente a la nave.</p>
<p>Responsable: Jefe de Turno</p>  <p>Fig.2.10. Registro de Producción</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Una vez que ingresa la chatarra a la nave, se acumula a la altura normal desde el piso a la banda, se mide las dimensiones de la ruma</p>  <p>Y se registra en el formato establecido.</p>
<p>Responsable: Jefe de Turno</p>  <p>Fig.2.11. Muestra de báscula.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Durante la jornada de trabajo, el Jefe de turno, enviará a pesar en la báscula 2 volquetas escogidas aleatoriamente y se registrará según el formato, adicionalmente se adjuntará los tickets de báscula al informe de producción.</p>

2.3.2.3. Procesos productivos compactadora.	
Actividad	¿Cómo?
<p>Responsable: Operador Maquinaria pesada.</p>  <p>Fig.2.12. Abastecer chatarra liviana en compactadora.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Toda la chatarra que sea menor a 6mm de espesor, este tipo de chatarra se clasifica y se almacena junto a la compactadora para luego ingresar a la bandeja.</p>
<p>Responsable: Ayudante 2 compactadora</p>  <p>Fig.2.13. Compactado.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Se alimenta de chatarra en la bandeja de la compactadora con la retroexcavadoras, y separa materiales que se describen a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Chatarra pesada mayor a 6mm *Chatarra explosiva(cilindros sellados) *Chatarra, contaminada (Hidrocarburo, lana de vidrio. <p>Luego el operador realiza la compactación de la chatarra y produce pacas teniendo en cuenta que esta no tenga una longitud mayor a 90cm.</p>
<p>Responsable: Ayudante 2</p>  <p>Fig.2.14. Registro de Producción.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>El ayudante de la compactadora una vez realizada la paca, este registra la cantidad de pacas producidas y en el formato correspondiente.</p>



Actividad	¿Cómo?
<p>Responsable: Operador Maquinaria Pesada</p>  <p>Fig.2.15. Traslado de pacas. Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>El operador de maquinaria pesada procede a cargar las pacas en volquetas las mismas que trasladan este material a la nave de chatarra pesada.</p>
<p>Responsable: Jefe de turno</p>  <p>Fig.2.16. Registro de báscula. Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Durante la jornada de trabajo y al momento de trasladar las pacas el jefe de turno enviará a pesar a dos volquetas aleatoriamente contando el número de pacas que se envían a la báscula, y el ticket de la báscula se adjunta al informe de producción.</p>
<p>2.3.2.4. Proceso productivo de la fragmentadora.</p>	
<p>Responsable: Operador Maquinaria pesada</p>  <p>Fig.2.17. Abastecimiento de chatarra en fragmentadora. Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Toda la chatarra que sea menor de 4mm llega a la fragmentadora en volquetas, el operador de la retroexcavadora descarga el material y lo ubica en la ruma para clasificar minuciosamente.</p>

Actividad	¿Cómo?
<p>Responsable: Ayudante 2</p>  <p>Fig.2.18. Clasificación de chatarra.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Con Ayuda de la retroexcavadora se coloca la chatarra en el piso para clasificar el material que no debe ingresar en la fragmentadora como son:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Chatarra pesada mayor a 6mm *Chatarra explosiva(cilindros sellado) *Chatarra contaminada (Hidrocarburo, lana de vidrio. *Chatarra sucia con madera, vidrio, caucho, etc.
<p>Responsable: Operador maquinaria Pesada</p>  <p>Fig.2.19. Carga de chatarra en la banda de Alimentación</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>El operador de la retroexcavadora procederá a cargar de chatarra seleccionada, a la banda de alimentación, procurando ubicar la chatarra en forma homogénea.</p>
<p>Responsable: Ayudante 2</p>  <p>Fig.2.20. Control final de ingreso de chatarra.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Cuando la chatarra está cargada en la cadena de alimentación, el ayudante debe visualizar y controlar que no exista ningún material fuera de especificación y por medio de la radio comunicar al operador del pulpito que avance o detenga la cadena.</p>

Actividad	¿Cómo?
<p>Responsable: Operador Pulpito</p>  <p>Fig.2.21. Trituración de Chatarra</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>El operador del pulpito previo el conocimiento, accionará el motor para ingresar chatarra y de acuerdo a las instrucciones procederá a triturar y fragmentar.</p>
<p>Responsable: Ayudante 2</p>  <p>Fig.2.22. Clasificación Materiales no ferrosos</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Luego de la clasificación que realiza el rodillo magnético, los materiales no ferrosos se transporta en una banda secundaria se clasificará los materiales como son el cobre, aluminio, bronce etc.</p> <p>, almacenando en contenedores específicamente para cada tipo de material.</p>
<p>Responsable: Ayudante 2</p>  <p>Fig.2.23. Registro de Producción</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Después de almacenadas las rumas de material fragmentado desde el piso hasta la altura de la banda de descarga, se procede a medir el ancho, largo y altura, estas medidas se adjuntarán en el formato de control.</p>

2.3.2.5. Procesos productivos de la clasificación.	
Actividad	¿Cómo?
<p>Responsable: Ayudante 2</p>  <p>Fig.2.24. Clasificación de chatarra</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Toda la chatarra que no ingrese a los anteriores procesos (corte, prensa, cizalla, compactadora, fragmentadora) por ser materiales pequeños se denominará como una chatarra menudencia, la misma que ingresa a un proceso de clasificación manual para esto se utiliza la mesa vibradora y banda transportadora, los materiales que se deben clasificar son: materiales pesados, materiales con hidrocarburo, materiales tóxicos contaminantes.</p>
<p>Responsable: Ayudante 2</p>  <p>Fig.2.25. Registro de Producción</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>El personal registra la chatarra de los rumos de producción según lo establecido anteriormente en el formato correspondiente.</p>
2.3.2.6. Procesos productivos de la cizalla hidráulica.	
<p>Responsable: Operador maquinaria pesada</p>  <p>Fig.2.26. Abastecer chatarra liviana en cizalla.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Todo la chatarra que este comprendida entre 6 a 12mm de espesor, este tipo se chatarra se almacena junto a la mesa de ingreso a la cizalla.</p>



Actividad	¿Cómo?
<p>Responsable: Ayudante 2 cizalla hidráulica</p>  <p>Fig.2.27. Corte de chatarra</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Se carga chatarra en la mesa de alimentación para corte, y se ingresa en la cizalla en una cantidad moderada y con ayuda de controles eléctricos se procede a cortar en una longitud no más de 60 cm.</p>
<p>Responsable: Operador maquinaria pesada.</p>  <p>Fig.2.28.Traslado de chatarra cortada.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>El operador de la maquinaria pesada procederá a cargar en las volquetas, las mismas que trasladarán a la nave de material procesado.</p>
<p>Responsable: Jefe de turno</p>  <p>Fig.2.29. Registro de báscula.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Durante la jornada de trabajo y al momento de trasladar el material cortado hacia la nave acería, el jefe de turno enviará a pesar dos volquetas aleatoriamente que se envían a la báscula, y el ticket de la báscula se adjunta al informe de producción.</p>




2.3.2.7. Procesos productivos de retornos de la acería.	
Actividad	¿Cómo?
<p>Responsable: Operador Maquinaria pesada.</p>  <p>Fig.2.30. Traslado de material acería</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>Con ayuda de retroexcavadoras o de los montacargas se trasladará hasta el patio de chatarra el material sobrante desde la Acería (tundish).</p>
<p>Responsable: Ayudante 2</p>  <p>Fig.2.31. Corte de material</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>El corte de material se lo realiza con ayuda de una manguera de oxígeno puro y unas lanzas para que el corte sea directo.</p>
<p>Responsable: Operador maquinaria pesada</p>  <p>Fig. 2.32. Traslado de material cortado</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>	<p>El traslado se lo realiza en volquetas luego del pesaje hasta la nave de material procesado. El operador de la maquinaria pesada debe realizar con las debidas precauciones ya que es un material muy pesado.</p>

2.3.3. Carga de chatarra en cestas



En Planta Lasso la recepción, clasificación, almacenamiento, troceado y compactación de la chatarra, el ingreso de la materia prima al patio de operaciones es el paso previo para el proceso de fundición y es muy importante que la chatarra sea controlada y seleccionada.

Ejecución de la actividad

Actividad	Proceso	Fotografía de la actividad
Carga en la cesta N° 1 vacía	Mediante los puentes grúas con electroimanes se carga la chatarra en las cestas de alimentación del horno, la capacidad de las cestas pueden variar de acuerdo al tipo de acero a fabricar y a la disponibilidad de chatarra.	 <p data-bbox="999 1330 1382 1366">Fig. 2.33. Carga en las cestas</p> <p data-bbox="999 1391 1382 1426">Fuente: Eduardo Villegas.</p>
Carga en la cesta N° 2 Con chatarra y con la mitad de cal dolomítica, cal siderúrgica y antracita.	Mediante los puentes grúas con imanes se carga la chatarra, se coloca la antracita, cal dolomítica y siderúrgica en la cesta, se cubre con chatarra.	 <p data-bbox="999 1872 1401 1908">Fig.2.34. Carga de Antracita</p> <p data-bbox="999 1933 1401 1968">Fuente: Eduardo Villegas.</p>

<p>Carga de la cesta N° 3 con chatarra y con la mitad de cal dolomítica, siderúrgica y antracita requerida.</p>	<p>Mediante los puentes grúa con imán se carga la chatarra, se coloca la antracita, cal dolomítica y siderúrgica en las cestas, se cubre con más chatarra.</p>	 <p>Fig.2.35. Carga de Cal Dolomítica</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>
<p>Carga de la cesta N° 4 con chatarra.</p>	<p>Mediante los puentes grúa con imán se carga la chatarra.</p>	 <p>Fig. 2.36. Carga en la cesta</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>
<p>Carga de la cesta N° 5 con chatarra.</p>	<p>Utilizando los puentes grúas con electro imán se carga la chatarra en las cestas, se pesa y mediante la grúa de 40 ton son llevadas hasta el horno para completar la carga del horno de existir cargas adicionales se realiza el mismo proceso.</p>	 <p>Fig. 2.37. Carga en la cesta y traslado</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>

Observaciones/ herramientas y equipos

<p>Cestas de Chatarra.</p>	 <p>Fig. 2.38. Cesta de Chatarra.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>
<p>Puente grúa de la acería.</p>	 <p>Fig. 2.39. Puentes grúas de Chatarra.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>

2.3.3.1. Chatarra metálica que no se acepta en la planta de reciclaje

Para tener un acero libre de impurezas es importante la clasificación de chatarra, ya que pueden alterar la composición química eliminar los materiales que son perjudiciales para el acero.

A continuación se detalla el tipo de chatarra que no se debe utilizar.

- Disolventes inorgánicos.

- Colorantes y pigmentos.
- Tíñer.
- Pegamentos.
- Pinturas.
- Barnices.
- Líquidos de limpieza.

Chatarra con residuos químicos (carbón activado, etc.)

Chatarra con residuos de:

- Pintura.
- Esmaltes.
- Adhesivos.
- Sellantes.
- Tintas de impresión.

Chatarra con residuos peligrosos provenientes de

- Cemento.
- Cal.
- Yeso.
- Productos derivados.

Chatarra con residuos de:

- Aceites Hidráulicos.
- Aceites de Motor.

- Filtros de aceite.
- Amortiguadores.
- Combustibles.

Chatarra con componentes que contienen mercurio, PCB

- Explosivos.
- Líquido de freno.
- Anticongelantes.
- Fluorescentes.
- Equipo eléctrico.
- Transformadores con aceites.
- Baterías de Plomo.
- Pilas.

Recipientes a presión sellados, con contenido de:

- Gases.
- Líquidos peligrosos.

Chatarra con residuos de:

- Lana de vidrio (refrigeradoras , cocinas)
- Plásticos.
- Caucho.
- Papel, Cartón, etiquetas.
- Madera.

- Latas de conservas (contengas residuos orgánicos)
- Chatarra con tierra, piedras y lodos de drenaje procedentes de zonas contaminadas.
- Chatarra conteniendo residuos médicos o veterinario (incluido materiales radiactivos)

2.3.4. Horno de arco eléctrico

El horno eléctrico consiste en un gran recipiente cilíndrico de chapa gruesa (15 a 30 mm de espesor) forrado de material refractario que forma la solera y alberga el baño de acero líquido y escoria. El resto del horno está formado por paneles refrigerados por agua, la bóveda es desplazable para permitir la carga de la chatarra a través de unas cestas adecuadas.

La bóveda está dotada de una serie de orificios por los que se introducen los electrodos, generalmente tres, que son gruesas barras de grafito de hasta 700 mm de diámetro. Los electrodos se desplazan de forma que se puede regular su distancia a la carga a medida que se van consumiendo.



Los electrodos están conectados a un transformador que proporciona unas condiciones de voltaje e intensidad adecuadas para hacer saltar el arco, con intensidad variable, en función de la fase de operación del horno.



Otro orificio en la bóveda permite la captación de los gases de combustión, que son depurados convenientemente para evitar contaminar la atmósfera. El horno va montado sobre una estructura oscilante que le permite bascular para proceder al sangrado de la escoria y el vaciado del baño. La fabricación del acero en horno eléctrico se basa en la fusión de las chatarras por medio de una corriente eléctrica y al afino posterior del baño fundido. El proceso de fabricación se divide básicamente en dos fases: la fase de fusión y la fase de




afino. El proceso de fundición es muy importante, porque mediante este podemos generar la materia prima para los otros procesos de producción.

Es por eso que debemos asegurar que sea lo más estable posible, que se pueda controlar la mayoría de variables para poder obtener como resultado un acero de alta calidad, la misma que será reflejada en todos los productos que lo utilizan en su fabricación.


2.3.4.1. Actividades del horno eléctrico

Actividad	Proceso	Fotografía de la actividad
Retirar manga de Humos.	Utilizando los controles del HMI se retira la manga de humos para que el momento de abrir la tapa esta no golpee en la manga generando daños en ambos elementos.	 <p data-bbox="963 1272 1321 1368">Fig.2.40. Manga de Humos Fuente: Eduardo Villegas.</p>
Abrir la tapa del horno.	Cuando la cesta cargada de chatarra esta lista para hacer el descargue, el pulpitero abre la tapa mediante el control del HMI esto hace que la tapa levante y gire hacia la derecha con lo que el horno queda libre para realizar el descargue.	 <p data-bbox="963 1800 1433 1921">Fig.2.41. Abertura de la Tapa del Horno Fuente: Eduardo Villegas.</p>

<p>Depositar el contenido de las cestas en el horno</p>	<p>Con la carga colocada en la cesta, el operador del puente grúa de 40 Tn la dirige hacia el centro del horno de fundición guiadas por marca existente en la viga carrilera del lado sur de la acería donde depositará la chatarra, utilizando para esto el gancho auxiliar del puente grúa y abrir las almejas de la cesta por medio de cables.</p>	 <p>Fig.2.42. Depósito de contenido de cestas.</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>
<p>Verificar la altura de la carga</p>	<p>Antes de cerrar la tapa del horno es muy importante revisar la altura de la carga, de ser necesario se aplasta la chatarra con la misma cesta esto para evitar que la chatarra perfora la tapa del horno produciendo daños en la tapa y demoras en el proceso.</p>	 <p>Fig. 2.43. Altura de Carga</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>

<p>Colocar la tapa sobre el horno y verificar su cierre total.</p>	<p>Se activan los controles que cierran la tapa se verifica visualmente que este haga contacto completamente con el sello del horno para poder encenderlo, esto se hace cada vez que sierre el horno.</p>	 <p>Fig. 2.44. Colocar tapa en Horno</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>
<p>Colocar la manga de humos</p>	<p>Al cerrar la tapa, y mediante el control de HMI se coloca la manga de humos en su sitio para poder extraer los humos producidos en el proceso hasta la planta de humos para su tratamiento.</p>	 <p>Fig.2.45. Cierre de manga de Humos</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>
<p>Detener el horno para cargas de chatarra.</p>	<p>Cuando la Chatarra ha sido totalmente fundida se debe hacer una recarga para seguir llenando el mismo y poder fundir el tonelaje de diseño del horno, la recarga de las cestas y la carga de las cales.</p>	 <p>Fig.2.46. Carga en Horno</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>

<p>Medir la temperatura de la colada dentro del horno.</p>	<p>Se toma la temperatura utilizando una termocupla. Se debe ingresar la termocupla dentro del horno en la colada y mantenerla ahí hasta que suene una sirena esto indica que la toma de temperatura fue bien tomada. Esto se visualiza en una pantalla ubicada frente al horno.</p>
<p>Toma de muestras de acero y verificar elementos químicos presentes en la colada.</p>	<p>Se introduce una lanza con un cartucho para tomar una muestra, al sacarla del horno se solidifica se rompe el cartucho, se saca la muestra del cartucho y en una capsula es enviada al laboratorio de Control de Calidad para su análisis en el espectrómetro de emisión óptica.</p>
<p>Realizar las correcciones de carbono necesarias, añadir cales a la colada para eliminar el fósforo y azufre.</p>	<p>Se verifica la cantidad de carbono, fósforo, azufre, plomo, níquel, y cromo presentes en acero líquido si es necesario se realiza su ajuste empleando antracita en el acero en caso de que el porcentaje de carbono sea bajo, se los añade por la puerta del horno utilizando palas, la cal siderúrgica se añade para generar escoria espumosa y retirar del baño las impurezas como fósforo y azufre presentes, la cal dolomítica nos sirve para proteger el refractario. Esto se agrega antes de que el horno llegue a la temperatura de calentamiento. (1540 °C) el fósforo se elimina con el retiro de las primeras escorias, esto se comprueba con las primeras muestras enviadas al laboratorio, el azufre se elimina agregando cal siderúrgica e inyectando oxígeno esto genera una reacción química se debe realizar después de alcanzados los 1540°C.</p>

<p>Vaciado del acero líquido.</p>	<p>Cuando la composición química y la temperatura es adecuada para proceder al vaciado, se incrementa un poco más la temperatura del acero en el horno hasta que sobrepase los 1700 °C Se coloca la lanza de oxígeno en la piquera para destaparla y se procede al vaciado del acero líquido.</p>	 <p>Fig.2.47.Vaciado del Acero Líquido</p> <p>Fuente: Eduardo Villegas.</p>
-----------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.3.4.2. Funcionamiento del horno de arco eléctrico

En el horno de arco eléctrico se introduce chatarra metálica, una pequeña cantidad de carbono y de cal a través de la tapa abierta, (Los hornos eléctricos también se pueden cargar con 100% de chatarra) se baja la tapa y se cierran los electrodos, se establece la conexión y dentro de un periodo aproximadamente de 2 horas, el metal se funde.

La corriente y el voltaje es desconectada, se elevan los electrodos, el horno es inclinado y el metal fundido es vaciado en una olla de traslado que es un recipiente para la transferencia y vaciado del metal fundido, las capacidades de los hornos eléctricos van de 60 a 90 toneladas de acero por día. La calidad del acero producido es mejor que el de hogar abierto o del proceso de oxígeno básico la carga del horno eléctrico está constituida de chatarra principalmente. En el baño se lleva a cabo una reacción de oxidación. Durante la fusión oxidante se elimina el

fósforo, se reduce el óxido de hierro disuelto en el baño y el azufre, controlar el tipo de atmósfera en el baño es fácil. El calor se encuentra en la parte superior de la carga, siendo necesario en general usar bobinas electromagnéticas a fin de inducir a una agitación en el recipiente para que el material más frío del fondo alcance la parte superior igualándose de esta forma la temperatura y la composición química.

Para generar escoria se añade cal y caliza, el contenido en nitrógeno suele ser elevado debido a las altas temperaturas generadas inmediatamente por debajo de los electrodos (3500 °C) aunque se mantiene a un nivel aceptable para la mayoría de los aceros.

Las ferroaleaciones se añaden tanto al horno eléctrico como en cuchara, siendo este proceso el más adecuado para la fabricación de los aceros especiales. Aunque a veces pueden surgir problemas con el carbono desprendido de los electrodos de alta pureza, cocidos al vacío y de alta conductividad. Su tamaño es de 20-75 cm de diámetro y 1,5-3 m de longitud. Según se van quemando se añade un nuevo electrodo.

2.3.4.3. Fase de fusión en el horno

Una vez introducida la chatarra en el horno y los agentes reactivos y escorificantes (principalmente cal) se desplaza la bóveda hasta cerrar el horno y se bajan los electrodos hasta la distancia apropiada, haciéndose saltar el arco hasta fundir completamente los materiales cargados. El proceso se repite hasta completar la capacidad del horno, constituyendo este acero una colada.

2.3.5. Afinación de la colada

2.3.5.1 Fase de afinación del acero líquido

El afino se lleva a cabo en dos etapas. La primera en el propio horno y la segunda en un horno cuchara. En el primer afino se analiza la composición del baño

fundido y se procede a la eliminación de impurezas y elementos indeseables (silicio, manganeso, fósforo, etc.) y realizar un primer ajuste de la composición química por medio de la adición de ferroaleaciones que contienen los elementos necesarios (cromo, níquel, molibdeno, vanadio o titanio).

El acero obtenido se vacía en una cuchara de colada, revestida de material refractario, que hace la función de cuba de un segundo horno de afinación en el que termina de ajustarse la composición del acero y dársele la temperatura adecuada para la siguiente fase en el proceso de fabricación.

2.3.5.2. Elementos que se oxidan en la fase de afinación

Para la oxidación de algunos elementos químicos se combina dentro del horno el oxígeno con el silicio, manganeso, carbono, fósforo, etc.

Sucede de este modo:

- a) Se oxida el silicio.
- b) Se oxida el carbono
- c) El manganeso.
- d) Se oxida el fósforo.
- e) Se oxida el azufre.
- f) Se desoxida el baño con manganeso.
- g) Se calma el baño en la olla de colada con silicio y aluminio.

De esta manera se forma los compuestos relativos que son eliminados totalmente durante la afinación.

2.3.5.3. Oxidación del silicio

Se trata del silicio contenido en la chatarra se ingresa al horno, es importante eliminar este silicio, cabe mencionar que oxidar una sustancia quiere decir combinar esta sustancia con el oxígeno, pues bien durante la fusión sucede que el silicio se combina con el oxígeno contenido en el óxido de la misma chatarra o

con el oxígeno que se sopla durante la fusión de la última carga, la oxidación del silicio forma compuestos llamados silicatos. Estos silicatos son de las impurezas más dañinas para el acero, la cal presente en el horno (cargada junto con la chatarra en la olla de carga) es de gran ayuda en esta eliminación del silicio.

2.3.5.4. Oxidación del carbono y manganeso

Una vez que el oxígeno se ha eliminado del baño apenas fundido todo el silicio, se inicia la oxidación del carbón y manganeso. A esta fase de afinación se llama descarbonación, si la temperatura del baño es apropiada la oxidación del carbón viene acompañada de una fuente de ebullición del baño, ya que la reacción del oxígeno con el carbón se forma el óxido de carbón (CO) que es un gas. Este gas al salir a la superficie del baño provoca primeramente la ebullición después pasa a la atmósfera junto con los humos.

Es necesario aclarar que cuando la colada embulle es decir que trabaja ya sea que el oxígeno provenga de la planta de oxígeno en forma de gas, del óxido de la chatarra o de la escama de laminación que a veces ponen en el horno cuando está trabajando la carga.

En efecto hay reacción entre oxígeno y carbono sea en el baño de acero, sobre todo en la superficie de contacto entre acero y escoria. La afinación del baño sucede fundamentalmente por obra de la escoria mejor dicho por el contacto entre escoria y metal líquido. La oxidación del C por el hecho que hace trabajar al baño, es una fase importantísima de la colada, y esto no solo porque con ello se da al acero el contenido deseado de carbono, sino porque con esta ebullición sube a la superficie fijándose la escoria múltiple de impurezas a sobre todo los gases Hidrógeno y Nitrógeno.

La temperatura del baño deberá ser elevada para que esto suceda con mayor facilidad, en efecto un acero bien caliente es más fluido que uno menos caliente, es lógico pensar que una mayor fluidez favorece la salida de las impurezas a la

superficie en forma de gas. Concluyendo, la temperatura del baño durante la oxidación del C, no debe ser inferior a la temperatura de la colada, y esto también por que dicha temperatura junto al fuerte trabajo del acero permite un aumento en la velocidad.

Para la oxidación de manganeso al mismo tiempo que el carbono, el manganeso contenido en la chatarra de partida, se oxida es decir se combinará con el oxígeno de la chatarra, en parte también con el aire que entra al horno durante la fusión y además con el oxígeno que se introduce al horno, si bien es necesario eliminar el silicio para que el baño trabaje, tal cosa no acontece con el manganeso.

2.3.5.5. Oxidación del fósforo (P)

La oxidación del fósforo su parcial eliminación del baño sucede fácilmente mientras más abajo sea el contenido de carbono en el baño. En realidad sin embargo una parte del fósforo se elimina al extraer la primera escoria, eso es, al fundir el baño, en efecto las condiciones ideales para una buena desfosforación son; una escoria rica en cal y una baja temperatura.

Estas condiciones existen precisamente al fundir el baño, o un poco después, esto es cuando la escoria está formada por un porcentaje de cal cargada al horno junto con la chatarra. Cuando además esta escoria es rica en óxidos por el oxígeno que se inyecta al baño apenas haya fundido la carga.

En este periodo de inicio de afinación tenemos una abundante escarificación, la desfosforación sucede de cualquier modo, se puede decir en concordancia con la descarburación, mientras más veloz es la descarburación, mas disminuye el fósforo, así si en una hora se bajan 20 puntos de carbono el valor de fósforo puede permanecer constante o disminuir un poco.

2.3.5.6. Eliminación del azufre (S)

Eliminar el azufre presente en el baño significa desulfurar al acero, esta es una operación muy importante, el azufre es muy dañino en el acero en el acero, antes de todo es conveniente que el baño reaccione con el manganeso luego con la cal.

Esto sucede cuando menor sea la cantidad de oxígeno presente en la escoria del baño, en otras palabras mientras más desoxidado este el baño mayor será el porcentaje de azufre que se logra eliminar.

El hecho que el baño contenga un buen porcentaje de manganeso (no menos 30 %) es muy importante y esto porque:

- a) Se tiene la certeza de que el baño no está muy oxidado.
- b) Porque entre el azufre y el manganeso se forma el compuesto, sulfuro de manganeso.

Este compuesto ligero sale a la superficie del baño, este se deposita en la escoria, si esta escoria es buena o sea que contiene mucha cal absorberá con facilidad a este sulfuro, para disminuir el azufre contenido en la escoria se debe renovar las escorias cuando el contenido de azufre es muy alto, además la desulfuración sucede más fácilmente si la temperatura del baño es bastante elevada por ejemplo no inferior a la temperatura de la colada. En conclusión para desulfurar es necesario:

- 1) Que el baño y la escoria no contengan un exceso de óxido de hierro.
- 2) Que la escoria tenga un elevado contenido de cal (no menos de 50% de peso).
- 3) Renovar la escoria o sea sacar del horno aquellas que ya contienen azufre e ingresar cal nueva.
- 4) Tener un buen contenido de manganeso en el baño. Esto implica dos acciones: Desoxida el baño (muy importante) y al mismo tiempo reacciona con el azufre.
- 5) Tener una buena temperatura.

La desulfuración del baño puede suceder en cualquier momento de la afinación, con tal que se verifique las condiciones arriba especificadas. Sin embargo generalmente sucede en la parte final de la colada y esto porque en aquel momento, no se ingresa al horno más oxígeno y la temperatura es más alta.

2.3.5.7. Desoxidación parcial del baño con el carbono y manganeso

Una vez terminada la operación descrita, es necesario que se proceda a la desoxidación del baño. En efecto en este punto el baño contiene una buena cantidad del compuesto del óxido de Hierro (FeO).

2.3.5.8. Importancia de la escoria en la afinación

Acero y escoria están íntimamente relacionados, esto sucede por una ley química muy importante, que aquella que contenga la escoria estará también presente en el acero, naturalmente en determinadas proporciones establecidas, así, la escoria contiene mucho óxido de hierro (FeO) también el acero lo contendrá.

Si en la escoria abundan los compuestos de azufre, en el acero habrá también abundancia de azufre, y así igualmente para el fósforo, manganeso etc. Se concluye entonces que variando la composición química o sea la calidad de la escoria variará el contenido de los compuestos en el acero se tendrá también variaciones relativas, mientras más escoria este en contacto con el acero, mayor es la posibilidad de tener una buena afinación, un espesor de escoria alrededor de 7 a 12 milímetros esto indica que la escoria está bien, menos de este límite indica que esta líquida.

Un tipo de análisis aproximadamente es aceptable como se indica continuación.

Óxido de silicio o sílice	SiO ₂ = 15%
Óxido de cal	CaO = 48%
Óxido de Hierro	FeO = de 8 a 10%
Óxido de magnesio (revestimiento del horno)	MgO= 7%

2.3.6. Vaciado y temperatura en la olla



Fig. 2.48 Vaciado del Acero y colado

Fuente: Eduardo Villegas

2.3.6.1. Importancia de la temperatura en la olla

La última etapa en el ciclo del horno y la primera del ciclo de vaciado es la transferencia del acero del horno a la olla. Es durante este periodo cuando se agregan las últimas ferroaleaciones al metal líquido y queda preparado para ser transformado inmediatamente en palanquilla.

Una vez que el horno ha terminado de vaciar, la temperatura del metal es verificada para conociéndola se tomen las medidas necesarias para que durante la operación de colado sean minimizados los problemas por este concepto, para vaciar cualquier capacidad de ollas se requiere de 50 a 60 minutos. Por lo tanto, es necesario obtener una temperatura tal, que se mantenga durante este tiempo. De lo anterior se desprende la importancia de cuidar los factores que pueden influir para variar los resultados esperados, al tomar la temperatura del acero recién vaciado a la olla y que aparecen a continuación.

- a. Contenido de carbono.
- b. Temperatura de picado.

- c. Tiempo y temperatura de precalentamiento de la olla.
- d. Tiempo de vaciado.
- e. Tipo de chorro del horno.
- f. Cantidad de escoria.
- g. Tiempo de tránsito de la olla.

A. Contenido del carbono

De acuerdo al diagrama hierro-carbono, a más bajo contenido de carbono, corresponde mayor temperatura y viceversa, debido a su punto de solidificación, por esto, la temperatura para cada tipo de acero es la siguiente:

Tabla 2.1. Especificación de Carbono

Fuente: Norma ASTM A 242

TIPO DE ACERO	CONTENIDO DE CARBONO	TEMPERATURA DESEADA
Bajo Carbono	0.03-----0.25	1630 ±5
Medio Carbono	0.25-----0.50	1610 ±5
Alto Carbono	0.50-----2.00	1590 ±5

B. Temperatura de picado

Teniendo en cuenta la caída de temperatura durante la transferencia del acero del horno a la olla, la que varía de 30 a 100°C, dependiendo de la capacidad de la olla, conviene sobrecalentar el acero a ese rango para, lograr la temperatura deseada.

C. Tiempo y temperatura de precalentamiento de la olla

El temperatura en el acero líquido no es uniforme en ninguna olla particularmente en ollas de bajo precalentamiento como son las de vaciado por el fondo con barra, de hecho, el primer acero vaciado a la olla es considerablemente más frío que el

metal vaciado a medio periodo y en algunos casos aún más frío que el metal al final de vaciado, debido a la absorción de calor del refractario.

Aquí radica la importancia del tiempo y temperatura de precalentamiento de la olla para los cuales se ha dicho es suficiente como mínimo de 60 minutos para el primero, y de 1000°C a 1200°C para la segunda con el objeto de evitar al máximo mayores pérdidas de calor.

D. Tiempo de vaciado

Este periodo es el transcurrido desde el momento que se inicia a vaciar el horno hasta que la olla este llena. Para que este tiempo sea mayor o menor, depende del tamaño de la piquera de vaciado, entonces la cantidad de acero que fluya a través de él, será por lo tanto, mayor o menor consecuentemente, el tiempo para vaciar cualquier tonelaje es más largo y el tiempo de contacto del acero con la atmósfera aumenta, por lo que la perdida de temperatura se incrementa.

Esta establecido un orificio de 4 a 6” en el horno para vaciar 60 toneladas, en un lapso de tiempo que varía de 3 a 5 minutos.

E. Tipo de chorro

Los diferentes tipos de chorro que son conocidos:

- a. Normal
- b. Delgado
- c. Regadera.

Cuando se logra un chorro normal, el problema es mínimo, ya que el chorro puede vaciar en el tiempo estipulado y caer en la pérdida de calor esperada. Cuando se obtiene un chorro del tipo delgado, no solo aumenta el tiempo de vaciado, sino que el metal se oxida debido a la mayor superficie de contacto con la atmósfera.

Estos problemas se agudizan por tal motivo hay un chorro de tipo regadera que consiste en que el acero no se vacía en forma homogénea, por esta razón se tiene una gran parte de superficie expuesta a la atmósfera y por ende una mayor oxidación.

F. Cantidad de escoria

La escoria en la olla tiene como función servir de aislante térmico, esto es impedir pérdidas de temperatura al cubrir el espejo del baño contra el contacto directo con la atmósfera. Ha sido establecido que sin escoria existe una caída de temperatura aproximada de 2°C/min; de aquí la importancia de proteger el metal líquido en la olla con una capa de escoria de 4 a 5” de espesor, sin embargo, es posible utilizar escorias sintéticas con los mismos efectos y con menor densidad.

G. Tiempo de tránsito en la olla

Cuando en las máquinas de vaciado continuo existe el sistema de coladas consecutivas o empalmes, en ocasiones es necesario mantener la olla recién llena un lapso de tiempo esperando mientras la que está colando queda vacía. Ese lapso de tiempo es el “tiempo de tránsito” obviamente, cuando más tiempo permanezca la olla en espera, mayor será la temperatura perdida, por lo que conviene disminuir al máximo este tiempo.

2.3.6.2. Homogenización de temperatura con gas inerte

Es un hecho bien conocido que después del picado del horno, la temperatura del acero dentro de la olla muestra variación considerable entre el fondo, centro y parte superior. En ollas de gran tamaño, esta diferencia de temperatura puede ser hasta 30° C. la razón de esto es que el primer acero vaciado en olla cede considerablemente calor al refractario hasta que este tiene la temperatura cercana a la del acero. Por lo tanto, al inicio de la operación de vaciado sale de la olla acero relativamente frío.

2.3.6.3. Homogenización de la temperatura

El acero caliente y el acero frío dentro de la olla pueden ser mezcladas completamente insuflando gas argón o nitrógeno a través del acero líquido. En años recientes este método ha llegado a ser virtualmente una práctica estándar en combinación con el vaciado continuo, particularmente cuando se vacían coladas de gran capacidad.

2.3.6.4. Inyección por el fondo de la olla

Ladrillo poroso de inyección:

La industria refractaria ha desarrollado un ladrillo poroso, con una pérdida total de aproximadamente 30%, con estos ladrillos es posible introducir el gas dentro de la olla. Similar a una boquilla de vaciado normal, estos ladrillos de inyección van montados en un porta boquilla en el fondo de la olla. Este ladrillo contiene una caja de acero que se coloca en el fondo de la olla y parcialmente a los lados, el gas metido en esta caja de acero por medio de tubos pequeños, penetra por el ladrillo poroso y se eleva en la olla en la forma de burbujas pequeñas.

La alta porosidad de estos ladrillos acorta su vida por que se desgasta mucho más rápido que los ladrillos de revestimiento de la olla, es necesario una cuidadosa inspección después de cada colada para reducir el peligro de una perforación de la olla.

2.3.7. La colada continua

Finalizado el afino, la cuchara con la colada se lleva hasta la parte más alta de la máquina de colada continua donde vacía su contenido en una artesa receptora dispuesta al efecto. La colada continua es un procedimiento siderúrgico en el que el acero se vierte directamente en un molde de fondo desplazable, cuya sección

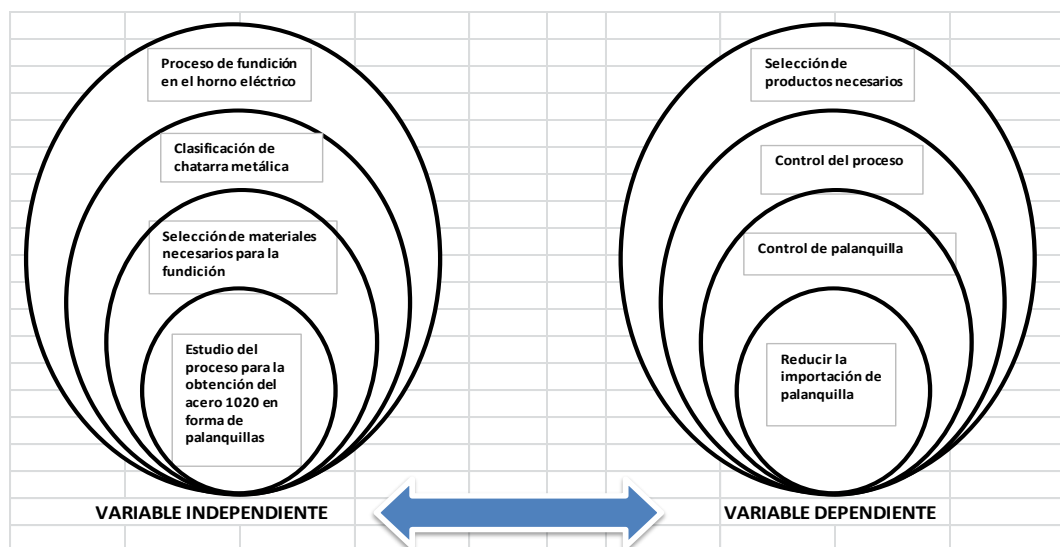
transversal tiene la forma geométrica del producto que se desea fabricar; en este caso la palanquilla.

La artesa receptora tiene un orificio de fondo, o buza, por el que distribuye el acero líquido en varias líneas de colada, cada una de las cuales disponen de su lingotera o molde, generalmente de cobre y paredes huecas para permitir su refrigeración con agua, que sirve para dar forma al producto. Durante el proceso la lingotera se mueve alternativamente hacia arriba y hacia abajo, con el fin de despegar la costra sólida que se va formando durante el enfriamiento.

Posteriormente se aplica un sistema de enfriamiento controlado por medio de duchas de agua fría, y al aire después, cortándose el producto en las longitudes deseadas mediante sopletes que se desplazan durante el corte, en todo momento el producto se encuentra en movimiento continuo gracias a los rodillos de arrastre dispuestos a lo largo de todo el sistema.

Finalmente, se identifican todas las palanquillas con el número de referencia de la colada a la que pertenecen, como parte del sistema implantado para determinar la trazabilidad del producto, vigilándose la cuadratura de su sección, la calidad interna, la ausencia de defectos externos y la longitud obtenida.

2.4. CATEGORÍAS FUNDAMENTALES



2.5. HIPÓTESIS

El Estudio del proceso para la obtención de acero SAE 1020, en base al reciclaje de chatarra metálica en la empresa NOVACERO S.A. PLANTA LASSO, reducirá la importación de palanquilla.

2. 6. SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.6.1. Variable independiente

Estudio del proceso para la obtención del acero SAE 1020 en base al reciclaje de chatarra metálica en la empresa NOVACERO S.A. PLANTA LASSO.

2.6.2. Variable dependiente

Reducir la importación de Palanquilla.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. MODALIDAD BÁSICA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Investigación bibliográfica

Para la investigación es necesario utilizar libros, normas, folletos, textos, artículos, y las diferentes páginas Web, mediante estos materiales muy necesarios podemos guiarnos en el desarrollo práctico y por ende en toda la investigación del tema a desarrollar.

3.1.2. Investigación de campo

Para este proyecto se realizará una investigación de campo, ya que se requiere obtener la información de los componentes químicos del material base (chatarra metálica); además una investigación de todos los elementos y ferro aleaciones que se añaden a la colada, para los cálculos y cantidades necesarias a utilizar.

3.2. NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Investigación descriptiva

Esta Investigación se considera importante y fundamental ya que se realizará la descripción de cada parte del proceso en cuanto a la obtención de este tipo de acero iniciando en la clasificación, preparación de la chatarra metálica y todos los procesos que se debe seguir en el horno de arco eléctrico y máquina de colada continua.

3.2.2. Investigación explicativa

En esta investigación se explicará de cómo y por qué se realiza cierta actividad y la razón de cada material a utilizar, logrando así desarrollar cada una de las variables descritas en el tema.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

El universo de la población es la empresa NOVACERO S.A PLANTA LASSO, aquí se realizará el análisis de cada material a emplearse, materiales base (chatarra metálica) y materiales que se añaden al acero líquido (ferro aleaciones), durante el proceso.

3.3.1. Población

La población será toda la Acería, bodega de suministro y Planta de reciclaje de chatarra metálica.

3.3.2. Muestra

En este proyecto la muestra será exclusivamente el área de acería y laboratorio de control de calidad ya que aquí se realizará la mayor parte de ensayos químicos y mecánicos con lo que se tendrá resultados confiables para la obtención de este tipo de acero.

3.4. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.4.1. Variable independiente

Estudio del proceso para la obtención del acero SAE 1020 en base al reciclaje de chatarra metálica en la empresa NOVACERO S.A. PLANTA LASSO.

Tabla. 3.1. Operacionalización de la variable Independiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
El proceso para la obtención del acero SAE 1020 en base al reciclaje de chatarra metálica en la empresa mediante el proceso se tendrá una idea clara de cómo obtener el acero, basándose en pruebas y análisis previamente establecidos, lógicamente siguiendo con el más estricto control de calidad, esto es mediante la utilización de normas, desde el proceso de selección de chatarra metálica hasta la obtención del acero en forma de palanquilla, seleccionando correctamente los materiales y ferroaleaciones que se añadirá.	<p>Análisis de materiales.</p> <p>Previo Conocimiento</p> <p>Información precisa y necesaria</p> <p>Procesos y aplicaciones</p>	<p>Resultados de composición química</p> <p>Prácticas, pruebas y características del acero</p> <p>Utilización de normas y normas específicas del acero SAE 1020</p> <p>Secuencia y detalles del proceso emplearse</p>	<p>¿Es importante el previo análisis?</p> <p>¿Se realizará prácticas y pruebas antes de cada proceso?</p> <p>¿Es importante la utilización de normas técnicas? ¿Se deben implantar procesos y métodos secuencialmente?</p>	<p>Pruebas laboratorio (espectrómetro emisión óptica)</p> <p>Pruebas laboratorio (espectrómetro emisión óptica)</p> <p>NTE INEN 2215</p> <p>Prácticas Cálculos</p>

Fuente: Eduardo Villegas

3.4.2. Variable dependiente.

Reducir la importación de palanquilla

Tabla 3.2. Operacionalización de la Variable Dependiente

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e instrumentos
<p>El producir este tipo de acero reducirá la importación del producto, además con un estricto control de calidad, se seleccionarán los elementos necesarios para aportar al acero esto es en cuanto a ferroaleaciones que igual cumplan con normas de calidad establecidos,</p>	<p>Calidad del producto</p> <p>Propiedades mecánicas</p> <p>Desarrollo productivo del material</p>	<p>Normas estándares especificados</p> <p>Control de límite de fluencia, resistencia a la tracción y alargamiento</p> <p>Análisis de materiales y ferroaleaciones</p>	<p>¿Existe normas de calidad en cuanto a este tipo de acero?</p> <p>¿Se mejoraría las propiedades mecánicas?</p> <p>¿Es necesario analizar los materiales a utilizar?</p>	<p>NTE INEN 2215</p> <p>Pruebas en la máquina universal de tracción</p> <p>ensayos otros laboratorios</p>

Fuente: Eduardo Villegas

3.5. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información requerida para este trabajo se obtendrá directamente de prácticas y resultados en el laboratorio, en el momento de realizar la fundición se deberá seleccionar previamente las cantidades exactas de ferro aleaciones, de acuerdo al tonelaje a producir, ahí se procederá a aumentar o disminuir los porcentajes de elementos mediante las necesidades.

3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Revisar la información adquirida realizando un análisis de métodos y procesos, análisis de la composición química de muestras de chatarra metálica y directamente del acero, mediante cuadros de resultados.

Representación de los resultados mediante tablas y gráficos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La chatarra es depositada en el área de reciclaje, mediante el proceso de clasificación. Como primera etapa de preselección de materiales, se selecciona los elementos ferrosos y de otras aleaciones.

Como segunda etapa una vez obtenido y clasificado el material, en los tipos de chatarra, se procede a un muestreo en donde interviene el Laboratorio de Control de Calidad de la empresa, el mismo que cuenta con instrumentos con tecnología de punta para analizar todo tipo de acero, o también todo tipo de materiales útiles para la fundición, de esta manera se evita la posibilidad de que no ingresen entre los elementos de fundición elementos perjudiciales para la obtención del arrabio.

El espectrómetro de emisión óptica se utiliza para todo tipo de análisis en elementos ferrosos y no ferrosos, el cual nos indica si un metal tiene una aleación baja o alta de algún elemento, también determina si son fundiciones de tipo negra, gris o blanca, además analiza materiales con aleaciones ricas en cobre, níquel, vanadio, estaño, molibdeno, aluminio, plomo, etc.

Una vez realizado estos análisis se hace una nueva clasificación de la chatarra en forma adecuada que ingresa al horno de fundición, para mejorar el tamaño adecuado de ingreso de la chatarra al horno de inducción, se cuenta con una fragmentadora de chatarra de la cual obtenemos chatarra fragmentada, lista para la fundición.

Otra de las funciones que tiene esta máquina es seleccionar a los materiales no ferrosos, como aluminio, cobre, bronce, plástico, caucho, etc.

De esta manera se ha conseguido por lo menos un 70% de material limpio, sin contaminantes para la fundición.

4.1.2. Proceso de análisis de resultados

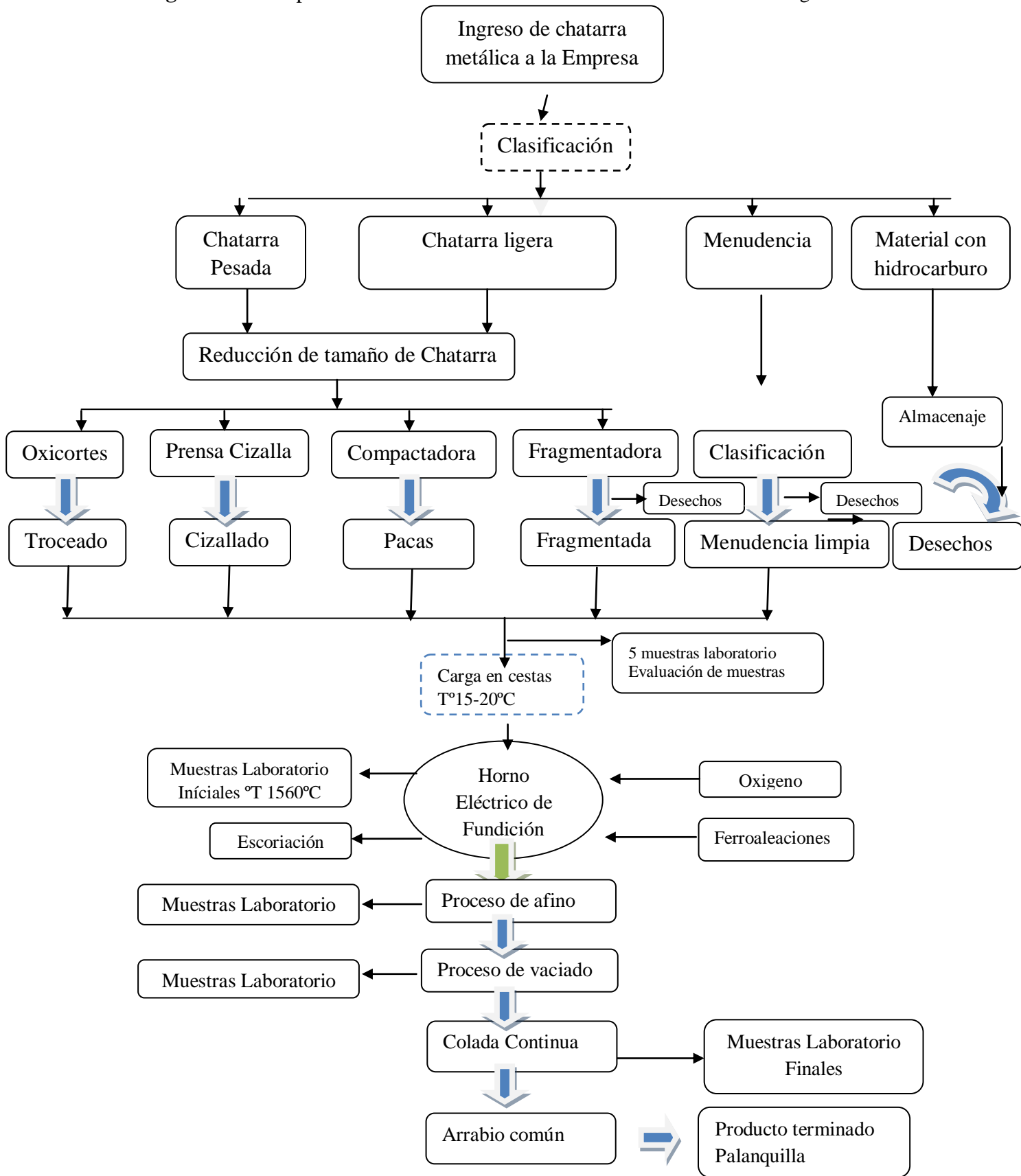
Para el Análisis de resultados se ha determinado el proceso que se va seguir para la obtención de una chatarra limpia con un mínimo de impurezas que pueda facilitar la fundición, en este proceso como se trata de un horno de inducción de arco eléctrico sumergido no se utilizará fundentes.

Para mejorar el proceso de fundición en primera instancia se añade cal siderúrgica y cal dolomítica en una porción de 1Tn por 50Tn de chatarra.

Con esto obtenemos una homogenización del material y se está listo para la fundición, a continuación se presenta un esquema de la obtención de chatarra en bruto y el proceso de fundición.

En este esquema se describe todo el proceso desde el ingreso de chatarra metálica a la empresa, clasificación de los diferentes tipos de chatarra, ingreso a las máquinas para el tratamiento, proceso del horno de fundición y toma de muestras a las temperaturas especificadas y el vaciado de acero de acero previo a la obtención de palanquillas.

Fig.4.1. Proceso para el análisis de resultados: **Fuente:** Eduardo Villegas



4.1.3 Representación de la chatarra clasificada

Luego de que la chatarra ingresa en los vehículos hasta la empresa, es descargada en los lugares específicos para darle el tratamiento y proceso adecuado, luego de los procesos antes mencionados esta chatarra es enviada hasta la nave de la acería para la cargar con los electroimanes en las cestas, de estos rumbos de chatarra procesada que se encuentra en la nave acería se ha cuantificado:

Tabla 4.1. Porcentaje de ingreso de chatarra.

INGRESO DE CHATARRA A LA NAVE ACERÍA		
		%
CHATARRA PESADA	Partes de motores, tubos, tanques, maquinaria pesada, partes con espesores mayores a 6mm	15
CHATARRA LIGERA	Carrocerías, techos, chatarra con espesores < a 6mm	40
CHATARRA FRAGMENTADA	Fragmentos de chatarra en un diámetro no más de 15cm	15
CHATARRA MENUENCIA	Filtros limpios, amortiguadores, latas de conservas etc.	30
TOTAL kg =	100%	

Fuente: Eduardo Villegas

Representación gráfica del tipo de Chatarra

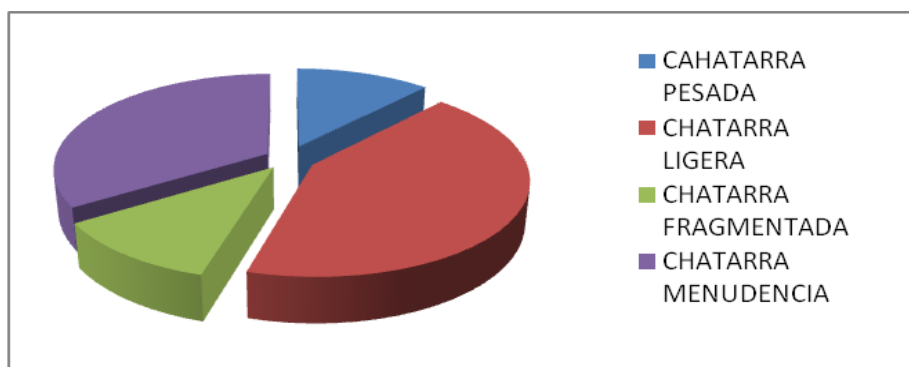


Gráfico.4.1. Representación del porcentaje de chatarra.

Fuente: Eduardo Villegas

4.1.4 Análisis de chatarra metálica

Para el análisis de resultados se tomó muestras de chatarra metálica indistintamente de los rumos ya clasificados y procesados que se encuentran en la nave acería, en una cantidad de cinco muestras de cada tipo de chatarra.

Tabla 4.2. Cantidad de muestras utilizadas para el análisis.

Tipo de Chatarra	Proceso	Cantidad de Muestras
Chatarra Pesada	Troceado	5 muestras
Chatarra Ligera	Fragmentada	5 muestras
Chatarra Ligera	Pacas	5 muestras
Chatarra Ligera	Cizallada	5 muestras
Chatarra Menudencia	Menudencia Limpia	5 muestras

Fuente: Eduardo Villegas





Para el análisis de las muestras de chatarra se utiliza un espectrómetro de emisión óptica que se encuentra en el laboratorio de control de calidad de la empresa, para realizar este tipo de ensayo se debe hacer una preparación de la muestra en dimensiones y tolerancias especificadas.

Además para el ensayo se debe tomar en cuenta el tipo de material que se va analizar, ya que puede tratarse de un acero con aleaciones, un hierro fundido o un acero inoxidable, etc.

Luego del análisis se deberá revisar los porcentajes de los elementos químicos que contiene y que se encuentren dentro de especificaciones para esa muestra aceptar o rechazar.





4.1.4.1 Análisis chatarra pesada (troceado)

Tabla 4.3. Análisis de muestra N°1 de Chatarra pesada (troceado).

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA PESADA	Identificación:	1				
Solicitado por:	Novacero-Lasso	Fecha del ensayo:	2011-03-10				
Nº de disparos:	3	Operador:	Eduardo Villegas				
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Nº Hoja:	1/30				
		Muestra:	1				
LA STEEL							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \%C + \frac{\%Mn}{6} + \frac{\%Cu}{40} + \frac{\%Ni}{20} + \frac{\%Cr}{10} - \frac{\%Mo}{50} - \frac{\%V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 1	
%Ceq	0,350						
%C	0,250	%C	0,30-0,44	DR			
%Si	1,071	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,518	%Mn	0,50-1,23	DR			
%S	0,080	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,025	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,015	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,090	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,110	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,001						
%Al	0,041						
%Mo	0,077						
%V	0,003						
%As	0,000						
%Nb	0,000						
%Ti	0,037						
%N	0,017						
%B	0,000						
%Pb	0,011						
%Sb	0,133						
%Fe	90,56						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACIÓN:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES:							
Esta muestra si esta apta para el proceso de la fundicion.							





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.4. Análisis de muestra N°2 de Chatarra pesada (troceado)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA PESADA	Identificación:	2				
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:	2011-03-10				
Operador:	Eduardo Villegas						
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Nº Hoja:	2/30				
		Muestra:	2				
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 2	
%Ceq	0,627						
%C	0,450	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,180	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	1,000	%Mn	0,50-1,23	DR			
%S	0,051	%S	Max:0,040	FR			
%P	0,042	%P	Max:0,040	FR			
%Cu	0,028	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,074	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,067	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,001						
%Al	0,013						
%Mo	0,011						
%V	0,002						
%As	0,000						
%Nb	0,000						
%Ti	0,034						
%N	0,013						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,000						
%Fe	92,580						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %S, %P son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES: Esta muestra si esta apta para el proceso de la fundicion.							





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.5. Análisis de muestra N°3 de Chatarra pesada (troceado)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA PESADA	Identificación:	3				
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:	2011-03-10				
Operador:	Eduardo Villegas						
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Nº Hoja:	3/30				
		Muestra:	3				
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 3	
%Ceq	0,321						
%C	0,150	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,350	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,979	%Mn	0,50-1,23	DR			
%S	0,012	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,042	%P	Max:0,040	FR			
%Cu	0,380	%Cu	Max:0,35	FR			
%Ni	0,100	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,050	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,083						
%Al	0,707						
%Mo	0,280						
%V	0,065						
%As	0,000						
%Nb	0,108						
%Ti	0,107						
%N	0,150						
%B	0,018						
%Pb	0,000						
%Sb	0,000						
%Fe	0,520						
				DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO			
INTERPRETACION:		Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %Cr, %Si, %P, %Cu, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.					
CONCLUSIONES:		Esta muestra si esta apta para el proceso de la fundicion.					





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.6. Análisis de muestra N°4 de Chatarra pesada (troceado)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA PESADA	Identificación:	4				
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:	2011-03-10				
Operador:	Eduardo Villegas	Nº Hoja:	4/30				
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Muestra:	4				
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 4	
%Ceq	0,113						
%C	0,055	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,013	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,293	%Mn	0,50-1,23	FR			
%S	0,011	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,014	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,094	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,037	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,058	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,010						
%Al	0,066						
%Mo	0,012						
%V	0,006						
%As	0,007						
%Nb	0,007						
%Ti	0,003						
%N	0,007						
%B	0,001						
%Pb	0,002						
%Sb	0,019						
%Fe	99,290						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Si, %Mn, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES: Esta muestra si esta apta para el proceso de la fundicion.							

Fuente: Eduardo Villegas




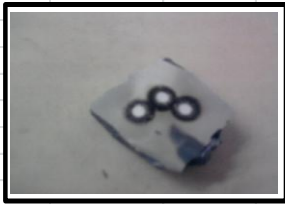
Tabla 4.7. Análisis de muestra N°5 de Chatarra pesada (troceado)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA PESADA	Identificación:	5				
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:	2011-03-10				
Operador:	Eduardo Villegas	Nº Hoja:	5/30				
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Muestra:	5				
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 5	
%Ceq	0,577						
%C	0,412	%C 0,30-0,44		FR			
%Si	0,334	%Si 0,20-0,25		FR			
%Mn	0,823	%Mn 0,50-1,23		DR			
%S	0,023	%S Max:0,040		DR			
%P	0,011	%P Max:0,040		DR			
%Cu	0,240	%Cu Max:0,35		DR			
%Ni	0,200	%Ni Max:0,14		FR			
%Cr	0,150	%Cr Max:0,14		FR			
%Sn	0,017						
%Al	0,018						
%Mo	0,155						
%V	0,002						
%As	0,004						
%Nb	0,000						
%Ti	0,005						
%N	0,007						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,003						
%Fe	96,740						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %Cr, %Ni, no son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES: Esta muestra no esta apta para el proceso de la fundicion.							

Fuente: Eduardo Villegas




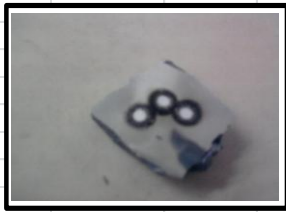
4.1.4.2 Análisis de chatarra ligera (fragmentada)

Tabla 4.8. Análisis de muestra N°1 de Chatarra ligera (Fragmentada)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA FRAGMENTADA	Identificación:	6				
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:	2011-03-11				
Operador:	Eduardo Villegas	Nº Hoja:	6/30				
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Muestra:	6				
LA STEEL							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 6	
%Ceq	0,601						
%C	0,481	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,026	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,647	%Mn	0,50-1,23	DR			
%S	0,069	%S	Max:0,040	FR			
%P	0,045	%P	Max:0,040	FR			
%Cu	0,214	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,075	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,050	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,006						
%Al	0,007						
%Mo	0,030						
%V	0,011						
%As	0,003						
%Nb	0,000						
%Ti	0,005						
%N	0,012						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,001						
%Fe	92,810						
DESIGNACIÓN:							
DR: DENTRO DE RANGO							
FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Si, %S, %P, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES:							
Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							




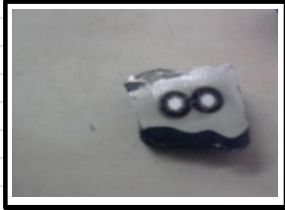
Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.9. Análisis de muestra N°2 de Chatarra ligera (Fragmentada)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA FRAGMENTADA			Identificación:	7		
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3			Fecha del ensayo:	2011-03-11		
Operador:	Eduardo Villegas						
				Nº Hoja:	7/30		
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica			Muestra:	7		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 7	
%Ceq	0,549						
%C	0,489	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,328	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,340	%Mn	0,50-1,23	FR			
%S	0,006	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,008	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,167	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,057	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,045	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,006						
%Al	0,041						
%Mo	0,433						
%V	0,000						
%As	0,003						
%Nb	0,000						
%Ti	0,005						
%N	0,010						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,003						
%Fe	97,460						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Si, %Mn, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES:							
Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							




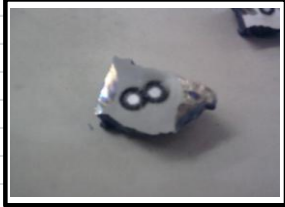
Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.10. Análisis de muestra N°3 de Chatarra ligera (Fragmentada)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA FRAGMENTADA			Identificación:	8		
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3			Fecha del ensayo:	2011-03-11		
Operador:	Eduardo Villegas						
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica			Nº Hoja:	8/30		
				Muestra:	8		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 8	
%C _{eq}	0,568	%C	0,30-0,44		DR		
%C	0,410	%Si	0,20-0,25		FR		
%Si	0,790	%Mn	0,50-1,23		DR		
%Mn	0,837	%S	Max:0,040		DR		
%S	0,009	%P	Max:0,040		DR		
%P	0,024	%Cu	Max:0,35		DR		
%Cu	0,132	%Ni	Max:0,14		DR		
%Ni	0,058	%Cr	Max:0,14		DR		
%Cr	0,125						
%Sn	0,014						
%Al	0,032						
%Mo	0,009						
%V	0,004						
%As	0,004						
%Nb	0,000						
%Ti	0,009						
%N	0,015						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,001						
%Fe	96,530						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES: Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.11. Análisis de muestra N°4 de Chatarra ligera (Fragmentada)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA FRAGMENTADA			Identificación:	9		
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3			Fecha del ensayo:	2011-03-11		
Operador:	Eduardo Villegas						
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica			Nº Hoja:	9/30		
				Muestra:	9		
LA STEEL							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN	FOTOGRAFÍA MUESTRA 9		
%Ceq	0,627						
%C	0,551	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,372	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,381	%Mn	0,50-1,23	FR			
%S	0,053	%S	Max:0,040	FR			
%P	0,026	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,013	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,100	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,084	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,151						
%Al	0,017						
%Mo	0,011						
%V	0,015						
%As	0,000						
%Nb	0,015						
%Ti	0,000						
%N	0,002						
%B	0,133						
%Pb	0,001						
%Sb	0,000						
%Fe	97,62						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Si, %Mn, %S, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES: Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							

Fuente: Eduardo Villegas





Tabla 4.12. Análisis de muestra N°5 de Chatarra ligera (Fragmentada)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA FRAGMENTADA			Identificación:	10		
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3			Fecha del ensayo:	2011-03-11		
Operador:	Eduardo Villegas						
				Nº Hoja:	10/30		
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica			Muestra:	10		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> LA STEEL </div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 10	
%Ceq	0,059						
%C	0,012	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,551	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,196	%Mn	0,50-1,23	FR			
%S	0,007	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,009	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,036	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,130	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,081	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,003						
%Al	0,028						
%Mo	0,047						
%V	0,000						
%As	0,000						
%Nb	0,000						
%Ti	0,010						
%N	0,029						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,015						
%Fe	97,62						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Si, %Mn, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES: Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							

Fuente: Eduardo Villegas





4.1.4.3. Análisis de chatarra ligera (pacas)

Tabla 4.13. Análisis de muestra N°1 de Chatarra ligera (Pacas)

 		UTA-FICM		 SOLUCIONES DE ACERO <small>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</small>		
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación						
Tipo de Muestra:	CHATARRA PACAS	Identificación:	11			
Solicitado por:	Novacero-Lasso					
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:	2011-03-12			
Operador:	Eduardo Villegas	Nº Hoja:	11/30			
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Muestra:	11			
LA STEEL						
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE						
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$						
Grupo de Análisis:						
RESULTADOS:						
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES	COMPARACIÓN	FOTOGRAFÍA MUESTRA 11		
%Ceq	0,123					
%C	0,002	%C	0,30-0,44			FR
%Si	0,396	%Si	0,20-0,25			FR
%Mn	0,591	%Mn	0,50-1,23			DR
%S	0,013	%S	Max:0,040			DR
%P	0,011	%P	Max:0,040			DR
%Cu	0,022	%Cu	Max:0,35			DR
%Ni	0,166	%Ni	Max:0,14			FR
%Cr	0,151	%Cr	Max:0,14			FR
%Sn	0,009					
%Al	0,037					
%Mo	0,066					
%V	0,001					
%As	0,000					
%Nb	0,000					
%Ti	0,013					
%N	0,040					
%B	0,000					
%Pb	0,003					
%Sb	0,079					
%Fe	90,000					
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO						
INTERPRETACION:	Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Si, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada. El %Ni y %Cr, no son tratables en el proceso de la fundición.					
CONCLUSIONES:	Esta muestra no esta apta para el proceso de la fundición.					





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.14. Análisis de muestra N°2 de Chatarra ligera (Pacas)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA PACAS	Identificación:	12				
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:	2011-03-12				
Operador:	Eduardo Villegas	Nº Hoja:	12/30				
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Muestra:	12				
LA STEEL							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 12	
%Ceq	0,633						
%C	0,561	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,273	%Si	0,20-0,25	DR			
%Mn	0,389	%Mn	0,50-1,23	FR			
%S	0,008	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,012	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,037	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,051	%Ni	Max:0,14	FR			
%Cr	0,040	%Cr	Max:0,14	FR			
%Sn	0,005						
%Al	0,024						
%Mo	0,016						
%V	0,004						
%As	0,002						
%Nb	0,000						
%Ti	0,003						
%N	0,007						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,002						
%Fe	96,810						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION: Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Mn, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES: Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.15. Análisis de muestra N°3 de Chatarra ligera (Pacas)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA PACAS	Identificación:	13				
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:	2011-03-12				
Operador:	Eduardo Villegas	Nº Hoja:	13/30				
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Muestra:	13				
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 13	
%C _{eq}	0,352	%C	0,30-0,44	FR			
%C	0,208	%Si	0,20-0,25	DR			
%Si	0,223	%Mn	0,50-1,23	DR			
%Mn	0,745	%S	Max:0,040	DR			
%S	0,023	%P	Max:0,040	DR			
%P	0,012	%Cu	Max:0,35	DR			
%Cu	0,118	%Ni	Max:0,14	FR			
%Ni	0,160	%Cr	Max:0,14	DR			
%Cr	0,130						
%Sn	0,013						
%Al	0,042						
%Mo	0,191						
%V	0,003						
%As	0,003						
%Nb	0,000						
%Ti	0,003						
%N	0,009						
%B	0,001						
%Pb	0,000						
%Sb	0,002						
%Fe	97,470						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Ni, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES: Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.16. Análisis de muestra N°4 de Chatarra ligera (Pacas)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA PACAS	Identificación:	14				
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:	2011-03-12				
Operador:	Eduardo Villegas						
		Nº Hoja:	14/30				
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Muestra:	14				
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> LA STEEL </div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 14	
%Ceq	0,549			FR			
%C	0,489	%C	0,30-0,44	DR			
%Si	0,280	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,340	%Mn	0,50-1,23	DR			
%S	0,006	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,008	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,167	%Cu	Max:0,35	FR			
%Ni	0,057	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,045	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,006						
%Al	0,041						
%Mo	0,433			DESIGNACIÓN:			
%V	0,000			DR: DENTRO DE RANGO			
%As	0,003			FR: FUERA DE RANGO			
%Nb	0,000						
%Ti	0,005						
%N	0,010						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,003						
%Fe	97,460						
INTERPRETACION:		Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Mn, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.					
CONCLUSIONES:		Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.					

Fuente: Eduardo Villegas





Tabla 4.17. Análisis de muestra N°5 de Chatarra ligera (Pacas)

				UTA-FICM		 SOLUCIONES DE ACERO LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA PESADA	Identificación:	15				
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:	2011-03-12				
Operador:	Eduardo Villegas	Nº Hoja:	15/30				
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Muestra:	15				
LA STEEL							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 15	
%C _{eq}	0,279	%C	0,30-0,44		DR		
%C	0,166	%Si	0,20-0,25		FR		
%Si	0,899	%Mn	0,50-1,23		DR		
%Mn	0,665	%S	Max:0,040		FR		
%S	0,056	%P	Max:0,040		DR		
%P	0,039	%Cu	Max:0,35		DR		
%Cu	0,055	%Ni	Max:0,14		FR		
%Ni	0,175	%Cr	Max:0,14		DR		
%Cr	0,010						
%Sn	0,013						
%Al	0,047						
%Mo	0,059						
%V	0,075						
%As	0,001						
%Nb	0,007						
%Ti	0,011						
%N	0,019						
%B	0,002						
%Pb	0,003						
%Sb	0,007						
%Fe	91,230						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:	Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %Si, %S, son tratables en la fundición y el proceso de afinado de la colada. El %Ni no es tratable en el proceso.						
CONCLUSIONES:	Esta muestra no esta apta para el proceso de la fundición.						

Fuente: Eduardo Villegas





4.1.4.4 Análisis de chatarra ligera (cizallada)

Tabla 4.18. Análisis de muestra N°1 de Chatarra ligera (Cizallada)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA CIZALLADA			Identificación:	16		
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3			Fecha del ensayo:	2011-03-12		
Operador:	Eduardo Villegas						
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica			Nº Hoja:	16/30		
				Muestra:	16		
LA STEEL							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 16	
%Ceq	0,533						
%C	0,402	%C	0,30-0,44	DR			
%Si	0,303	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,773	%Mn	0,50-1,23	DR			
%S	0,009	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,012	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,069	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,060	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,015	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,005						
%Al	0,026						
%Mo	0,200						
%V	0,003						
%As	0,001						
%Nb	0,000						
%Ti	0,004						
%N	0,008						
%B	0,001						
%Pb	0,000						
%Sb	0,003						
%Fe	97,070						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %Si, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES:							
Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.19. Análisis de muestra N°2 de Chatarra ligera (Cizallada)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA CIZALLADA			Identificación:	17		
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3			Fecha del ensayo:	2011-03-12		
Operador:	Eduardo Villegas						
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica			Nº Hoja:	17/30		
				Muestra:	17		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 17	
%Ceq	0,576						
%C	0,453	%C	0,30-0,44		FR		
%Si	1,350	%Si	0,20-0,25		FR		
%Mn	0,695	%Mn	0,50-1,23		DR		
%S	0,040	%S	Max:0,040		DR		
%P	0,009	%P	Max:0,040		DR		
%Cu	0,008	%Cu	Max:0,35		DR		
%Ni	0,051	%Ni	Max:0,14		DR		
%Cr	0,047	%Cr	Max:0,14		DR		
%Sn	0,001						
%Al	0,015						
%Mo	0,015						
%V	0,000						
%As	0,000						
%Nb	0,000						
%Ti	0,005						
%N	0,019						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,014						
%Fe	91,970						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:	Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Si, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.						
CONCLUSIONES:	Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.						





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.20. Análisis de muestra N°3 de Chatarra ligera (Cizallada)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA CIZALLADA			Identificación:	18		
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3			Fecha del ensayo:	2011-03-12		
Operador:	Eduardo Villegas						
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica			Nº Hoja:	18/30		
				Muestra:	18		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 18	
%Ceq	0,460						
%C	0,280	%C 0,30-0,44		FR			
%Si	0,195	%Si 0,20-0,25		DR			
%Mn	1,044	%Mn 0,50-1,23		DR			
%S	0,018	%S Max:0,040		DR			
%P	0,024	%P Max:0,040		DR			
%Cu	0,023	%Cu Max:0,35		DR			
%Ni	0,026	%Ni Max:0,14		DR			
%Cr	0,054	%Cr Max:0,14		DR			
%Sn	0,004						
%Al	0,034						
%Mo	0,036						
%V	0,010						
%As	0,002						
%Nb	0,000						
%Ti	0,039						
%N	0,007						
%B	0,003						
%Pb	0,000						
%Sb	0,003						
%Fe	97,900						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES: Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.21. Análisis de muestra N°4 de Chatarra ligera (Cizallada)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA CIZALLADA			Identificación:	19		
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3			Fecha del ensayo:	2011-03-15		
Operador:	Eduardo Villegas						
				Nº Hoja:	19/30		
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica			Muestra:	19		
LA STEEL							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 19	
%Ceq	0,271						
%C	0,166	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,021	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,609	%Mn	0,50-1,23	DR			
%S	0,016	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,011	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,012	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,012	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,032	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,002						
%Al	0,058						
%Mo	0,003			DESIGNACIÓN:			
%V	0,002			DR: DENTRO DE RANGO			
%As	0,000			FR: FUERA DE RANGO			
%Nb	0,000						
%Ti	0,002						
%N	0,005						
%B	0,003						
%Pb	0,000						
%Sb	0,000						
%Fe	99,050						
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Si, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES:							
Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							

Fuente: Eduardo Villegas





Tabla 4.22. Análisis de muestra N°5 de Chatarra ligera (Cizallada)

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA CIZALLADA			Identificación:	20		
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3			Fecha del ensayo:	2011-03-15		
Operador:	Eduardo Villegas						
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica			Nº Hoja:	20/30		
				Muestra:	20		
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 20	
%Ceq	0,442			FR			
%C	0,286	%C 0,30-0,44		DR			
%Si	0,207	%Si 0,20-0,25		DR			
%Mn	0,844	%Mn 0,50-1,23		DR			
%S	0,017	%S Max:0,040		DR			
%P	0,018	%P Max:0,040		DR			
%Cu	0,162	%Cu Max:0,35		DR			
%Ni	0,079	%Ni Max:0,14		DR			
%Cr	0,081	%Cr Max:0,14		DR			
%Sn	0,016						
%Al	0,016						
%Mo	0,038						
%V	0,002						
%As	0,002						
%Nb	0,000						
%Ti	0,003						
%N	0,007						
%B	0,001						
%Pb	0,000						
%Sb	0,002						
%Fe	98,220						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION: Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES: Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							

Fuente: Eduardo Villegas





4.1.4.5 Análisis chatarra menudencia

Tabla 4.23. Análisis de muestra N°1 de Chatarra Menudencia.

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA MENUDECENCIA		Identificación:	21			
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3		Fecha del ensayo:	2011-03-15			
Operador:	Eduardo Villegas						
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica		Nº Hoja:	21/30			
			Muestra:	21			
LA STEEL							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN	FOTOGRAFÍA MUESTRA 21		
%Ceq	0,663						
%C	0,489	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,751	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,952	%Mn	0,50-1,23	DR			
%S	0,017	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,013	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,100	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,064	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,115	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,013						
%Al	0,030						
%Mo	0,014						
%V	0,016						
%As	0,014						
%Nb	0,000						
%Ti	0,020						
%N	0,010						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,006						
%Fe	96,050						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:		Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como el %C, %Si, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.					
CONCLUSIONES:		Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.					





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.24. Análisis de muestra N°2 de Chatarra Menudencia

				UTA-FICM			
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD							
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA MENUDECENCIA		Identificación:	22			
Solicitado por:	Novacero-Lasso		Fecha del ensayo:	2011-03-15			
Nº de disparos:	3		Operador:	Eduardo Villegas			
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica		Nº Hoja:	22/30			
			Muestra:	22			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN	FOTOGRAFÍA MUESTRA 22		
%Ceq	0,541						
%C	0,332	%C	0,30-0,44	DR			
%Si	0,225	%Si	0,20-0,25	DR			
%Mn	1,192	%Mn	0,50-1,23	DR			
%S	0,005	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,015	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,006	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,023	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,098	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,001						
%Al	0,038						
%Mo	0,002						
%V	0,007						
%As	0,000						
%Nb	0,000						
%Ti	0,033						
%N	0,007						
%B	0,002						
%Pb	0,000						
%Sb	0,000						
%Fe	97,870						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:	Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.						
CONCLUSIONES:	Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.						





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.25. Análisis de muestra N°3 de Chatarra Menudencia

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA MENUDECENCIA		Identificación:	23			
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3		Fecha del ensayo:	2011-03-15			
Operador:	Eduardo Villegas						
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica		Nº Hoja:	23/30			
			Muestra:	23			
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
Fórmula de Carbono Equivalente							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN	FOTOGRAFÍA MUESTRA 23		
%Ceq	0,660						
%C	0,553	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,753	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,575	%Mn	0,50-1,23	DR			
%S	0,013	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,038	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,031	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,089	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,070	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,007						
%Al	0,012						
%Mo	0,023						
%V	0,002						
%As	0,000						
%Nb	0,000						
%Ti	0,007						
%N	0,016						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,004						
%Fe	91,690						
				DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO			
INTERPRETACION:		Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como %C, %Si, son tratables en la fundición y el proceso de afinado de la colada.					
CONCLUSIONES:		Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.					





Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.26. Análisis de muestra N°4 de Chatarra Menudencia

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA MENUDENCIA	Identificación:		24			
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:		2011-03-16			
Operador:	Eduardo Villegas					Nº Hoja: 24/30	
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Muestra:	24				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">LA STEEL</div>							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 24	
%Ceq	0,157						
%C	0,097	%C	0,30-0,44	FR			
%Si	0,360	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,400	%Mn	0,50-1,23	FR			
%S	0,004	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,013	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,000	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,068	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,120	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,000						
%Al	0,000						
%Mo	1,017						
%V	0,021						
%As	0,007						
%Nb	0,000						
%Ti	0,004						
%N	0,012						
%B	0,000						
%Pb	0,000						
%Sb	0,008						
%Fe	89,840						
DESIGNACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
INTERPRETACION:		Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como %C, %Si, %Mn, son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.					
CONCLUSIONES:		Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.					

Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.27. Análisis de muestra N°5 de Chatarra Menudencia

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA MENUDENCIA	Identificación:		25			
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3	Fecha del ensayo:		2011-03-16			
Operador:	Eduardo Villegas			Nº Hoja:	25/30		
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Muestra:	25				
LA STEEL							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
Elemento	Contenido	DATOS REFERENCIALES		COMPARACIÓN		FOTOGRAFÍA MUESTRA 25	
%Ceq	0,592						
%C	0,435	%C	0,30-0,44	DR			
%Si	0,395	%Si	0,20-0,25	FR			
%Mn	0,884	%Mn	0,50-1,23	DR			
%S	0,017	%S	Max:0,040	DR			
%P	0,020	%P	Max:0,040	DR			
%Cu	0,022	%Cu	Max:0,35	DR			
%Ni	0,027	%Ni	Max:0,14	DR			
%Cr	0,130	%Cr	Max:0,14	DR			
%Sn	0,002						
%Al	0,023						
%Mo	0,228			DESIGNACIÓN:			
%V	0,004			DR: DENTRO DE RANGO			
%As	0,002			FR: FUERA DE RANGO			
%Nb	0,000						
%Ti	0,002						
%N	0,008						
%B	0,000						
%Pb	0,001						
%Sb	0,000						
%Fe	97,060						
INTERPRETACION:							
Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como %Si son tratables en la fundición y el proceso de afino de la colada.							
CONCLUSIONES:							
Esta muestra esta apta para el proceso de la fundición.							


Fuente: Eduardo Villegas

Realizado los análisis químicos en las diferentes muestras de chatarra se procede a cargar las cestas con chatarra seleccionada.

4.1.4.6. Análisis de muestras iniciales de chatarra fundida

Las muestras iniciales que se toma directamente del horno de fundición cuando la temperatura se alcanzado en 1560 °C luego de haber realizado la escorificación.

Tabla 4.28. Análisis de muestras iniciales de acero fundido.




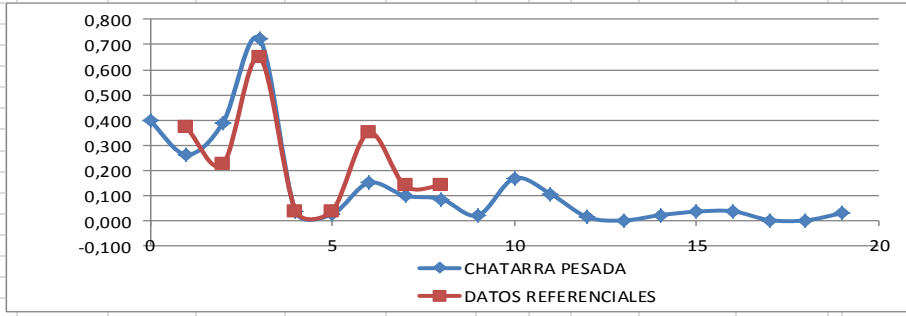
 							
		UTA-FICM LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD					
Ensayo de Composición Química de Aceros de Baja de Aleación							
Tipo de Muestra:	Acero Proceso de fundición	Identificación:	26				
Solicitado por:	Novacero-Lasso	Fecha del ensayo:	2011-03-16				
Nº de disparos:	3	Nº Hoja:	26/30				
Operador:	Eduardo Villegas	Muestra:	26				
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica						
LA STEEL							
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
Grupo de Análisis:							
RESULTADOS:							
	MUESTRAS 1	MUESTRAS 2	MUESTRAS 3	MUESTRAS 4	DATOS REFERENCIALES	FOTOGRAFIAS MUESTRAS	
Elemento	Contenido	Contenido	Contenido	Contenido	SEGÚN NORMA INEN 2215	COMPARACIÓN	
%Ceq	0,182	0,165	0,187	0,190	%C	0,18-0,22	
%C	0,156	0,137	0,154	0,155	%Si	0,20-0,25	
%Si	0,000	0,000	0,000	0,000	%Mn	0,60-0,90	
%Mn	0,116	0,125	0,153	0,165	%S	Max:0,040	
%S	0,015	0,014	0,016	0,017	%P	Max:0,040	
%P	0,045	0,042	0,039	0,038	%Cu	Max:0,35	
%Cu	0,068	0,067	0,066	0,067	%Ni	Max:0,14	
%Ni	0,082	0,084	0,096	0,100	%Cr	Max:0,14	
%Cr	0,011	0,011	0,010	0,011			
%Sn	0,271	0,267	0,260	0,259			
%Al	0,017	0,016	0,015	0,015			
%Mo	0,008	0,008	0,008	0,008			
%V	0,000	0,000	0,000	0,000			
%As	0,003	0,003	0,002	0,003			
%Nb	0,001	0,001	0,001	0,001			
%Ti	0,002	0,000	0,001	0,001			
%N	0,001	0,001	0,001	0,001			
%B	0,000	0,000	0,000	0,000			
%Pb	0,000	0,000	0,000	0,000			
%Sb	0,005	0,005	0,005	0,005			
%Fe	99,200	99,220	99,170	99,150			
INTERPRETACION:				Datos químicos obtenidos de la muestra ensayada, estos resultados tenemos en porcentajes dentro de rangos establecidos, ciertos elementos como %C, %Si, %Mn son tratables en el proceso de afino de la colada.			
CONCLUSIONES:				Muestras dentro de rangos establecidos.			

Fuente: Eduardo Villegas

4.2. INTERPRETACIÓN DE GRÁFICOS

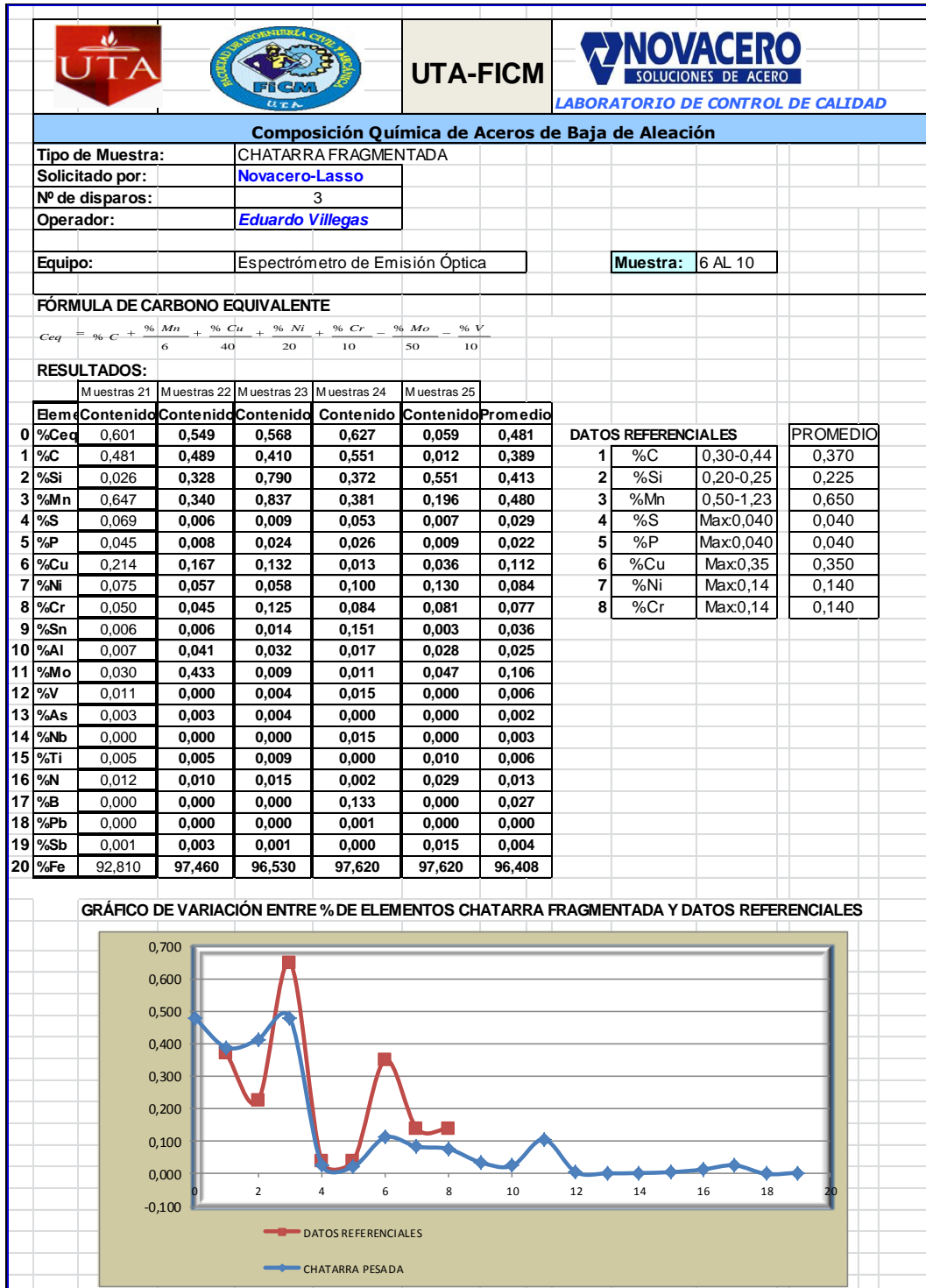
Los gráficos que a continuación se ilustran interpretan los resultados del análisis entre los diferentes tipos de chatarra con relación a los datos referenciales.

Tabla 4.29. Comparación entre % de elementos de chatarra pesada y datos referenciales.

 							
UTA-FICM		LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD					
Composición Química de Aceros de Baja Aleación							
Tipo de Muestra:	CHATARRA PESADA						
Solicitado por:	Novacero-Lasso						
Nº de disparos:	3		Identificación:				
Operador:	Eduardo Villegas		1				
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica		Muestra: 1 AL 5				
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
RESULTADOS:							
	Muestras 1	Muestras 2	Muestras 3	Muestras 4	Muestras 5		
El Contenido	Contenido	Contenido	Contenido	Contenido	Contenido	Promedio	
%C	0,350	0,627	0,321	0,113	0,577	0,398	
%C	0,250	0,450	0,150	0,055	0,412	0,263	1 %C 0,30-0,44 0,370
%S	1,071	0,180	0,350	0,013	0,334	0,390	2 %Si 0,20-0,25 0,225
%M	0,518	1,000	0,979	0,293	0,823	0,723	3 %Mn 0,50-1,23 0,650
%S	0,080	0,051	0,012	0,011	0,023	0,035	4 %S Max:0,040 0,040
%P	0,025	0,042	0,042	0,014	0,011	0,027	5 %P Max:0,040 0,040
%C	0,015	0,028	0,380	0,094	0,240	0,151	6 %Cu Max:0,35 0,350
%N	0,090	0,074	0,100	0,037	0,200	0,100	7 %Ni Max:0,14 0,140
%C	0,110	0,067	0,050	0,058	0,150	0,087	8 %Cr Max:0,14 0,140
%S	0,001	0,001	0,083	0,010	0,017	0,022	
%A	0,041	0,013	0,707	0,066	0,018	0,169	
%M	0,077	0,011	0,280	0,012	0,155	0,107	
%V	0,003	0,002	0,065	0,006	0,002	0,016	
%A	0,000	0,000	0,000	0,007	0,004	0,002	
%N	0,000	0,000	0,108	0,007	0,000	0,023	
%T	0,037	0,034	0,107	0,003	0,005	0,037	
%N	0,017	0,013	0,150	0,007	0,007	0,039	
%B	0,000	0,000	0,018	0,001	0,000	0,004	
%P	0,011	0,000	0,000	0,002	0,000	0,003	
%S	0,133	0,000	0,000	0,019	0,003	0,031	
%F	90,56	92,580	0,520	99,290	96,740	72,283	
GRÁFICO DE VARIACIÓN ENTRE % DE ELEMENTOS PESADA Y DATOS REFERENCIALES							
							

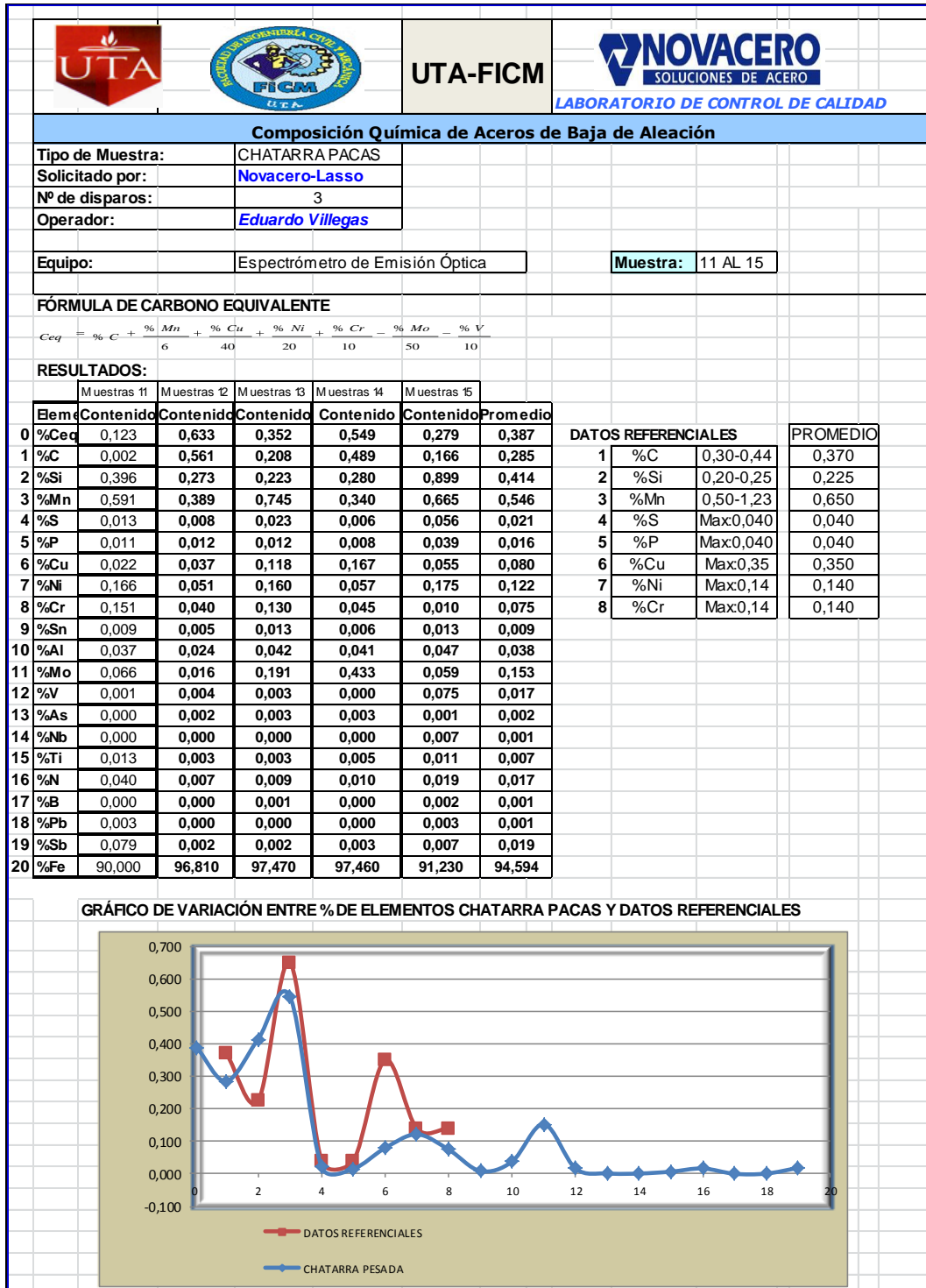
Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.30. Comparación entre % de elementos de chatarra Fragmentada y datos referenciales.



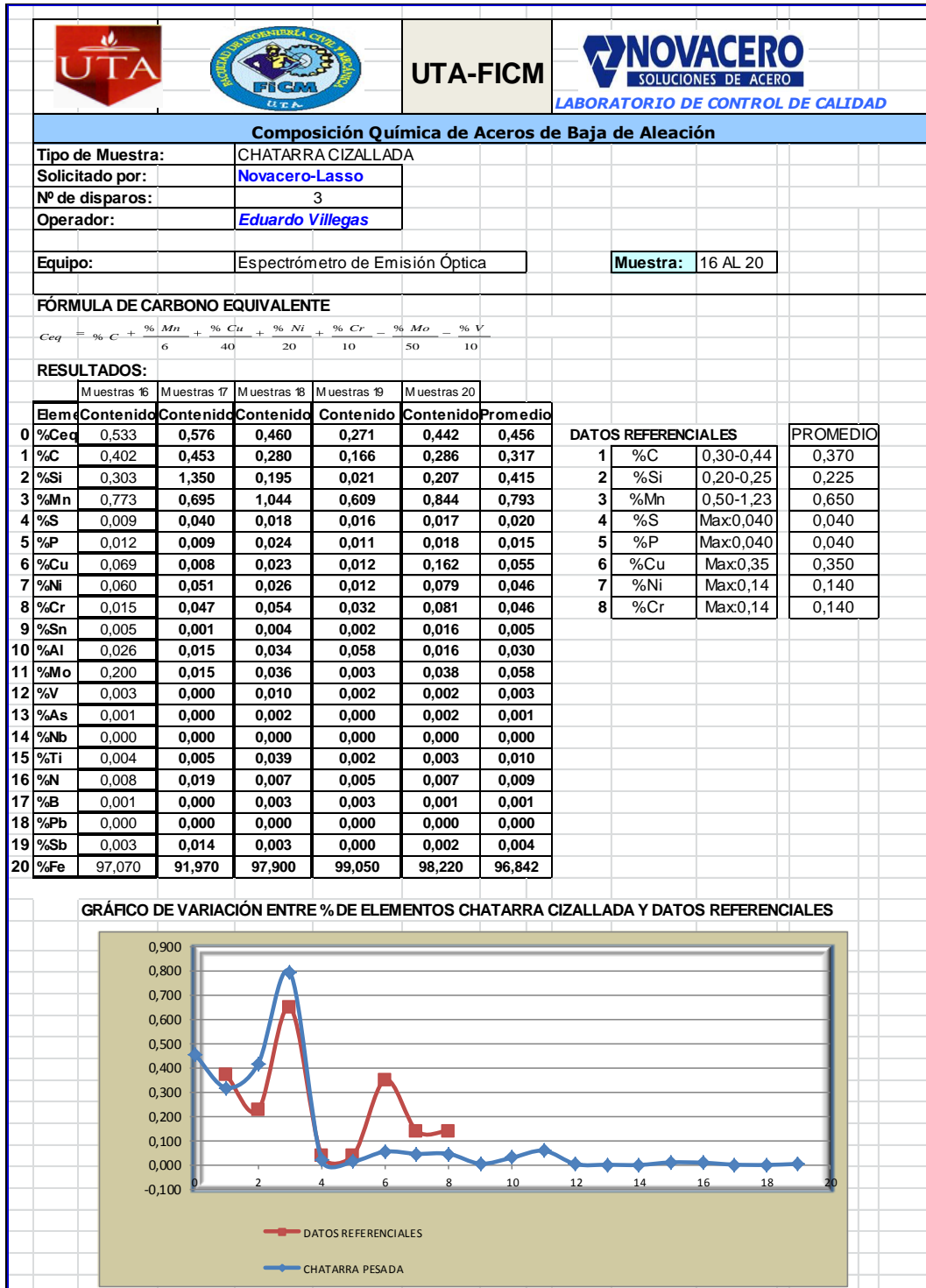
Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.31. Comparación entre % de elementos de chatarra Pacas y datos referenciales.



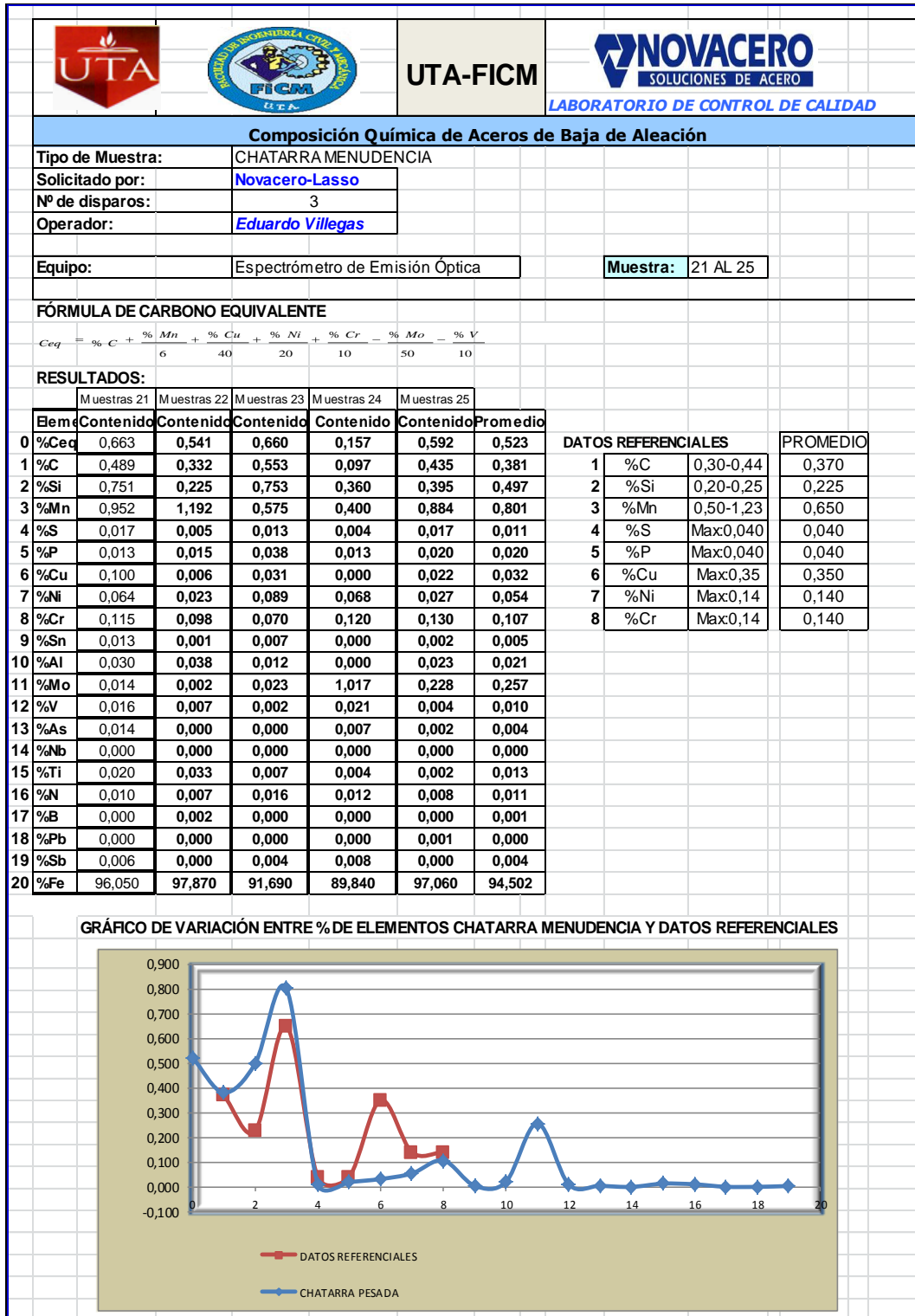
Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.32. Comparación entre % de elementos de chatarra Cizallada y datos referenciales.



Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 4.33. Comparación entre % de elementos de chatarra Menudencia y datos referenciales.



Fuente: Eduardo Villegas

4.3. VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Los estudios y análisis realizados en los diferentes tipos de chatarra que ingresan a la nave acería para su posterior fundición, demuestran que el (porcentaje de chatarra) esta óptima para la obtención del acero. Con la obtención de este tipo de acero se reduce notoriamente la importación de palanquilla se adjunta unas tablas con los datos de importación anteriores y los actuales, además las especificaciones del producto importado como es la composición química.

Tabla 4.34. Ingreso de palanquilla importada a la planta.






		 							
RESUMEN DE LOTES IMPORTADOS									
MATERIA PRIMA IMPORTADA ACERO SAE 1020									
N°	LOTES	FECHA DE IMPORTACIÓN	N° DE COLADAS	PROCEDENCIA	PROVEEDOR	GRADO	SECCION (mm)	PESO ARRIVO A LA PLANTA (kg)	
1	LA002969	30/06/2009	19	MEXICO	ArcelorMittal Las Truchas, S.A. de C.V	SAE 1020	127 X 127	2274650	
2	LA002620	06/03/2006	44	RUSSIA	NOVOROMETALL Ltda, Russia (S.R.I)	SAE 1020	100 X 100 X 6000	3564620	
3	LA002627	17/07/2006	13	RUSSIA	NOVOTROITSK Russia	SAE 1020	100 X 100	1974650	
4	LA002840	11/04/2007	45	PERU	SIDERPERU	SAE 1020	101 X 100	1068560	
5	LA002870	25/07/2007	25	BRAZIL	GERDAU Acos Longos S.A. (TECNISEA)	SAE 1020	130 X 130	1047347	
6	LA002874	17/08/2007	10	BRAZIL	GERDAU Acos Longos S.A. (TECNISEA)	SAE 1020	131 X 130	962673	
7	LA002878	22/08/2007	27	U.S.A.	FLOYDS, SOUTH CAROLINA	SAE 1020	132 X 130	2436789	
8	LA002886	12/12/2007	19	U.S.A.	U.S.A (FLOYDS SOUTH CAROLINA)	SAE 1020	133 X 130	2135196	
9	LA002916	29/09/2008	16	MEXICO	TERNIUM MEXICO, S.A DE C.V.	SAE 1020	134 X 130	20243,43	
TOTAL IMPORTADO								15484728,43	
TOTAL IMPORTADO								15484,73 Toneladas	

GRAFICO DE IMPORTACIÓN



Fuente: Eduardo Villegas

La palanquilla se ha estado importando desde que la planta NOVACERO S.A. inicio hace unos 25 Años, el resumen anterior es desde el 2007 al 2009 se ha tomado como referencia para obtener el tonelaje importado. Tenemos que en estos tres años a ingresado a la planta alrededor de 15484,73 Toneladas.

La tabla que se muestra a continuación es de la producción de acero SAE 1020 que se fabricó en la acería Planta Lasso desde que se incrementó este proceso en el Marzo del 2011 hasta Febrero del 2012. Se tiene como tonelaje de producción 5547,2100 Toneladas anuales por lo que se reduce la importación en su totalidad.

Tabla 4.35. Producción planta.

NOVACERO		REGISTRO																											
		LIBERACIÓN DE MATERIA PRIMA																											
ESTADO DEL INFORME		TERMINADA																											
SOLICITADO POR :		Dpto de Producción																											
LOTE DE PRODUCCIÓN :		NOVACERO										SECCION: 130X130X4500					Fecha de producción 30/01/2011 a 2012-01-10												
LARGO PROMEDIO:		4500,00 mm																											
PESO PROMEDIO :		kg/ m										5547,2100																	
PEDIDO:		GRADO : SAE 1020																											
PRODUCCIÓN PLANTA :		5.547.210,0 kg																											
		GRADO : SAE 1020																											
Nº	COLADA	Carbono Equivalente	% C	% Si	% Mn	% S	% P	% Cu	% Ni	% Cr	% Sn	% Al	% Mo	% V	As (%)	% Nb	% Ti	% N	% B	% Pb	% Sb								
1	10163	0.269	0.1590	0.1020	0.5025	0.0198	0.0131	0.1660	0.0775	0.1925	0.0136	0.0100	0.0270	0.0095	0.002	0.000	0.002	0.009	0.001	0.000	0.003								
2	10161	0.272	0.1675	0.1215	0.4205	0.0185	0.0097	0.1395	0.0580	0.0850	0.0102	0.0095	0.0170	0.0045	0.000	0.000	0.002	0.008	0.001	0.000	0.001								
3	10184	0.272	0.1710	0.1450	0.5165	0.0185	0.0094	0.1475	0.0580	0.0915	0.0108	0.0090	0.0160	0.0080	0.003	0.000	0.002	0.007	0.001	0.000	0.004								
4	10180	0.273	0.1910	0.1815	0.4070	0.0183	0.0095	0.1400	0.0555	0.0885	0.0108	0.0095	0.0150	0.0045	0.001	0.000	0.002	0.009	0.001	0.000	0.002								
5	10182	0.282	0.1835	0.1385	0.5030	0.0206	0.0095	0.1470	0.0630	0.0990	0.0105	0.0100	0.0160	0.0055	0.000	0.000	0.002	0.008	0.001	0.000	0.001								
6	10179	0.283	0.2025	0.1210	0.3965	0.0273	0.0196	0.1275	0.0535	0.0950	0.0092	0.0095	0.0150	0.0080	0.001	0.000	0.002	0.010	0.001	0.000	0.002								
7	10188	0.287	0.1925	0.1300	0.4890	0.0146	0.0081	0.1345	0.0520	0.0755	0.0092	0.0085	0.0125	0.0055	0.003	0.000	0.002	0.009	0.001	0.000	0.002								
8	10176	0.287	0.1975	0.1175	0.4435	0.0247	0.0146	0.1250	0.0575	0.1075	0.0094	0.0090	0.0130	0.0045	0.001	0.000	0.001	0.009	0.001	0.000	0.002								
9	10187	0.289	0.1835	0.1395	0.5345	0.0210	0.0113	0.1525	0.0630	0.1060	0.0115	0.0110	0.0170	0.0075	0.001	0.000	0.002	0.001	0.001	0.000	0.004								
10	10169	0.290	0.1930	0.1170	0.4930	0.0230	0.0127	0.1600	0.0630	0.1140	0.0114	0.0110	0.0205	0.0070	0.000	0.000	0.002	0.006	0.001	0.000	0.002								
11	10198	0.293	0.1905	0.1425	0.5250	0.0209	0.0094	0.1750	0.0630	0.0900	0.0113	0.0110	0.0155	0.0075	0.002	0.000	0.002	0.006	0.001	0.000	0.003								
12	10165	0.294	0.1940	0.1550	0.4855	0.0232	0.0106	0.1635	0.0700	0.1255	0.0118	0.0115	0.0190	0.0070	0.001	0.000	0.002	0.007	0.001	0.000	0.003								
13	10161	0.294	0.1925	0.1450	0.4590	0.0194	0.0093	0.1660	0.0925	0.1755	0.0110	0.0095	0.0360	0.0060	0.001	0.000	0.002	0.007	0.001	0.000	0.003								
14	10175	0.294	0.1920	0.1285	0.4540	0.0261	0.0178	0.1425	0.0660	0.2090	0.0121	0.0080	0.0240	0.0045	0.003	0.000	0.002	0.010	0.001	0.000	0.004								
15	10172	0.295	0.2090	0.1270	0.4155	0.0205	0.0116	0.1305	0.0570	0.1160	0.0143	0.0085	0.0155	0.0050	0.000	0.000	0.002	0.006	0.001	0.000	0.002								
16	10183	0.298	0.1945	0.1525	0.5300	0.0219	0.0102	0.1575	0.0635	0.0910	0.0112	0.0105	0.0155	0.0065	0.000	0.000	0.002	0.008	0.001	0.000	0.001								
17	10160	0.298	0.2020	0.1450	0.4660	0.0203	0.0108	0.1795	0.0670	0.1180	0.0118	0.0090	0.0210	0.0055	0.002	0.000	0.002	0.008	0.001	0.000	0.002								
18	10186	0.300	0.1925	0.1305	0.5565	0.0169	0.0101	0.1480	0.0600	0.0935	0.0237	0.0105	0.0150	0.0080	0.001	0.000	0.002	0.003	0.001	0.000	0.004								
19	10168	0.300	0.2000	0.1260	0.4815	0.0226	0.0144	0.1745	0.0675	0.1570	0.0124	0.0110	0.0230	0.0065	0.001	0.000	0.002	0.007	0.001	0.000	0.002								
20	10197	0.303	0.2050	0.1480	0.4860	0.0194	0.0092	0.2030	0.0710	0.0895	0.0123	0.0100	0.0170	0.0050	0.002	0.000	0.002	0.006	0.001	0.000	0.003								
21	10177	0.303	0.2065	0.1390	0.4860	0.0245	0.0123	0.1445	0.0610	0.0945	0.0101	0.0095	0.0150	0.0050	0.001	0.000	0.002	0.009	0.001	0.000	0.002								
22	10193	0.303	0.2010	0.1510	0.5090	0.0204	0.0123	0.1740	0.0675	0.1060	0.0198	0.0100	0.0160	0.0070	0.002	0.000	0.002	0.008	0.001	0.000	0.004								
23	10185	0.304	0.1925	0.1800	0.5870	0.0153	0.0085	0.1490	0.0635	0.0715	0.0115	0.0100	0.0150	0.0035	0.002	0.000	0.002	0.003	0.001	0.000	0.004								
24	10170	0.304	0.2060	0.1220	0.4880	0.0215	0.0140	0.1765	0.0645	0.1045	0.0113	0.0120	0.0165	0.0060	0.000	0.000	0.002	0.007	0.001	0.000	0.002								
25	10195	0.305	0.2065	0.1860	0.4985	0.0179	0.0087	0.1570	0.0665	0.0860	0.0252	0.0105	0.0165	0.0055	0.002	0.000	0.002	0.007	0.001	0.000	0.004								
26	10162	0.305	0.1970	0.1225	0.5275	0.0175	0.0089	0.1790	0.0690	0.1305	0.0114	0.0080	0.0230	0.0055	0.002	0.000	0.001	0.009	0.001	0.000	0.002								
27	10194	0.305	0.2030	0.1625	0.5085	0.0232	0.0134	0.1880	0.0680	0.1030	0.0139	0.0100	0.0155	0.0065	0.002	0.000	0.002	0.008	0.001	0.000	0.004								
28	10164	0.307	0.1985	0.1345	0.4720	0.0225	0.0119	0.1865	0.0885	0.2155	0.0132	0.0105	0.0290	0.0065	0.002	0.000	0.002	0.009	0.001	0.000	0.002								
29	10159	0.310	0.2095	0.1430	0.4840	0.0186	0.0098	0.1865	0.0765	0.1170	0.0104	0.0080	0.0220	0.0035	0.002	0.000	0.002	0.026	0.001	0.000	0.002								
30	10166	0.310	0.2090	0.1525	0.5030	0.0204	0.0111	0.1530	0.0640	0.1065	0.0113	0.0120	0.0135	0.0060	0.001	0.000	0.002	0.006	0.001	0.000	0.002								
31	10192	0.310	0.2075	0.1455	0.5165	0.0260	0.0165	0.1465	0.0610	0.1070	0.0108	0.0100	0.0150	0.0065	0.003	0.000	0.002	0.008	0.001	0.000	0.004								
32	10178	0.310	0.2135	0.1490	0.4735	0.0251	0.0177	0.1410	0.0620	0.1195	0.0100	0.0100	0.0190	0.0050	0.000	0.000	0.002	0.009	0.001	0.000	0.002								
33	10171	0.311	0.2105	0.1245	0.4940	0.0256	0.0165	0.1805	0.0635	0.1145	0.0117	0.0075	0.0160	0.0095	0.001	0.000	0.002	0.006	0.001	0.000	0.004								
34	10173	0.311	0.2120	0.1400	0.4780	0.0232	0.0162	0.1580	0.0710	0.1290	0.0147	0.0100	0.0200	0.0060	0.000	0.000	0.002	0.004	0.001	0.000	0.003								
35	10174	0.315	0.2115	0.1165	0.4850	0.0237	0.0172	0.1775	0.0780	0.1575	0.0196	0.0100	0.0230	0.0070	0.000	0.000	0.002	0.003	0.001	0.000	0.002								
36	10191	0.319	0.2035	0.1480	0.5825	0.0171	0.0088	0.1365	0.0610	0.1270	0.0102	0.0090	0.0160	0.0065	0.005	0.000	0.002	0.005	0.001	0.000	0.002								
37	10167	0.321	0.2190	0.2095	0.5325	0.0211	0.0119	0.1450	0.0555	0.0760	0.0104	0.0095	0.0130	0.0080	0.002	0.000	0.002	0.007	0.001	0.000	0.002								
38	10196	0.326	0.2190	0.1595	0.5460	0.0236	0.0123	0.1590	0.0670	0.1070	0.0113	0.0100	0.0180	0.0090	0.003	0.000	0.002	0.006	0.001	0.000	0.003								
39	10190	0.326	0.2260	0.1120	0.4915	0.0155	0.0081	0.1585	0.0600	0.1235	0.0101	0.0080	0.0150	0.0060	0.005	0.000	0.002	0.005	0.001	0.000	0.001								
40	10189	0.330	0.2150	0.1430	0.5455	0.0188	0.0110	0.1310	0.0530	0.1910	0.0102	0.0090	0.0140	0.0075	0.007	0.000	0.002	0.007	0.001	0.000	0.003								
ESPECIFICACION NORMA SAE J-403																													
SAE 1020		0.18-0.23		0.30-0.60		MAX 0.05		MAX 0.03																					
ENTREGADO POR										APROBADO POR																			
Responsable de Materia Prima										Control de Calidad																			

Fuente: Eduardo Villegas

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo constan todas las conclusiones a las que se ha podido llegar producto de la investigación y las recomendaciones que, serían las viables para lograr el objetivo de obtener acero SAE 1020 que necesariamente parte de la recolección de chatarra. De esta forma, se logrará reducir costos de importación de este producto que será utilizada en la fabricación de todo tipo de perfiles laminados en caliente.

5.1. CONCLUSIONES

El análisis de muestras de los diferentes tipos de chatarra que se tiene en el patio y nave de la Acería nos dan como referencia los porcentajes de elementos químicos que son tratables ya en el momento de la fundición y posteriormente en el proceso de afino, y los elementos que no pueden ser tratados.

Luego de interpretar los resultados y sacar un porcentaje de que muestras están o no aptas para el proceso de fundición se tiene las siguientes conclusiones:

- Del estudio realizado y de los análisis obtenidos de la chatarra pesada, se tiene como conclusión que la mayoría de ensayos se encuentra dentro de los parámetros establecidos por lo que este tipo de chatarra es apta para la fundición.
- La chatarra fragmentada es la chatarra más limpia que ingresa a la nave acería ya que existe en la máquina electroimanes que clasifican los metales ferrosos

y no ferrosos luego de ser fragmentados. De los análisis realizados a este tipo de chatarra se concluye que este material es el más óptimo para la fundición ya que los parámetros químicos en su mayoría están dentro de especificaciones y es apto para la fundición todo el rumbo que se encuentra en la nave acería, por el tamaño de chatarra ocupan menos volumen, pero se tiene más peso.

- La chatarra ligera que se utiliza para hacer pacas son generalmente alambres, sunchos, cables, varillas en espesores de 8 a 14mm, etc. Los análisis realizados a estas muestras están aptas para el proceso de fundición. La producción de este tipo de chatarra es en cantidades limitadas por lo que solamente nos da volumen, pero no peso que es lo que se necesita para el horno de fundición.
- La chatarra ligera cizallada es la que se utiliza en su mayoría para el proceso de fundición, se lo produce en una prensa cizalla chatarra con espesores menores a seis milímetros, según las muestras analizadas en el laboratorio tenemos que esta apta para la fundición, y es la que ocupa más espacio en la nave de la acería. La producción de este tipo de chatarra se considerada indispensable para el proceso de fundición, ya que genera poco volumen y más peso.
- Se llama chatarra menudencia a todo la chatarra pequeña sean estas latas de conservas, filtros, amortiguadores, restos de materiales etc. Este tipo de chatarra llega a la empresa en cantidades grandes y se envía a la nave de la acería previo una clasificación. De los análisis realizados a las muestras de chatarra se determinó que es apta para el proceso de fundición.
- Se verifica el porcentaje de azufre y fósforo presentes en el acero líquido, el fósforo se elimina con el retiro de la primera escoria (antes de 1600°C), se

báscula el horno hacia la puerta de escoria, ésta empezará a salir del horno y dirigirse hacia la fosa de escoreo, al sobrepasar los 1600 °C el azufre se elimina agregando cal siderúrgica e inyectando oxígeno, esto genera una reacción química que elimina el azufre de la colada y sumándose a la escoria. Se debe escoriar antes de vaciar para eliminar la mayor cantidad de escoria y que ésta no llegue a la cuchara, lo que puede causar la obstrucción del tapón poroso, lo que no permitiría homogenizar el acero con argón. Fósforo **P**: máx. 0.03, Azufre **S**: máx. 0.05 para SAE 1020. Temperatura máxima de eliminación del fósforo: 1600 °C. Se toma la muestra con el cartucho respectivo, y se envía al laboratorio de control de calidad para determinar su composición final después del ajuste y poder enviar la colada a la máquina de colada continua.

Composición Química:

SAE 1020:

%C: 0,18 – 0,2 ; %Mn: 0,50 – 0,60 ; %Si: 0,11 – 0,20 ; %S: max. 0,04
%P: max. 0,04 ; %Cr: max. 0,14

- Cuando la temperatura sea de aproximadamente de 1620 ± 10 °C para el SAE 1020, se cierra la válvula del argón y se lanza a la colada el polvo de cobertura, dependiendo de la temperatura a la que se encuentre la colada, a menor temperatura más fundas de polvo de cobertura, que ayudará a mantener la temperatura hasta su llegada a la Máquina de Colada Continua. cantidad de polvo de cobertura 1610 °C: 6 fundas (54 kg) 1620 °C: 5 fundas (45 kg) 1630 °C: 3 fundas (18 kg).
- Los análisis realizados de las muestras iniciales del horno se tiene valores que son tratables en el proceso de afino, los elementos principales como el %C, %Mn, %Cr, %Ni, %P, están dentro de parámetros.

5.2. RECOMENDACIONES

- Después de haber realizado los análisis de los diferentes tipos de chatarra que se encuentran en la nave de la acería se recomienda una mejor clasificación de la chatarra con el fin de que a la nave ingrese materiales sin contaminantes o materiales con composición química fuera de especificación.
- Durante la carga de chatarra en el horno, todo el personal debe retirarse de la plataforma. De ser necesario subir al horno para retirar chatarra en el borde del mismo, el operador debe hacerlo con el respectivo arnés de seguridad.
- Revisar el cierre de la tapa antes de fundir, verificar que la carga de chatarra no supere el sello del horno, de hacerlo, aplastar la chatarra con la cesta de carga.
- Revisar la apertura de las compuertas del sistema de extracción de humos. Para la manipulación de la lanza se debe verificar que los guantes y tubos utilizados siempre estén libres de hidrocarburos. Hacer la inyección de oxígeno lejos de los paneles del horno.
- Si la muestra no está en buenas condiciones, tomar una nueva muestra de acero y enviarla al laboratorio de Control de Calidad, cuando el laboratorio comunica los resultados y se observa que no se han eliminado el fósforo y el azufre, debemos eliminar la escoria presente en el horno e introducir cal siderúrgica, inyectar oxígeno y de esta forma generar una nueva escoria, con esto eliminamos los residuos no retirados con la primera escoria. En caso de % muy altos de fósforo (P) y azufre (S) (superiores a 0.040) desconectar el horno, abrirlo y agregar una tonelada de cal siderúrgica.
- Realizar mediciones de temperatura hasta llegar a temperaturas aproximadas a la temperatura de vaciado, revisar si la balanza ha sido limpiada antes del pesaje, de no encontrarse, hacerlo, revisar el canal de las ferroaleaciones en

busca de obstáculos que impidan que todas las Ferroaleaciones caigan a la cuchara.

- Realizar un nuevo ajuste al momento en que el acero inicia su salida por la piquera del horno, el operador debe retirar la lanza inmediatamente y accionar la palanca de la lanza para desalojar todo el acero líquido que puede haber en el interior. Escuchar el resultado del análisis del laboratorio para saber la composición del acero antes de iniciar el vaciado, así lograremos un ajuste más preciso.
- Para que el argón fluya hasta el tapón poroso de la cuchara y no pase por la electroválvula. Regular el paso de argón con la regulación del púlpito de vaciado, de tal manera que el ojo de agitación del argón tenga un diámetro aproximado de 30 cm. Se debe homogenizar la colada con el argón por lo menos durante 90 segundos, luego de lo cual se toma la muestra de acero que se enviará al laboratorio de Control de Calidad.

5.2.1 Recomendaciones para la probeta

- La probeta debe tener una superficie completamente plana, se recomienda maquinarla en la limadora o en un torno, dependiendo de la forma.
- Si se tiene la habilidad necesaria con la amoladora, nos daremos cuenta que es más rápido y sencillo el dejar una superficie con un acabado horizontal.
- Si es posible la superficie posterior a la refrentada, debe ser paralela a la misma, esta superficie no es necesario que tenga ningún maquinado, es suficiente tratar de cortarla con una sierra o con una amoladora de manera horizontal.
- Si la muestra tiene imperfecciones en la superficie, como por ejemplo, porosidades, restos de escoria, etc., se recomienda no analizarla.

- La superficie de la probeta a ser analizada no necesita un pulido perfecto. Para muestras menores de 14mm de diámetro se puede realizar el ensayo calentando la probeta a una temperatura inferior a 723 °C y la aplastamos a golpes, luego se puede dar una pulida con la amoladora hasta que la superficie quede plana y así poder llevar a la lijadora semi-automática.
- Si la probeta presenta una superficie irregular no horizontal con defectos como restos de escoria, poros, líneas de lijado en varios sentidos, etc, se tendrá que lijar nuevamente en la máquina.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. DATOS INFORMATIVOS

La industria de acero es una de las más importantes en los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo. En los últimos años esta industria a menudo, constituye la piedra angular de todo el sector industrial. Su impacto económico tiene gran importancia, como fuente de trabajo, y como proveedor de los productos básicos requeridos por muchas otras industrias como: construcción, maquinaria y equipos y fabricación de vehículos de transporte y ferrocarriles.

El proceso de fundición y obtención de acero es muy importante, porque mediante éste podemos generar la materia prima para los otros procesos de producción, es por esto que se debe asegurar que sea lo más estable posible, que se controle la mayoría de sus variables para poder obtener como resultado un acero de alta calidad, la misma que se verá reflejada en todos los productos que lo utilizan en su fabricación.

Para una calidad satisfactoria de los resultados del proceso de fundición basándose en el reciclaje de chatarra se requiere, instrumentos, máquinas y equipos que nos ayudarán para la obtención de acero, por lo que se incidirá directamente en los diferentes procesos que se debe seguir para concluir con el objetivo establecido, los resultados obtenidos nos dan como referencia para comparar con normas establecidas del producto a obtener, y a su vez se puede concluir con el análisis y dar soluciones o recomendar que se debe hacer en cada proceso.

Para un mejor estudio y posteriormente la obtención del acero SAE 1020, se basará especialmente en la actividad química del metal que depende de las impurezas que contenga y de la presencia de elementos que reaccionan con estas, dependiendo también en menor medida de la temperatura y zonas de contacto. Se distingue fundamentalmente dos reacciones: oxidación y corrosión. Además se deberá considerar propiedades mecánicas: Resistencia a la rotura, Tenacidad, Dureza, Deformabilidad. Propiedades térmicas: Conductividad eléctrica, Conductividad térmica, Dilatación.

6.2. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Para la obtención de este tipo de acero SAE 1020 nos regimos a lo que establece la norma NTE INE 2215 que se basa especialmente en los requisitos mecánicos, químicos que deben cumplir los perfiles estructurales de acero laminados en caliente. Para lo cual se debe considerar las siguientes especificaciones:

El acero debe ser completamente desoxidado antes de ser colado, se deberá realizar un análisis representativo de la composición química del acero proveniente de productos semiterminados o terminados. El grado del acero está dado por el rango de carbono y manganeso, así como el de otros elementos y por las propiedades mecánicas, según el tipo de acero que se fabricará, corresponde un grado E275.

La toma de muestra de acero líquido es importante dentro del proceso de producción para poder conocer la composición química del acero que se está fundiendo en el horno de arco eléctrico, cuya composición química es ajustada en la cuchara y al momento que se está colando en la máquina de colada continua.

De esta manera se puede conocer y garantizar la composición química final del acero. La toma de muestra se realiza durante la etapa de fundición del acero en el horno, cuando se está en el proceso de ajuste en la cuchara y de colado en la

máquina de colada continua. Se realiza tantas veces sea necesario hasta tener la certeza de que toda la colada cumple con la especificación requerida por la norma. La toma de muestra en el horno se realiza después de la toma de temperatura, cuidando siempre que no exista contaminación de la muestra. En la cuchara de igual manera, se toma la muestra después de haber tomado la temperatura y agregado las ferroaleaciones, de tal manera que se pueda hacer el ajuste químico respectivo. En la máquina de colada continua se toma la muestra en la apertura de las líneas, cada 10 minutos y en el cierre de las líneas, de tal forma que se genere una secuencia de la composición química a lo largo de toda la colada y poder conocer su homogeneidad.

Para los perfiles estructurales que se fabricarán con este tipo de acero, estos deben ser laminados en caliente y con un tratamiento de recocido o en estado equivalente, obtenido por un control de temperaturas durante y después de la laminación. El proceso utilizado en la fabricación de los perfiles de acero se debe adecuar para conseguir las características físicas, mecánicas y químicas especificadas en la presente norma.

Previo a la liberación de la palanquilla se debe realizar una inspección de los defectos superficiales de la misma, si presentan factores y variables que originan la aparición de dichos defectos y su respectivo control, para lo cual se deberá definir la inspección que se va a realizar en la palanquilla para su respectiva liberación.

Describir los grupos en los que están clasificados los defectos, identificar los defectos superficiales, internos y de forma que aparecen en las palanquillas sus causas y las acciones correctivas. Una variedad de defectos se presentan en los productos de colada continua.

Algunos son típicos del proceso y no pueden ser eliminados totalmente aunque pueden minimizarse. Todos ellos son objeto de estudio para su prevención y, evitar efectos no deseados en el producto final como defectos internos, defectos de superficie y defectos de forma.

6.3. JUSTIFICACIÓN

La principal finalidad de este estudio es llegar a obtener acero SAE 1020 de alta calidad lógicamente basándose en la norma INEN 2215, conocer los diferentes procesos que se debe seguir secuencialmente hasta la obtención del producto final, ciertos procesos como el tratamiento de chatarra, la carga en las cestas, la fusión en el horno de arco eléctrico, proceso de afinado, proceso de vaciado en la máquina de colada continua, toma de muestras, etc., realizando los cálculos necesarios de materiales que se añadirán a la materia prima (chatarra), así como también cálculos de temperaturas, tiempos y especialmente basándose en los análisis de muestras en el laboratorio.

Estos análisis servirán para obtener un acero con las características y propiedades específicas para este tipo de acero en forma de palanquilla, que después de un proceso de laminación en caliente se obtendrán varios productos de perfiles para lo cual se deberá realizar ensayos de tracción para conocer sus propiedades mecánicas según la norma NTE INEN 121, si los espesores son menores o iguales a 3mm y según la NTE INEN 109, si los espesores son superiores a 3mm.

6.4. OBJETIVOS

- Desarrollar métodos del proceso para la obtención del acero SAE 1020.
- Determinar pasos a seguir para cargar el horno de arco eléctrico.
- Analizar normas nacionales e internacionales, y métodos de comprobación del acero a producir.
- Desarrollar métodos de cálculo de porcentajes de elementos aportados.
- Desarrollar el proceso de control del fósforo y azufre en el baño de acero.

- Determinar tiempos de vaciado, materiales adicionales, tiempos de espera antes de vaciar, temperaturas, tipo de chorro en la cuchara.
- Evaluar cada una de las normas utilizadas en todo el proceso, parámetros que se debe considerar tanto químicos, mecánicas, térmicas. etc.

6.5. ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

En la investigación, estudio y desarrollo está involucrada la empresa NOVACERO S.A. en la cual se desarrolla este proyecto, específicamente el área de reciclaje de chatarra y área acería, ya que se cuenta con el material procesado de chatarra suficiente para obtener este producto y el área de acería, que cuenta con el horno de fundición de arco eléctrico lo que nos garantiza un acero libre de impurezas, como primera instancia se realizará un estudio previo y finalmente la obtención del acero SAE 1020 que es de mucha importancia en la obtención de nuevos productos en perfilería, con una materia prima (palanquilla) de calidad cumpliendo estrictamente las normas antes mencionadas.

Todo este proceso representa una economía para la empresa ya que se dejara de importar palanquilla y además se cuenta con materiales, equipos necesarios y sobre todo con la más alta tecnología para realizar dicho proceso.

6.5.1. Análisis de costos.



El análisis de costos tiene como objetivo determinar el impacto que el proyecto influye en la economía, los costos del proyecto deben medirse por comparación, para el presente trabajo los costos a evaluar no podemos hacerlo con exactitud, de forma que podamos justificar la inversión en dicho trabajo para la planificación y realización del mismo, por lo que se tienen costos aproximados que son invertidos desde la materia prima hasta la obtención del producto, además el costo que se tiene en la investigación y estudio.

6.5.1.1. Costos directos

a) Costos de materia prima e insumos

Este trabajo de investigación y desarrollo está realizado con materia prima (chatarra metálica), insumos y ferroaleaciones, materiales necesarios que por no producir en el país se debe importar.

Tabla.6.1. Costos Directos.



		UTA-FICM			
DETALLE DE INSUMOS, MATERIA PRIMA, ENERGIA, UTILIZADOS		Kg.	COSTO (USD)		
Materia Prima (chatarra)					
Troceado		25000			
Ligera		12000			
Fragmentada		11200			
Directa		1500			
Pacas		400			
Total Chatarra		50100			12000
INSUMOS					
CAL SIDERURGICA		1500		700	
CAL DOLOMITICA		500		250	
BRIQUETAS		400		150	
ANTRASITA DE CARGA		600		300	
ANTRASITA DE INSUFLAR		300		350	
OXIGENO		1200		300	
ESPUMANTE		250		110	
Total Insumos		4750			2160
FERROALEACIONES					
Para desoxidar la colada se utiliza Carburo de silicio		25		180	
Para desfosforar o desulfurar se utiliza Carburo de calcio		120		500	
Carbón		5,7		250	
FeSiMn (ferrosilico-manganeso)		600		750	
FeMn (ferro-manganeso)		550		500	
FeSi (ferrosilicio)		120		350	
Para liberar la colada se coloca polvo aislante		40		220	
Total ferroaleaciones		1460,7			2750
Energía		470Kwh/Tn			6000
COSTO TOTAL:					22910

Fuente: Eduardo Villegas

6.5.1.2 Costos indirectos.

Los costos indirectos que son aquellos que no afectan en la obtención del producto, pero que son esenciales para llevar a cabo la realización de este proyecto, como por ejemplo los materiales informáticos y de investigación, recursos humanos, materiales para ensayos químicos y mecánicos.

Tabla 6.2. Costos Indirectos

		UTA-FICM			
DETALLE DE EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS				COSTO (USD)	
MANO DE OBRA PARA ADQUIRIR MUESTRAS				300	
EQUIPOS PARA ENSAYOS MECÁNICOS Y QUÍMICOS				500	
MATERIAL BIBLIOGRÁFICO				220	
ANÁLISIS EN OTROS LABORATORIOS				150	
MATERIAL DE OFICINA				80	
FOTOCOPIAS DE DOCUMENTOS LIBROS				250	
IMPRESIONES				200	
QUÍMICOS PARA ENSAYOS DE MACROGRAFÍA Y MICROGRAFÍA				300	
INTERNET				120	
IMPRESIONES Y COPIAS INFORME FINAL				250	
TRANSPORTE				100	
SUB TOTAL				2470	
IMPREVISTOS				300	
TOTAL				2770	

Fuente: Eduardo Villegas

6.6. FUNDAMENTACIÓN

6.6.1 Espectrómetro de emisión óptica y preparación de muestras

CONDICIONES INICIALES EN EL MANEJO DEL ESPECTRÓMETRO DE EMISIÓN ÓPTICA PDA-7000 MARCA SHIMADZU.

Preparación de muestras

Para el proceso de la preparación de muestras de acero de bajo carbono y aceros inoxidable, se debe utilizar una lija especial de zirconio grano Z80, para que no exista contaminación de la probeta.

La máquina lijadora está entre los accesorios del espectrómetro de emisión óptica, la lijadora sirve para desbastar y normalizar la superficie a analizar, de forma que tendremos la rugosidad adecuada que necesita el espectrómetro para realizar su trabajo.



Fig. 6.1. Lijadora Automática.

Fuente: Eduardo Villegas.

La probeta

La probeta debe tener un diámetro de 60 mm por una altura de 60 mm, como máximo y como mínimo un diámetro de 14mm por una altura de 3mm, ya que el agujero del electrodo del espectrómetro es de 12 mm de diámetro.

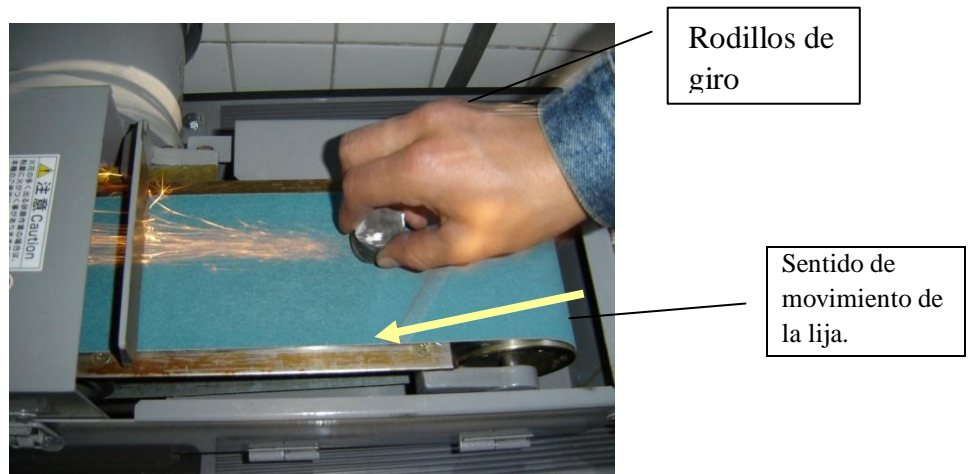


Fig. 6.2. Pulido de la probeta.

Fuente: Eduardo Villegas.

Realizar algunos movimientos paralelos a la banda lijadora con el fin de gastar la superficie de la lija uniformemente.



Fig. 6.3. Movimientos del pulido.

Fuente: Eduardo Villegas.

Movimientos transversales y longitudinales de la muestra respectivamente.

Levantar la probeta y observar cómo está desbastándose la superficie, es importante anotar que no se debe girar la probeta con respecto al sentido inicial de lijado que se dio ya que como se mencionó las líneas del lijado deben ser paralelas entre sí, la muestra debe tener un solo sentido de lijado, con el fin de que

el arco que incida sobre la superficie lijada sea mayor y así se tenga mejores resultados.



Fig.6.4. Muestra pulida,

Fuente: Eduardo Villegas.

La probeta se coloca en el plato de muestras con la superficie pulida hacia abajo y presionamos con la varilla de contacto.

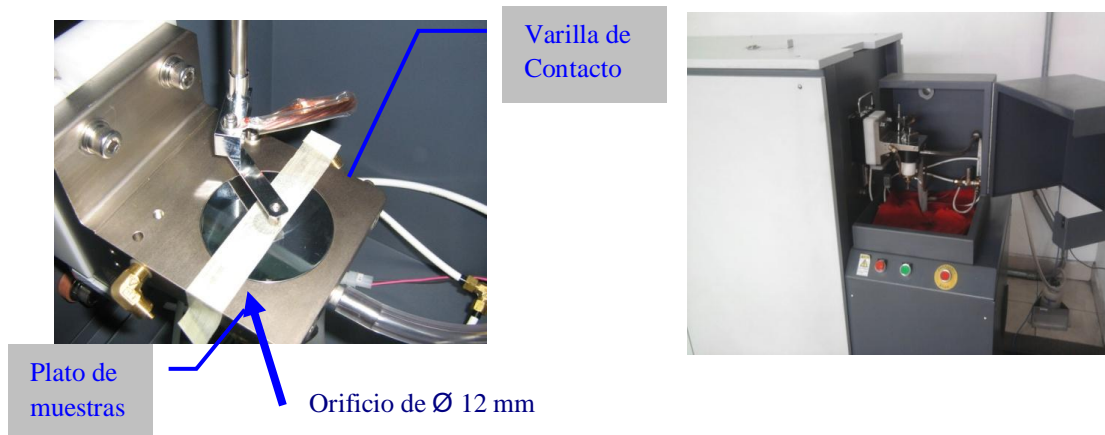


Fig. 6.5. Ubicación de la muestra en el espectrómetro

Fuente: Eduardo Villegas

Como se pudo notar lo más importante en el pulido de la muestra es tener una superficie completamente horizontal para que la misma cubra todo el orificio de 12 mm de diámetro del Espectrómetro para que no se fugue gas argón en el proceso y las líneas de lijado estén en un solo sentido.

6.6.2. Operaciones del software del espectrómetro de emisión óptica pda-7000 marca shimadzu



Fig. 6.6. Espectrómetro de Emisión Óptica

Fuente: Eduardo Villegas

Programa del manejo del espectrómetro - pda for windows

PDA for Windows, es un software que sirve de anexo entre el espectrómetro y el computador, es muy simple y sencillo para su manipulación, facilitando el manejo del mismo. Dentro de las funciones del software tenemos: un registro del número de ensayos que se han realizado, curvas de funcionamiento, etc., a continuación se presenta una secuencia de utilización del software:

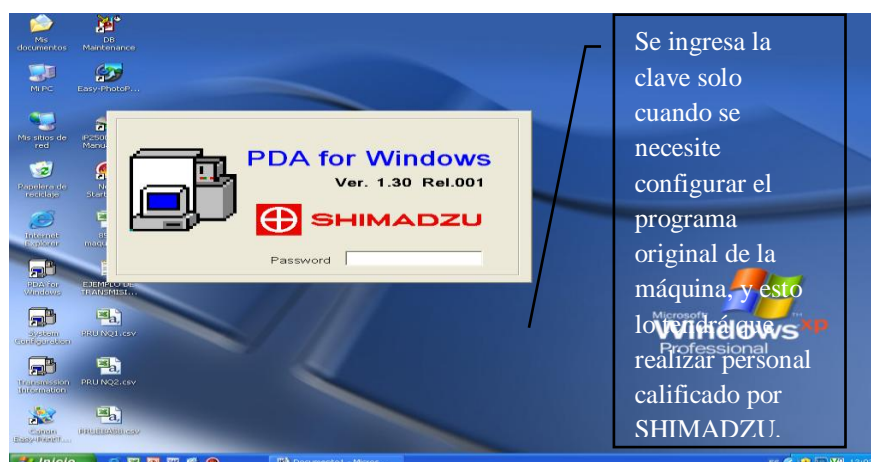


Fig.6.7. Ventana de Ingreso al programa de PDA

Fuente: Software PDA

Automáticamente se presenta la página principal del software del espectrómetro, el programa no necesita contraseña (Password) para su inicialización.

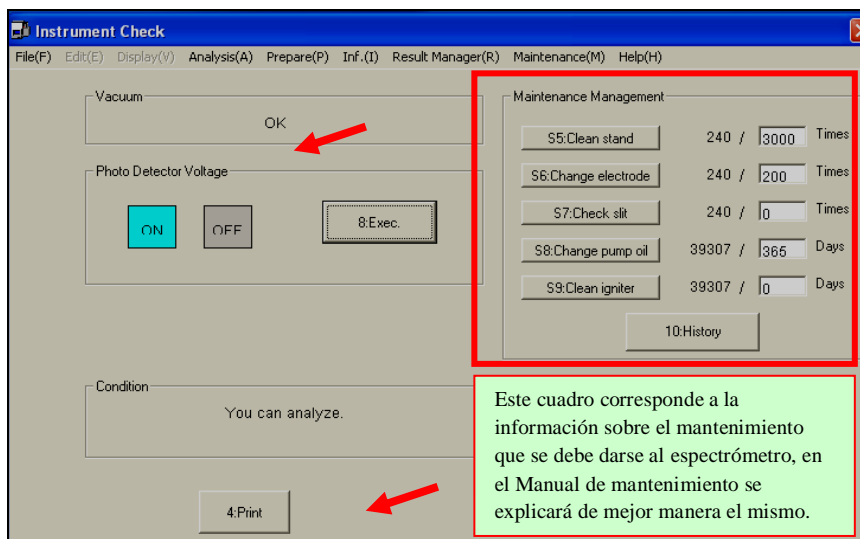


Fig. 6.8. Ventana de Chequeo de instrumentos iniciales

Fuente: Software PDA

Luego se verifica que la ventana **Vacuum** (Bomba de vacío) este en **OK** esto nos indica que la bomba está en funcionamiento. Si no es así se deberá chequear de inmediato la bomba, luego se observa la ventana **Photo Detector Voltaje** (Fotodetector de voltaje) que se encuentre en **ON** o en color verde, y si no lo esta, se da un clic izquierdo en el botón **Exec** o se pulsa la tecla **F8**.

De inmediato la ventana **Condition** (Condición), dará el siguiente mensaje: **You can analyze** (Usted puede realizar el análisis), de lo contrario se deberá verificar el correcto funcionamiento de la máquina, una vez hecho esto daremos un clic izquierdo en **Init** o **F9** para empezar el análisis.

La pantalla que adjuntamos está llena de datos posiblemente de algún ensayo anterior, antes de realizar las descargas, se debe ingresar algunos datos que servirán como referencia para posteriormente guardarlos, damos un click dentro de los paréntesis e ingresamos la información que a continuación mencionaremos:

- El nombre de la colada (**CO**)

- El número de ensayo (**No**)
- El número de LOTE (**LOT**)
- Las siglas del operario que realiza el ensayo (**OP**)
- El nombre del material que se vaya a analizar, según la SAE, (**ID**).

Ele.Name	Ave.	N = 1	N = 2	N = 3	C.V.
C	0.378	0.381	0.380	0.374	1.0100
Si	0.295	0.296	0.295	0.294	.55110
Mn	1.074	1.076	1.067	1.079	.57901
P	0.0178	0.0179	0.0173	0.0182	2.5982
S	0.0182	0.0188	0.0177	0.0182	2.9066
Ni	0.056	0.056	0.056	0.056	.30881
Cr	0.075	0.075	0.074	0.074	.81190
Mo	0.013	0.013	0.013	0.013	1.5214
Cu	0.123	0.124	0.119	0.127	3.0341
Sn	0.0141	0.0144	0.0134	0.0145	4.3273
Al	0.011	0.012	0.011	0.011	2.4126
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000	.00000
As	0.0004	0.0004	0.0001	0.0007	83.016
Ti	0.0020	0.0021	0.0020	0.0020	2.6123
V	0.002	0.002	0.002	0.002	15.656
B	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007	5.5033
Pb	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.00000
Sb	0.0000	0.0000	0.0002	0.0078	2.0474
N	0.0115	0.0115	0.0112	0.0118	2.5648
Felnt	7.148	7.156	7.194	7.095	.69917
Fe%	97.99	97.98	98.00	97.99	.01134

D:001 P:M1000 F:M CT:M N:3
 Group: LA STEEL
 LABORATORIO NOVACERO S.A.
 CO[VC32mm]]No[1]]LOT[Desco]]OP[IG]]ID[SAExxx] AN: 132
 TAN: 240

Fig.6.9. Ventana de ingreso de parámetros

Fuente: Software PDA

Luego se pulsa un click izquierdo en **Group** o pulsamos la tecla **F4**, para seleccionar el material al cual pertenece la muestra.

Ele.Name	Ave.	N = 1	N = 2	N = 3	C.V.
C	0.378	0.381	0.380	0.374	1.0100
Si	0.295	0.296	0.295	0.294	.55110
Mn	1.074	1.076	1.067	1.079	.57901
P	0.0178	0.0179	0.0173	0.0182	2.5982
S	0.0182	0.0188	0.0177	0.0182	2.9066
Ni	0.056	0.056	0.056	0.056	.30881
Cr	0.075	0.075	0.074	0.074	.81190
Mo	0.013	0.013	0.013	0.013	1.5214
Cu	0.123	0.124	0.119	0.127	3.0341
Sn	0.0141	0.0144	0.0134	0.0145	4.3273
Al	0.011	0.012	0.011	0.011	2.4126
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000	.000
As	0.0004	0.0004	0.0001	0.0007	83.016
Ti	0.0020	0.0021	0.0020	0.0020	2.6123
V	0.002	0.002	0.002	0.002	15.656
B	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007	5.5033
Pb	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.000
Sb	0.0000	0.0000	0.0002	0.0078	2.0474
N	0.0115	0.0115	0.0112	0.0118	2.5648
Felnt	7.148	7.156	7.194	7.095	.699
Fe%	97.99	97.98	98.00	97.99	.011

D:001 P:M1000 F:M CT:M N:3
 Group: LA STEEL
 LABORATORIO NOVACERO S.A.
 CO[VC32mm]]No[2]]LOT[Desco]]OP[IG]]ID[SAExxx] AN: 132
 TAN: 240

Fig. 6.10. Ventana de Selección del grupo de Análisis

Fuente: Software PDA

Es necesario recordar que la máquina esta calibrada para cuantificar los siguientes elementos químicos:

Aceros de baja aleación (grupo la steel); **Aceros inoxidable** (grupo cr-ni); **Zinc puro** (grupo zn-puro).

Luego de escoger el grupo o familia al cual corresponde el respectivo análisis, se pulsa la tecla **F1** o un click izquierdo en el icono **Start** de la pantalla del software, también se puede pulsar el botón **Start** de la máquina para empezar la primera descarga en la muestra.

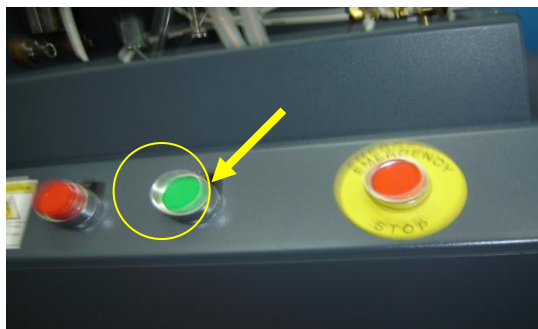
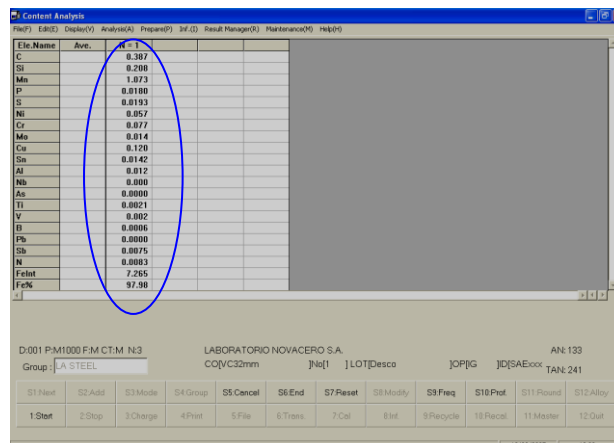


Fig. 6.11. Botones de inicio y paro.

Fuente: Software PDA.

Luego de que la máquina ha hecho la descarga, el sonido cesará y los valores de la composición química se harán presentes en la pantalla, en esta figura se presenta un análisis hecho en una muestra, con el grupo LA STEEL.



Ele.Name	Ave.	N = 1
C	0.387	
Si	0.298	
Mn	1.873	
P	0.0188	
S	0.0193	
Ni	0.857	
Cr	0.877	
Mo	0.014	
Ca	0.128	
Sr	0.0142	
Al	0.012	
Nb	0.008	
As	0.0008	
Ti	0.0021	
V	0.002	
B	0.0006	
Ph	0.0000	
Sb	0.0075	
N	0.0083	
FeInt	7.295	
Fe%	97.98	

Fig.6.12. Ventana Descarga de valores primer disparo de composición química.

Fuente: Software PDA

Primera descarga hecha, se puede ver que la composición química es coherente ya que la muestra que se lamina en NOVACERO tiene las características que se presenta en un círculo.

Ele.Name	Ave.	N = 1	N = 2
C	0.387	0.380	
Si	0.208	0.206	
Mn	1.073	1.072	
P	0.0180	0.0181	
S	0.0193	0.0188	
Ni	0.057	0.056	
Cr	0.077	0.075	
Mo	0.014	0.014	
Cu	0.120	0.123	
Sn	0.0142	0.0144	
Al	0.012	0.011	
Nb	0.000	0.000	
As	0.0000	0.0004	
Ti	0.0021	0.0020	
V	0.002	0.002	
B	0.0006	0.0006	
Pb	0.0000	0.0000	
Sb	0.0075	0.0067	
N	0.0083	0.0088	
FeInt	7.285	7.113	
Fe%	97.98	97.99	

D:001 P:M1000 F:M CT:M N:3
 Group: LA STEEL
 LABORATORIO NOVACERO S.A.
 CO[V]C32mm]No[1]LOT[Desco]OP[IG]ID[SAExxx TAN: 243
 AN: 135

Fig. 6.13. Ventana Descarga segundo disparo de composición química.

Fuente: Software PDA.

Segunda descarga hecha. Luego de cambiar de posición la muestra en la base, damos otra vez un click izquierdo en **Start o F1** para una nueva descarga, de esta manera completamos los 3 disparos necesarios para que la máquina de un porcentaje promedio de cada elemento químico.

Ele.Name	Ave.	N = 1	N = 2	N = 3	C.V.
C	0.381	0.380	0.381	0.382	.23630
Si	0.207	0.206	0.206	0.208	.46922
Mn	1.075	1.072	1.070	1.084	.69907
P	0.0177	0.0181	0.0171	0.0180	3.0949
S	0.0185	0.0188	0.0179	0.0187	2.5753
Ni	0.056	0.056	0.056	0.056	.21394
Cr	0.075	0.075	0.075	0.075	.17468
Mo	0.014	0.014	0.014	0.014	1.3992
Cu	0.120	0.123	0.116	0.121	2.8314
Sn	0.0140	0.0144	0.0134	0.0141	3.7209
Al	0.0128	0.011	0.011	0.014	14.516
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000	.00000
As	0.0003	0.0004	0.0000	0.0005	87.216
Ti	0.0021	0.0020	0.0020	0.0022	4.9711
V	0.002	0.002	0.002	0.002	5.1806
B	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	4.0085
Pb	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.00000
Sb	0.0073	0.0067	0.0083	0.0071	11.126
N	0.0087	0.0088	0.0086	0.0086	1.2977
FeInt	7.136	7.113	7.067	7.230	1.1756
Fe%	97.99	97.99	98.00	97.97	.01388

D:001 P:M1000 F:M CT:M N:3
 Group: LA STEEL
 LABORATORIO NOVACERO S.A.
 CO[V]C32mm]No[1]LOT[Desco]OP[IG]ID[SAExxx TAN: 245
 AN: 137

Fig. 6.14. Ventana Descarga tercer disparo de composición química

Fuente: Software PDA.

Tercera descarga hecha. En la figura anterior se presenta una copia de los resultados obtenidos después de las tres descargas hechas, a continuación se procederá a explicar los resultados obtenidos:

- **Ele Name:** Símbolo del elemento químico.
- **Ave:** Porcentaje promedio de cada elemento.
- **N = 1, N = 2 y N = 3:** Composición química cuantificada en cada descarga.
- **C.V.:** Coeficiente de variación.
- **FeInt:** Intensidad de luz cuando refleja el hierro.
- **Fe%:** Porcentaje total de hierro presente en la muestra.
- **ZnInt:** Intensidad de luz cuando refleja el Zinc.
- **Zn%:** Porcentaje total de Zinc presente en la muestra.

Los datos de **ZnInt** y **Zn%**, se obtendrán respectivamente en el ensayo de Zinc Puro, en este punto es bueno recordar como referencia los nombres de los símbolos químicos que se obtienen en el ensayo y para mejor comprensión los rangos en que cada elemento se encuentra calibrado.

Tabla 6.3. Rangos de referencia para el Zinc Puro

ZINC			
Símbolo	Nombre	Rango de Referencia (%)	
Pb	Plomo	0	0.003
Al	Aluminio	0	0.5
Cd	Cadmio	0	0.003
Fe	Hierro	0	0.003
Sn	Estaño	0	0.001
Cu	Cobre	0	0.002
Ni	Níquel	0	0.05
Mn	Manganeso	98	99.9

Fuente: Eduardo Villegas

Aceros de baja aleación:

Tabla 6.4. Rango de referencia para acero de baja aleación

LA STEEL	Símbolo	Nombre	Rango de Referencia (%)	
	C	Carbono	0.005	1.2
	Si	Silicio	0.005	1.7
	Mn	Manganeso	0.005	2.0
	P	Fósforo	0.002	0.1
	S	Azufre	0.002	0.07
	Ni	Níquel	0.005	4.5
	Cr	Cromo	0.003	4.0
	Mo	Molibdeno	0.002	1.6
	Cu	Cobre	0.002	0.5
	Sn	Estaño	0.001	0.1
	Al	Aluminio	0.002	1.5
	Nb	Niobio	0.01	0.15
	As	Arsénico	0.002	0.1
	Ti	Titanio	0.001	0.3
	V	Vanadio	0.003	0.5
	B	Boro	0.0003	0.01
	Pb	Plomo	0.003	0.08
	Sb	Antimonio	0.01	0.1
	N	Nitrógeno	0.003	0.03

Fuente: Eduardo Villegas

Aceros inoxidables:

Tabla 6.5. Rango de referencia para aceros inoxidables

Cr – Ni			
Símbolo	Nombre	Rango de Referencia (%)	
C	Carbono	0.005	0.15
Si	Silicio	0.005	1..9
Mn	Manganeso	0.005	1.5
P	Fósforo	0.002	0.04
S	Azufre	0.002	0.03
Ni	Níquel	4.0	31.0
Cr	Cromo	5.0	26.0
Mo	Molibdeno	0.01	3.6
Cu	Cobre	0.003	0.35
Ti	Titanio	0.003	0.47
Pb	Plomo	0.005	0.05
Al	Aluminio	0.005	0.2
Nb	Niobio	0.01	1.6
B	Boro	0.0005	0.01
V	Vanadio	0.005	0.3
N	Nitrógeno	0.005	0.1

Fuente: Eduardo Villegas

Puede ocurrir que en el ensayo se obtenga valores en color rojo o como los que a continuación mencionaremos.

En la figura a continuación. se puede observar el valor que se encuentra encerrado en un círculo, el cual significa que el valor sobrepasa el límite programado para el Coeficiente de Variación (**C.V.**) de la máquina, siendo 5 el valor máximo.

Esto puede ocurrir cuando se analiza una muestra erróneamente, o la muestra no corresponde al grupo de análisis.

Ele.Name	Ave.	N = 1	N = 2	N = 3	C.V.
C	0.381	0.380	0.381	0.382	.23630
Si	0.207	0.206	0.206	0.208	.46922
Mn	1.075	1.072	1.070	1.084	.69907
P	0.0177	0.0181	0.0171	0.0180	3.0949
S	0.0185	0.0188	0.0179	0.0187	2.5753
Ni	0.056	0.056	0.056	0.056	.21394
Cr	0.075	0.075	0.075	0.075	.17468
Mo	0.014	0.014	0.014	0.014	1.3992
Cu	0.120	0.123	0.116	0.121	2.8314
Sn	0.0140	0.0144	0.0134	0.0141	3.7209
Al	0.012R	0.011	0.011	0.014	14.616
Nb	0.000	0.000	0.000	0.000	.00000

Fig. 6.15. Ventana de valor fuera de rango.

Fuente: Software PDA.

Content Analysis – Valores fuera de rango

Los errores pueden darse debido a una mala ubicación de la probeta en la base de descarga, defectos en la superficie de la muestra, descarga en un punto de la muestra ya analizada, etc.

Si se obtiene un símbolo como el siguiente, “!!!!” Significa que el elemento se saturó o el disparo fue hecho sobre una muestra ensayada. Cuando sucede lo anteriormente mencionado como se debe proceder:

Primeramente se marca la fila que consideremos eliminar dando un clic en cualquier parte de la misma, se puede observar que el Arsénico (As) se encuentra de color rojo es por ello que se procede a realizar una rápida comparación visual entre los componentes más importantes y el que se encuentra en color rojo.

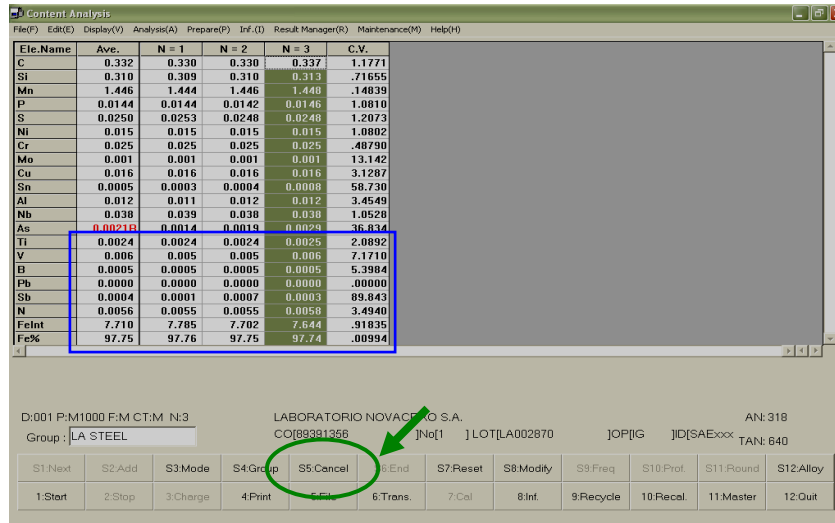


Fig. 6.16. Ventana para borrar valores fuera de rango.

Fuente: Software PDA.

“Result manager” (Administrador de Resultados); El Result Manager o Administrador de resultados, es un registro de todos los ensayos que se procedan a guardar, desde el cual se puede tener acceso a una serie de opciones para presentar un informe sobre el análisis realizado, a continuación se presenta una de las formas más simples para guardar y presentar un informe del análisis realizado, una vez que se haya obtenido una composición química satisfactoria y convincente se procederá a grabar, damos un clic izquierdo en **File** o pulsamos la tecla **F5**.

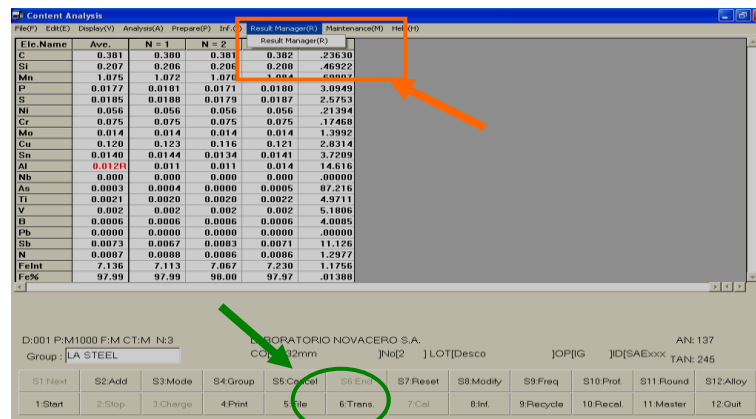


Fig.6.17. Ventana para guardar un ensayo.

Fuente: Software PDA.

Luego se pulsa un clic izquierdo en **Resul Manager(R)** y se escoge otra vez **Resul Manager(R)**, aparecerá una nueva pantalla el **Result Manager**, esta es una

base de datos en la que se almacenan todos los ensayos que se guardan, en esta página podremos revisar y seleccionar cualquier ensayo para visualizar los datos, de la siguiente forma:

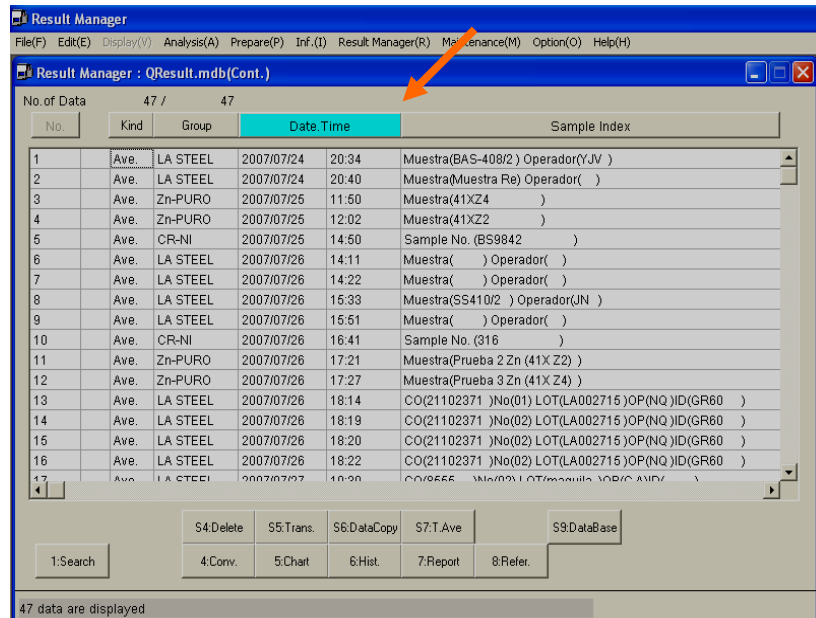


Fig. 6.18. Ventana de base de datos de ensayos.

Fuente: Software PDA.

Luego se pulsa un click izquierdo sobre la fila en la que se encuentre el archivo y presionamos la tecla **F6** o pulsamos un clic izquierdo en **Data Copy**.

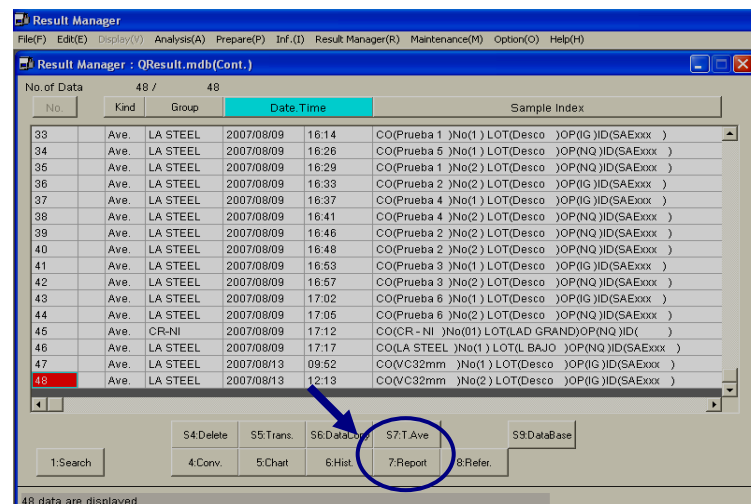


Fig. 6.19. Ventana Para Seleccionar un archivo y copiar.

Fuente: Software PDA.

Luego el programa pedirá en donde y con qué nombre se desea guardar el archivo. Para que los datos que se guardan puedan ser usados, se deberá almacenar específicamente bajo el Disco C, si se guarda bajo otra carpeta los archivos no podrán ser utilizados.

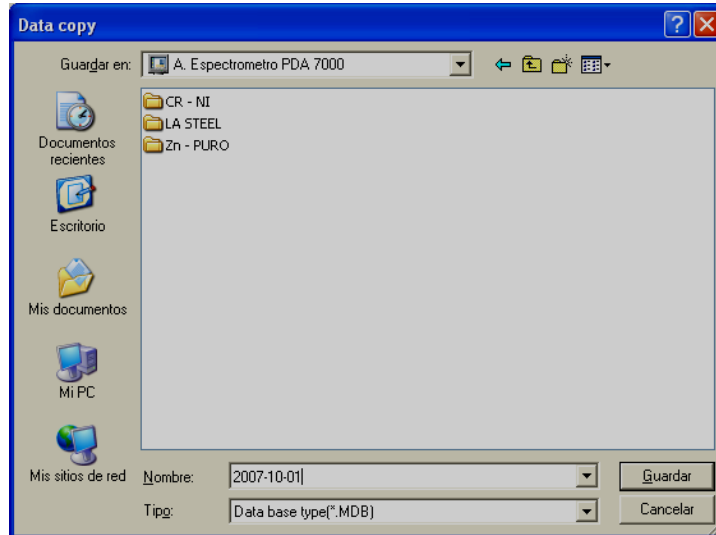


Fig. 6.20. Ventana para copiar en la base de datos.

Fuente: Software PDA.

Es por ello que al inicio de la instalación se creó una carpeta bajo el disco C, llamada **Espectrómetro** en la que se guardan todos los ensayos que se ha venido haciendo.

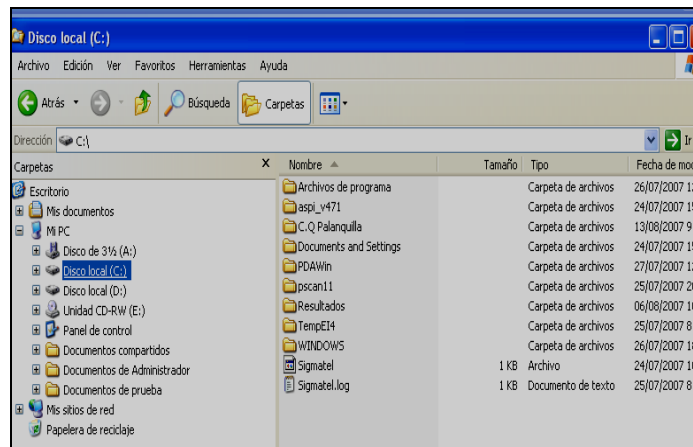


Fig. 6.21. Ventana Dirección de ubicación de archivos.

Fuente: Software PDA.

Luego se pulsa un clic derecho sobre la carpeta guardada y seleccionamos la opción **Abrir con**. El paso que a continuación mencionaremos depende del usuario en que programa desee trabajar; seleccionamos **Microsoft Office Excel** y escogemos la opción **Abrir**

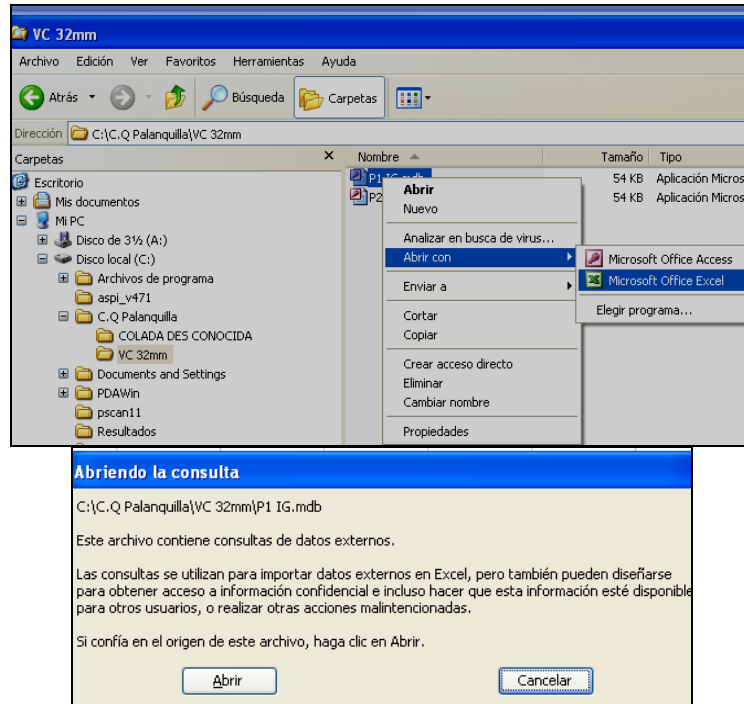


Fig. 6.22. Ventana Para abrir un archivo en Excel.

Fuente: Software PDA.

Seleccionamos la opción **QRDATA** y aceptamos, si se escoge la opción **QRLIST** se abre una página en Microsoft Excel pero tendremos los datos horizontalmente.

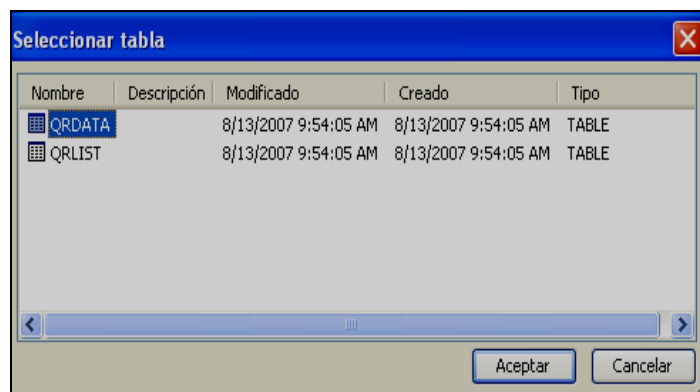


Fig. 6.23. Ventana para abrir datos.

Fuente: Software PDA.

Selección de tabla; Se nos despliega una página parecida a la siguiente

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	SeqNo	SubNo	DispEle	Content	RValue	Sigma	CV	AnaMark	RevMark
2	49	1	C	0.378	.00718	.00382	1.0100	0	0
3	49	2	Si	0.205	.00220	.00113	.55110	0	0
4	49	3	Mn	1.074	.01211	.00622	.57901	0	0
5	49	4	P	0.0178	.00090	.00046	2.5982	0	0
6	49	5	S	0.0182	.00105	.00053	2.9066	0	0
7	49	6	Ni	0.056	.00032	.00017	.30881	0	0
8	49	7	Cr	0.075	.00111	.00061	.81190	0	0
9	49	8	Mo	0.013	.00040	.00020	1.5214	0	0
10	49	9	Cu	0.123	.00744	.00374	3.0341	0	0
11	49	10	Sn	0.0141	.00113	.00061	4.3273	0	0
12	49	11	Al	0.011	.00050	.00028	2.4126	0	0
13	49	12	Nb	0.000	.00000	.00000	.00000	0	0
14	49	13	As	0.0004	.00068	.00034	83.016	0	0
15	49	14	Ti	0.0020	.00010	.00005	2.6123	0	0
16	49	15	V	0.002	.00067	.00034	15.656	0	0
17	49	16	B	0.0006	.00007	.00003	5.6033	0	0
18	49	17	Pb	0.0000	.00000	.00000	.00000	0	0
19	49	18	Sb	0.0080	.00033	.00016	2.0474	0	0
20	49	19	N	0.0115	.00059	.00029	2.5648	0	0
21	49	20	FeInt	7.148	.09903	.04998	.69917	0	0
22	49	21	Fe%	97.99	.02120	.01112	.01134	0	0

Fig. 6.24. Ventana de datos obtenidos en Excel.

Fuente: Software PDA.

Archivo en Microsoft Excel: a continuación explicaremos los datos obtenidos en la figura anterior:

SeqNo: Número de ensayo grabado en la secuencia que se indica.

SubNo: Orden en que se encuentra cada elemento químico.

DispEle: Elemento químico analizado.

Content: Porcentaje de elemento químico que contiene la muestra.

RValue: Error superior entre dos o más análisis, este valor es programado en el software y sirve para indicar un error superior al 10%.

Sigma: Desvío patrón entre los análisis.

CV: Coeficiente de variación entre los análisis.

Ana Mark: Cuando ocurre alguna indicación en el análisis la señal como **R, L, H**.

Rev Mark: Es la señal que indica cuando el resultado de análisis fue modificado por el operador.

Para realizar el reporte copiamos los datos que se presentan en la figura y pegamos en la plantilla correspondiente (LA-STEEL, Cr-Ni y Zn-PURO), ubicadas en C:/Espectrómetro.

SeqNo	SubNo	DispEle	Content	RValue	Sigma	CV	AnaMark	RevMark
1	186	1 C	0,393	,00689	,00369	,93947	0	0
2	186	2 Si	0,183	,00075	,00042	,23077	0	0
4	186	3 Mn	1,150	,00631	,00318	,27561	0	0
5	186	4 P	0,0110	,00052	,00027	,2,4752	0	0
6	186	5 S	0,0292	,00043	,00022	,78427	0	0
7	186	6 Ni	0,080	,00069	,00035	,43865	0	0
8	186	7 Cr	0,119	,00062	,00031	,26135	0	0
9	186	8 Mo	0,016	,00036	,00018	,1,1095	0	0
10	186	9 Cu	0,237	,00485	,00267	,1,1273	0	0
11	186	10 Sn	0,0087	,00035	,00018	,2,0958	0	0
12	186	11 Al	0,010	,00069	,00034	,3,1482	0	0
13	186	12 Nb	0,000	,00000	,00000	,00000	0	0
14	186	13 As	0,0006	,00057	,00029	,44,591	0	0
15	186	14 Ti	0,0013	,00002	,00001	,1,0537	0	0
16	186	15 V	0,000	,00017	,00008	,19,649	0	0
17	186	16 B	0,0005	,00001	,00000	,1,2366	0	0
18	186	17 Pb	0,0090	,00082	,00042	,4,7083	0	0
19	186	18 Sb	0,0000	,00000	,00000	,00000	0	0
20	186	19 N	0,0000	,00000	,00000	,00000	0	0
21	186	20 Felnt	7,400	,23073	,11646	,1,5719	0	0
22	186	21 Fe%	97,00	,01149	,00660	,00676	0	0

Fig. 6.25. Ventana para realizar un reporte.

Fuente: Software PDA.

6.6.3. Carga de chatarra

De los factores que más afectan la operación de horno de arco eléctrico, es la materia prima con la cual es alimentado. Por ejemplo, la chatarra que se carga al horno debe cumplir con características físicas tales como: densidad, tamaño, y además:

- Contenido residuales (Cu, Ni, Cr, Mo, Sn)
- Contenido de impurezas (P y S)
- Contenido de material no conductor (concreto, hule, madera)

Para tener un control de lo anterior se necesita:

- Inspección adecuada de la chatarra

Para realizar los cálculos de la chatarra, lograr un cierto tonelaje de acero líquido, cargar la mezcla adecuada de chatarra se requiere:

- Conocer la composición química del acero a producir (nivel de elementos residuales especificados).
- Conocer la composición aproximada de la chatarra (contenido de Cu, Ni, Cr, Mo, Sn, etc).
- Conocer el rendimiento metálico (tonelaje de acero líquido/tonelaje chatarra metálica).

Se realizó un muestreo de la chatarra que se tiene en los patios de NOVACERO específicamente en la nave acería. Para el análisis se utilizó el espectrómetro de emisión óptica, que se encuentra en el laboratorio de control de calidad.

Tabla 6.6. Cálculo de carga de chatarra.

CÁLCULO DE CARGA DE CHATARRA											
Abundancia(%)	30		25		5		30		10		100
Toneladas	16,5		13,75		2,75		16,5		5,5		55
CODIGO	PESADA TROCEADO		FRAGMENTADA		PACAS		CIZALLADA		MENUDECIA		Total
DispEe	%	Tn	%	Tn	%	Tn	%	Tn	%	Tn	Tn
C	0,2634	0,0435	0,3887	0,0534	0,2852	0,0078	0,3174	0,0524	0,3812	0,0210	0,1781
Si	0,3896	0,0643	0,4134	0,0568	0,4142	0,0114	0,4152	0,0685	0,4968	0,0273	0,2283
Mn	0,7226	0,1192	0,4802	0,0660	0,5460	0,0150	0,7930	0,1308	0,8006	0,0440	0,3751
P	0,03546	0,0059	0,0287	0,0040	0,0214	0,0006	0,0198	0,0033	0,0110	0,0006	0,0143
S	0,02674	0,0044	0,0224	0,0031	0,0162	0,0004	0,0148	0,0024	0,0198	0,0011	0,0115
Ni	0,1514	0,0250	0,1124	0,0155	0,0798	0,0022	0,0548	0,0090	0,0318	0,0017	0,0534
Cr	0,1002	0,0165	0,0840	0,0116	0,1218	0,0033	0,0456	0,0075	0,0542	0,0030	0,0419
Mo	0,087	0,0144	0,0770	0,0106	0,0752	0,0021	0,0458	0,0076	0,1066	0,0059	0,0404
Cu	0,02238	0,0037	0,0359	0,0049	0,0091	0,0002	0,0053	0,0009	0,0045	0,0002	0,0100
Sn	0,169	0,0279	0,0250	0,0034	0,0382	0,0011	0,0298	0,0049	0,0206	0,0011	0,0384
Al	0,107	0,0177	0,1060	0,0146	0,1530	0,0042	0,0584	0,0096	0,2568	0,0141	0,0602
Nb	0,0156	0,0026	0,0060	0,0008	0,0166	0,0005	0,0034	0,0006	0,0100	0,0006	0,0050
As	0,00212	0,0003	0,0020	0,0003	0,0017	0,0000	0,0009	0,0001	0,0045	0,0002	0,0011
Ti	0,023	0,0038	0,0030	0,0004	0,0014	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0042
V	0,03706	0,0061	0,0056	0,0008	0,0071	0,0002	0,0105	0,0017	0,0132	0,0007	0,0095
B	0,03866	0,0064	0,0135	0,0019	0,0170	0,0005	0,0092	0,0015	0,0105	0,0006	0,0108
Pb	0,00374	0,0006	0,0267	0,0037	0,0005	0,0000	0,0013	0,0002	0,0005	0,0000	0,0045
Sb	0,0025	0,0004	0,0001	0,0000	0,0011	0,0000	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000	0,0005
N	0,03096	0,0051	0,0039	0,0005	0,0185	0,0005	0,0044	0,0007	0,0036	0,0002	0,0071
Fe%	97,2825	16,0516	98,4080	13,5311	95,5940	2,6288	97,8420	16,1439	97,5020	5,3626	53,7181
										TOTAL Tn	54,8125

Fuente: Eduardo Villegas

CÁLCULO DE CARGA EN EL HORNO ELÉCTRICO

Tabla 6.7. Porcentaje de tonelaje de chatarra.

		ORDEN DE CARGA EN EL HORNO			
			%	Tn	
CHATARRA GENERAL	EN	Chatarra. de transformación	PESADA TROCEADO	30	16,5
		Chatarra. de Transformación	FRAGMENTADA	25	13,75
		Chatarra reciclada	PACAS	5	2,75
		Chatarra. de Transformación	CIZALLADA	30	16,5
		Chatarra. de transformación	MENUDECENCIA	10	5,5
		TOTAL	100	55	

Fuente: Eduardo Villegas

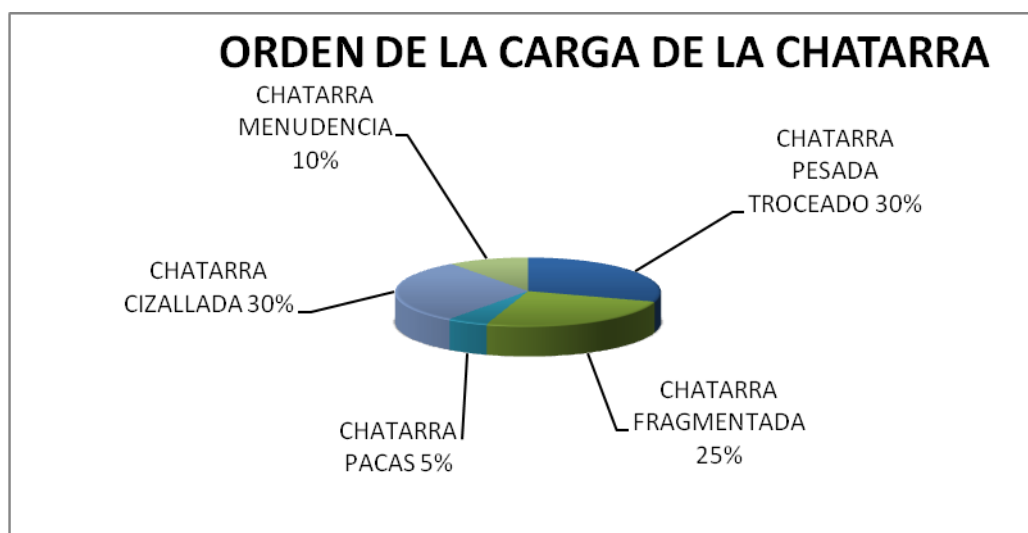


Grafico 6.1. Orden de carga de chatarra.

Fuente: Eduardo Villegas

6.6.3.1. Cálculo de la mezcla de chatarra

Se realiza un modelo de cálculo de chatarra que ingresara al horno de fundición de arco eléctrico para una cantidad de 50 toneladas en donde se obtendrá el peso de los diferentes tipos de chatarra en tonelajes aproximados.

Datos:

Acero líquido a producir: 50 Ton

Rendimiento metálico:

Chatarra A: 91 %

Chatarra B: 90%

Contenido de hierro total:

Chatarra A: 98%

Chatarra B: 97%

Ecuación (6.1)

$$\text{Peso de chatarra} = \frac{\text{Acero líquido a producir}}{\text{Promedio rendimiento metálico} \times \text{Promedio de hierro total}}$$

$$\text{Peso de chatarra} = \frac{50 \text{Ton}}{0.905 \times 0.97} = 56.96 \text{Ton}$$

Análisis del acero a producir (contenido de elementos residuales)

$$Cr + Mo = 0.26 - 0.30$$

$$Ni + Cu = 0.62 - 0.70$$

Contenido de residuales en la chatarra:

$$\text{Chatarra A: } Cr + Mo = 0.19$$

$$Ni + Cu = 0.40$$

$$\text{Chatarra B: } Cr + Mo = 0.15$$

$$Ni + Cu = 0.84$$

$$\text{Acero líquido chatarra A} + \text{Acero líquido chatarra B} = 50 \text{Ton}$$

$$\text{Peso máximo de Ni + Cu en el acero} = \text{peso de acero líquido (Kg)} \times \frac{\%(Ni + Cu)}{100}$$

$$((Ni + Cu)/100) \times A + ((Ni + Cu)/100) \times B = 350Kg$$

$$\frac{(0.40)}{100} \times A + \frac{(0.84)}{100} \times B = 350Kg$$

$$0.004 \times A + 0.0084 \times B = 350Kg$$

$$0.004 \times A = 350 - 0.0084 \times B \quad \text{Ecuación (6.2)}$$

$$(Rendimiento\ metálico\ A) \times (Contenido\ de\ hierro\ A) \times A + (Rendimiento\ metálico\ B) \times (Contenido\ de\ hierro\ B) \times B = 50000Kg$$

$$(0.91)(0.98) \times A + (0.90)(0.97) \times B = 50000Kg \quad \text{Ecuación (6.3)}$$

De ecuación (6.2) se despeja A

$$A = \frac{350 - 0.0084B}{0.0040}$$

$$A = 87500 - 2.1B \quad \text{Ecuación (6.4)}$$

Sustituyendo A en ecuación (2)

$$0.89(87500 - 2.1B) + 0.873B = 50000Kg$$

$$77875 - 1.869B + 0.873B = 50000Kg$$

$$77875 - B = 50000Kg$$

$$B = 77875 - 50000$$

$$B = 27875Kg$$

Sustituyendo el valor de B en la ecuación (6.2) se tiene:

$$A = 87500 - 2.1(27875)$$

$$A = 87500 - 58537.5$$

$$A = 28962.5 Kg$$

Peso de la Chatarra A= 29 Ton

Peso de la Chatarra B= 28Ton

$$\text{Chatarra total} = A + B$$

$$= 29\text{Ton} + 28\text{Ton} = 57 \text{ Ton}$$

Comprobación:

$$\text{Peso Cu + Ni en chatarra A} = 29\text{Ton} \times \frac{0.40}{100} = 116\text{Kg}$$

$$\text{Peso Cu + Ni en chatarra B} = 28\text{Ton} \times \frac{0.84}{100} = 235.2\text{Kg}$$

$$\text{Peso total de Cu + Ni} = 116\text{Kg} + 235.2\text{Kg} = 351.2 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso máximo de Cu + Ni Aceptado} = 351\text{Kg}$$

El buen control en el patio de chatarra, debe ir acompañada con una buena práctica de carga en el horno.

Al Cargar la chatarra se debe considerar:

- a) Altura de la tolva.
- b) Centrado de la tolva.

La altura de la tolva se refiere a la distancia entre la parte inferior de la tolva y la parte superior del horno. Esta distancia debe ser de 1 metro mínimo, se debe tomar en cuenta:

- Diseño de la tolva.
- Diámetro del horno.

Se debe lograr una buena distribución de la chatarra en el horno, la altura de chatarra no debe exceder la parte superior del horno, esto se controla considerando lo siguiente:

- Preparación adecuada de la tolva en el patio de chatarra.

- Recargando oportunamente el horno.

El tener cargas altas provoca, demoras, pérdidas de calor, daños de refractario, daños de la tapa por radiaciones, riesgo de ruptura de los electrodos, daños al piso por rápida penetración, tiempo largo de profundización.

Profundización comprende:

Inicio del arco, penetración de electrodos, formación de hoyos con profundidad igual a 1.5 a 2 veces el diámetro de los electrodos.

La potencia debe ser baja de 50 a 60 % de la potencia máxima instalada

Velocidad de profundización, se debe calcular:

$$V = \frac{1.75}{D^2 \times d}$$

Ecuación (6.5)

Donde:

V = velocidad de penetración

P = Potencia de arco (kwh por fase)

D = Diametro nominal de los electrodos

d = Densidad aparente de la chatarra

En todo momento se toman muestras de la colada, el exceso de algunos elementos influye en las características y propiedades mecánicas como el carbono, que es responsable de dar la dureza y alta resistencia al acero.

El azufre y el fósforo, se consideran como impurezas, son elementos perjudiciales en los aceros, ya que reduce la ductilidad y la resistencia al impacto, el azufre no permite soldar ya que produce porosidades en los aceros.

La temperatura es de vital importancia para que se realicen las diferentes reacciones químicas dentro del horno.

6.6.4. Cálculo de elementos aleantes y ferroaleaciones

Luego de haber enviado al laboratorio las primeras muestras de acero cuando ha alcanzado una temperatura de 1560 °C, para el ensayo respectivo y conociendo su valor de composición química se debe realizar los cálculos de ferroaleaciones que se debe agregar al acero para alcanzar una composición química dentro de rangos establecidos. Para esto debe conocer los puntos que aporta cada elemento, estos cálculos se los deben hacer según el resultado que nos envíe el laboratorio, conocida la composición química actual se deberá aumentar o reducir dependiendo del caso, para obtener un acero dentro de rangos establecidos.

6.6.4.1. Especificación de ferromanganeso bajo carbón

Tabla 6.8. Especificación de Ferromanganeso bajo carbón.

FERROMANGANESO BAJO CARBONO ESPECIFICACIONES TÉCNICAS FERROMANGANESO		
Descripción del material	Ferromanganeso bajo carbono	
COMPOSICIÓN:	(L.C.FeMn)	RANGO
	MANGANESO	(85.0-90%)
	SILICIO	2.00%max
	CARBONO	0.75%max
	FÓSFORO	0.30%max

Fuente: Eduardo Villegas

6.6.4.2. Especificación de ferrosilicio

Tabla 6.9. Especificación de Ferrosilicio.

FERROSILICIO 75% (FeSi) ESPECIFICACIONES TÉCNICAS FERROSILICIO		
Descripción del material	Ferro silicio	
COMPOSICIÓN:	(FeSi)	RANGO
	SILICIO	(74.0-79.0%)
	AZUFRE	0.025%max
	MANGANESO	0.40%max
	ALUMINIO	1.50%max
	FÓSFORO	0.035%max

Fuente: Eduardo Villegas

6.6.4.3. Especificación de ferromanganeso alto carbono

Tabla 6.10. Especificación de Ferromanganeso alto carbono.

FERROMANGANESO ALTO CARBÓN		
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS FERROMANGANESO		
Descripción del material	Ferromanganeso alto carbón	
COMPOSICIÓN:	(H.C.FeMn)	RANGO
	MANGANESO	(76.0-79%)
	SILICIO	1.200%max
	CARBÓN	7.5%max
	FÓSFORO	0.35%max

Fuente: Eduardo Villegas

6.6.4.4. Cálculos de aporte de ferroaleaciones

Tabla 6.11. Cálculos de aporte de ferroaleaciones

Elemen.	CHATARRA		GANANCIAS				CAL		Carbón		PÉRDIDAS		Composición química deseada			
	Tn	Kg	Ferrosilicio		Ferromanganeso(B.C.)		%	Kg	%	Kg	gases	Escoria	Suma de esc + gases	%	Kg	
	TOTAL		150 Kg	600 Kg	3300 Kg	700 Kg	1500 Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg	Kg			
C	0,18	178,08			0,70	4,20			98,00	686,00	12,80	736,38	749,18	0,20	119,10	
Si	0,23	228,35	75,00	112,50	2,00	12,00		24,75			17,59	264,73	282,32	0,16	95,28	
Mn	0,38	375,15	0,40	0,60	85,00	510,00					29,98	528,25	558,23	0,55	327,52	
P	0,01	14,26	0,04	0,05	0,30	1,80					1,07	3,14	4,21	0,02	11,91	
S	0,01	11,47	0,03	0,04							9,34	-6,76	2,58	0,02	8,93	
Ni	0,05	53,42		0,00								33,65	33,65	0,03	19,77	
Cr	0,04	41,94		0,00								-6,52	-6,52	0,08	48,46	
Mo	0,04	40,43		0,00								0,00	0,00	0,01	4,94	
Cu	0,01	9,99		0,00								-29,43	-29,43	0,07	39,42	
Sn	0,04	38,42		0,00								34,90	34,90	0,01	3,52	
Al	0,06	60,20	1,50	2,25							4,50	51,40	55,90	0,01	6,55	
Nb	0,00	4,97		0,00								0,00	0,00	0,00	1,89	
As	0,00	1,06		0,00								-0,40	-0,40	0,00	1,46	
Ti	0,00	4,24		0,00								3,47	3,47	0,00	0,77	
V	0,01	9,53		0,00								8,76	8,76	0,00	0,77	
B	0,01	10,80		0,00								10,44	10,44	0,00	0,36	
Pb	0,00	4,53		0,00								39,92	-36,08	3,84	0,00	0,69
Sb	0,00	0,47		0,00								0,47	0,47	0,00	0,00	
N	0,01	7,08		0,00								7,08	7,08	0,00	0,00	
Fe%	53,72	53718,09	23,04	34,56	12,00	72,00		24,75			249,00	-4161,39	-3912,39	97,00	57761,78	
Ca		0,00						1904,30			47,17	1857,13	1904,30			
Mg		0,00						353,19			29,61	323,58	353,19			
Zn		0,00									211,69	-211,69	0,00			
Cd		0,00									0,36	-0,36	0,00			
O		0,00						992,76			126,10	866,66	992,76			
TOTAL	54,81	54812,48		150,00		600,00		3299,75		686,00	779,13	277,41	1056,54		58453,13	
													SUMA DE TOTALES		58491,69	
													rendimiento real		106,71	
													total carg		59548,23	
													TOTAL A CARGAR	Kg	59509,66	

Fuente: Eduardo Villegas

6.6.4.5. Cálculos referenciales de los puntos que aporta cada elemento

A continuación se muestran unas tablas de cálculo de los puntos a subir, o los puntos que aportan las ferroaleaciones sean estos en carbono, manganeso, silicio, dependiendo de los kilogramos que se aporte a la colada.

Tabla 6.12. Puntos que aporta en fe-Si-Mn

Fe-Si-Mn Para 42 Tn			
Puntos Mn a subir	Kg de FeSiMn	Puntos Si Aportados	Puntos C Aportados
1	8,5	0,30	0,02
2	17,0	0,59	0,04
3	25,4	0,89	0,06
4	33,9	1,19	0,09
5	42,4	1,49	0,11
6	50,9	1,78	0,13
7	59,3	2,08	0,15
8	67,8	2,38	0,17
9	76,3	2,68	0,19
10	84,8	2,97	0,21
11	93,3	3,27	0,24
12	101,7	3,57	0,26
13	110,2	3,87	0,28
14	118,7	4,16	0,30
15	127,2	4,46	0,32
16	135,7	4,76	0,34
17	144,1	5,06	0,36
18	152,6	5,35	0,38
19	161,1	5,65	0,41
20	169,6	5,95	0,43
21	178,0	6,25	0,45
22	186,5	6,54	0,47
23	195,0	6,84	0,49
24	203,5	7,14	0,51
25	212,0	7,44	0,53
26	220,4	7,73	0,56
27	228,9	8,03	0,58
28	237,4	8,33	0,60
29	245,9	8,63	0,62
30	254,3	8,92	0,64
31	262,8	9,22	0,66
32	271,3	9,52	0,68
33	279,8	9,82	0,71
34	288,3	10,11	0,73
35	296,7	10,41	0,75
36	305,2	10,71	0,77
37	313,7	11,01	0,79
38	322,2	11,30	0,81
39	330,6	11,60	0,83
40	339,1	11,90	0,85
41	347,6	12,20	0,88
42	356,1	12,49	0,90
43	364,6	12,79	0,92
44	373,0	13,09	0,94
45	381,5	13,39	0,96
46	390,0	13,68	0,98
47	398,5	13,98	1,00
48	407,0	14,28	1,03
49	415,4	14,57	1,05
50	423,9	14,87	1,07
51	432,4	15,17	1,09
52	440,9	15,47	1,11
53	449,3	15,76	1,13
54	457,8	16,06	1,15
55	466,3	16,36	1,18
56	474,8	16,66	1,20
57	483,3	16,95	1,22
58	491,7	17,25	1,24
59	500,2	17,55	1,26
60	508,7	17,85	1,28
61	517,2	18,14	1,30
62	525,6	18,44	1,32
63	534,1	18,74	1,35
64	542,6	19,04	1,37
65	551,1	19,33	1,39
66	559,6	19,63	1,41
67	568,0	19,93	1,43
68	576,5	20,23	1,45
69	585,0	20,52	1,47
70	593,5	20,82	1,50
71	601,9	21,12	1,52
72	610,4	21,42	1,54
73	618,9	21,71	1,56
74	627,4	22,01	1,58
75	635,9	22,31	1,60
76	644,3	22,61	1,62
77	652,8	22,90	1,65
78	661,3	23,20	1,67
79	669,8	23,50	1,69
80	678,3	23,80	1,71
81	686,7	24,09	1,73
82	695,2	24,39	1,75
83	703,7	24,69	1,77
84	712,2	24,99	1,79
85	720,6	25,28	1,82
86	729,1	25,58	1,84
87	737,6	25,88	1,86
88	746,1	26,18	1,88
89	754,6	26,47	1,90
90	763,0	26,77	1,92

Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 6.13. Puntos que aporta el Fe-Mn

Fe-Mn Para 42 Tn			
Puntos Mn a subir	Kg de FeMn	Puntos C Aportados	Puntos Si Aportados
1	7,11	0,05	0,01
2	14,22	0,10	0,03
3	21,34	0,15	0,04
4	28,45	0,20	0,06
5	35,56	0,26	0,07
6	42,67	0,31	0,08
7	49,79	0,36	0,10
8	56,90	0,41	0,11
9	64,01	0,46	0,12
10	71,12	0,51	0,14
11	78,24	0,56	0,15
12	85,35	0,61	0,17
13	92,46	0,67	0,18
14	99,57	0,72	0,19
15	106,69	0,77	0,21
16	113,80	0,82	0,22
17	120,91	0,87	0,24
18	128,02	0,92	0,25
19	135,14	0,97	0,26
20	142,25	1,02	0,28
21	149,36	1,08	0,29
22	156,47	1,13	0,31
23	163,58	1,18	0,32
24	170,70	1,23	0,33
25	177,81	1,28	0,35
26	184,92	1,33	0,36
27	192,03	1,38	0,37
28	199,15	1,43	0,39
29	206,26	1,49	0,40
30	213,37	1,54	0,42
31	220,48	1,59	0,43
32	227,60	1,64	0,44
33	234,71	1,69	0,46
34	241,82	1,74	0,47
35	248,93	1,79	0,49
36	256,05	1,84	0,50
37	263,16	1,89	0,51
38	270,27	1,95	0,53
39	277,38	2,00	0,54
40	284,50	2,05	0,55
41	291,61	2,10	0,57
42	298,72	2,15	0,58
43	305,83	2,20	0,60
44	312,94	2,25	0,61
45	320,06	2,30	0,62
46	327,17	2,36	0,64
47	334,28	2,41	0,65
48	341,39	2,46	0,67
49	348,51	2,51	0,68
50	355,62	2,56	0,69
51	362,73	2,61	0,71
52	369,84	2,66	0,72
53	376,96	2,71	0,74
54	384,07	2,77	0,75
55	391,18	2,82	0,76
56	398,29	2,87	0,78
57	405,41	2,92	0,79
58	412,52	2,97	0,80
59	419,63	3,02	0,82
60	426,74	3,07	0,83
61	433,85	3,12	0,85
62	440,97	3,17	0,86
63	448,08	3,23	0,87
64	455,19	3,28	0,89
65	462,30	3,33	0,90
66	469,42	3,38	0,92
67	476,53	3,43	0,93
68	483,64	3,48	0,94
69	490,75	3,53	0,96
70	497,87	3,58	0,97
71	504,98	3,64	0,98
72	512,09	3,69	1,00
73	519,20	3,74	1,01
74	526,32	3,79	1,03
75	533,43	3,84	1,04
76	540,54	3,89	1,05
77	547,65	3,94	1,07
78	554,77	3,99	1,08
79	561,88	4,05	1,10
80	568,99	4,10	1,11
81	576,10	4,15	1,12
82	583,21	4,20	1,14
83	590,33	4,25	1,15
84	597,44	4,30	1,17
85	604,55	4,35	1,18
86	611,66	4,40	1,19
87	618,78	4,46	1,21
88	625,89	4,51	1,22
89	633,00	4,56	1,23
90	640,11	4,61	1,25

Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 6.14. Puntos que aporta el Fe-Si

Fe-Si Para 42 Tn		
Puntos Si a subir	Kg de FeSi	Puntos C Aportados
1	10,26	0,00
2	20,51	0,00
3	30,77	0,00
4	41,03	0,00
5	51,28	0,00
6	61,54	0,00
7	71,79	0,00
8	82,05	0,00
9	92,31	0,00
10	102,56	0,00
11	112,82	0,00
12	123,08	0,00
13	133,33	0,00
14	143,59	0,00
15	153,85	0,00
16	164,10	0,00
17	174,36	0,00
18	184,62	0,00
19	194,87	0,00
20	205,13	0,00
21	215,38	0,00
22	225,64	0,00
23	235,90	0,00
24	246,15	0,00
25	256,41	0,00
26	266,67	0,00
27	276,92	0,00
28	287,18	0,00
29	297,44	0,00
30	307,69	0,00
31	317,95	0,00
32	328,21	0,00
33	338,46	0,00
34	348,72	0,00
35	358,97	0,00
36	369,23	0,00
37	379,49	0,00
38	389,74	0,00
39	400,00	0,00
40	410,26	0,00
41	420,51	0,00
42	430,77	0,00
43	441,03	0,00
44	451,28	0,00
45	461,54	0,00
46	471,79	0,00
47	482,05	0,00
48	492,31	0,00
49	502,56	0,00
50	512,82	0,00
51	523,08	0,00
52	533,33	0,00
53	543,59	0,00
54	553,85	0,00
55	564,10	0,00
56	574,36	0,00
57	584,62	0,00
58	594,87	0,00
59	605,13	0,00
60	615,38	0,00
61	625,64	0,00
62	635,90	0,00
63	646,15	0,00
64	656,41	0,00
65	666,67	0,00
66	676,92	0,00
67	687,18	0,00
68	697,44	0,00
69	707,69	0,00
70	717,95	0,00
71	728,21	0,00
72	738,46	0,00
73	748,72	0,00
74	758,97	0,00
75	769,23	0,00
76	779,49	0,00
77	789,74	0,00
78	800,00	0,00
79	810,26	0,00
80	820,51	0,00
81	830,77	0,00
82	841,03	0,00
83	851,28	0,00
84	861,54	0,00
85	871,79	0,00
86	882,05	0,00
87	892,31	0,00
88	902,56	0,00
89	912,82	0,00
90	923,08	0,00

Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 6.15. Puntos que aporta la antracita

Antracita Para 42 Tn	
Puntos C a subir	Kg de Antracita
1	7,2
2	14,4
3	21,6
4	28,9
5	36,1
6	43,3
7	50,5
8	57,7
9	64,9
10	72,2
11	79,4
12	86,6
13	93,8
14	101,0
15	108,2
16	115,4
17	122,7
18	129,9
19	137,1
20	144,3
21	151,5
22	158,7
23	165,9
24	173,2
25	180,4
26	187,6
27	194,8
28	202,0
29	209,2
30	216,5
31	223,7
32	230,9
33	238,1
34	245,3
35	252,5
36	259,7
37	267,0
38	274,2
39	281,4
40	288,6
41	295,8
42	303,0
43	310,2
44	317,5
45	324,7
46	331,9
47	339,1
48	346,3
49	353,5
50	360,8
51	368,0
52	375,2
53	382,4
54	389,6
55	396,8
56	404,0
57	411,3
58	418,5
59	425,7
60	432,9
61	440,1
62	447,3
63	454,5
64	461,8
65	469,0
66	476,2
67	483,4
68	490,6
69	497,8
70	505,1
71	512,3
72	519,5
73	526,7
74	533,9
75	541,1
76	548,3
77	555,6
78	562,8
79	570,0
80	577,2
81	584,4
82	591,6
83	598,8
84	606,1
85	613,3
86	620,5
87	627,7
88	634,9
89	642,1
90	649,4

Fuente: Eduardo Villegas

Tabla 6.16. Rendimiento de las Ferroaleaciones

RENDIMIENTOS DE FERROALEACIONES										
Aleación	Contenido %					Recuperación en Cuchara %				
	Mn	Si	C	Nb	V	Mn	Si	C	Nb	V
FeMn	74	1,5	4			95	65	90		
FeSi		75					65			
FeSiMn	67,4	17,9	1,4			87,5	98	90		
Antrasita			77					90		
Carburo de silicio		59,4	25,9				90	90		
Lote brazil		59,5	25,9							
lote mexico		54	29							
FeNb				66,23					95	
FeV					85					95

Fuente: Eduardo Villegas

Para calcular los puntos que aporta cada elemento se tiene la siguiente fórmula:

$$Kg \text{ de aporte} = \frac{1000 * (\text{puntos subir}) * (\text{tonelaje de horno})}{(\text{rendimiento ferroaleación} * \text{recuperación en cuchara})} \quad \text{Ecuación (6.6)}$$

Luego de haber pasado la fase de afino, se procede a tomar una muestra del interior de la colada. Se vierte la muestra en un molde en coquilla, se espera unos minutos para que se enfríe y está listo para ser analizado. Según los resultados que se obtenga se proceden a comparar con valores establecidos por las norma internacionales, luego se lleva a cabo las correcciones necesarias para acomodar la composición química del metal fundido.

6.6.5. Análisis de ferroaleaciones y escoria

Para el análisis de ferroaleaciones y escoria se utiliza un espectrómetro de rayos X EDX-720. Antes de presentar los resultados de los ensayos se describe el funcionamiento de este equipo y la forma de preparación de muestras.



Fig. 6.26. Espectrómetro de Rayos X.

Fuente: Eduardo Villegas

6.6.5.1. Descripción del software; espectrómetro de rayos X

EDX software, es un programa que sirve de nexo entre el espectrómetro de Rayos X y el computador, es muy simple y sencillo para su manipulación, facilitando el manejo del mismo. Entre las funciones del programa tenemos: Creación de curvas de calibración, análisis cuantitativos con curvas de calibración, análisis cualitativos, etc. **Encender el tubo de rayos X.:** En el menú “Maintenace” dar click sobre el botón “InstrumentSetup...”. Aparecerá el siguiente menú:

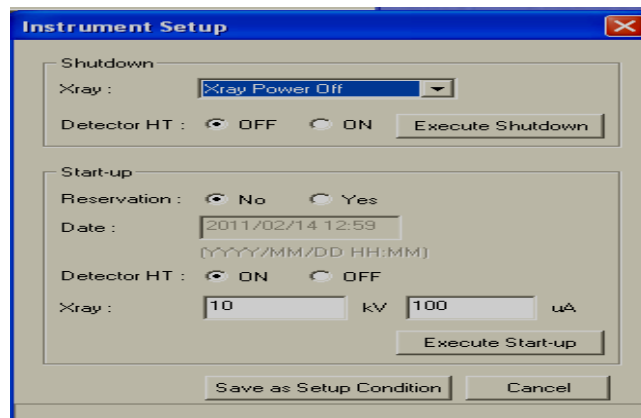


Fig. 6.27. Ventana de inicio del programa Instrumental Setup.

Fuente: Software EDX.

Dar click sobre el botón “Execute start-up”, esperar 15 minutos hasta que el tubo de RX se caliente, cerrar las ventanas de “Instrument Setup” y “Maintenace”, abrir el menú para realizar análisis, dar click sobre el ícono de “Analysis” que se encuentra en el “Main Menu”, aparecerá la siguiente pantalla:

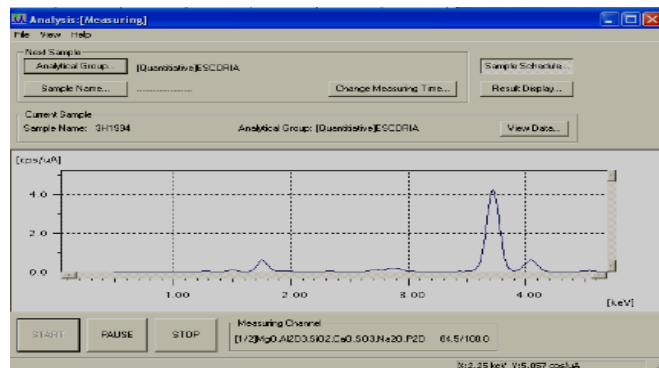


Fig. 6.28. Ventana del menu principal.

Fuente: Software EDX.

Registrar las muestras en el equipo, en el menú de análisis, dar click sobre el botón “Sample Schedule”, donde aparecerá la siguiente pantalla:

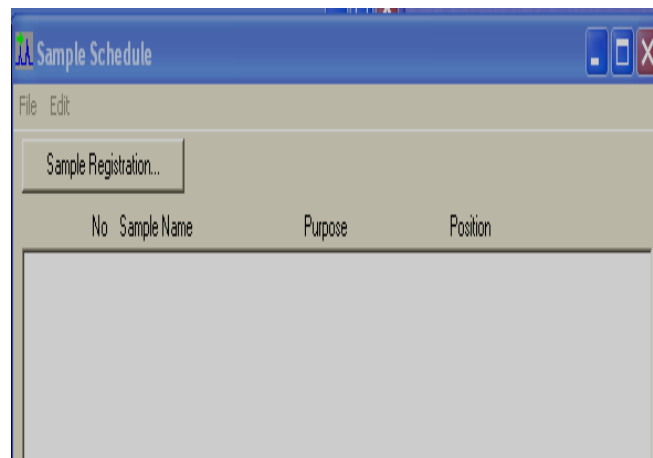


Fig. 6.29. Ventana de registro de muestras

Fuente: Software EDX

En la pantalla de “Sample Schedule” dar click sobre el botón “Sample Registration”. Se abrirá el siguiente cuadro de dialogo que se muestra a continuación:

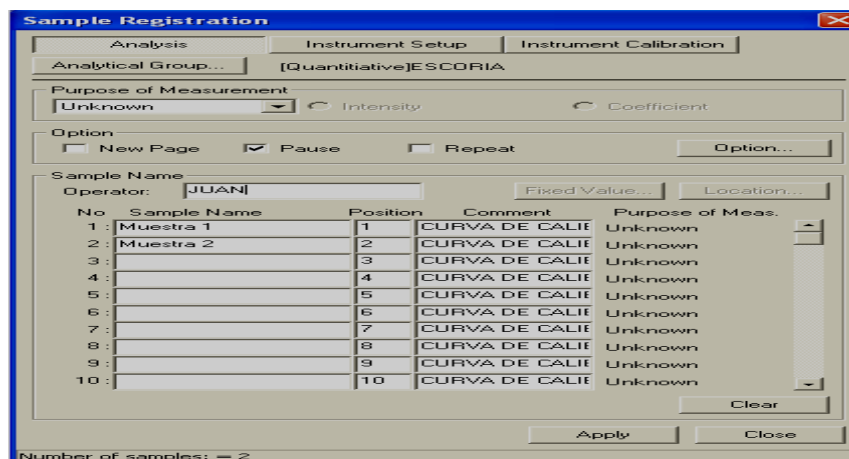


Fig. 6.30. Ventana de ingreso de datos.

Fuente: Software EDX.

Llenar los datos de nombre de muestras “Sample Name”, nombre del operador “Operator” y algún comentario en especial de cada muestra “Comment”.

Seleccionar el grupo para un análisis cualitativo, dar click sobre el botón “Analytical Group” del menú “Sample Registration”, aparecerá la siguiente pantalla:

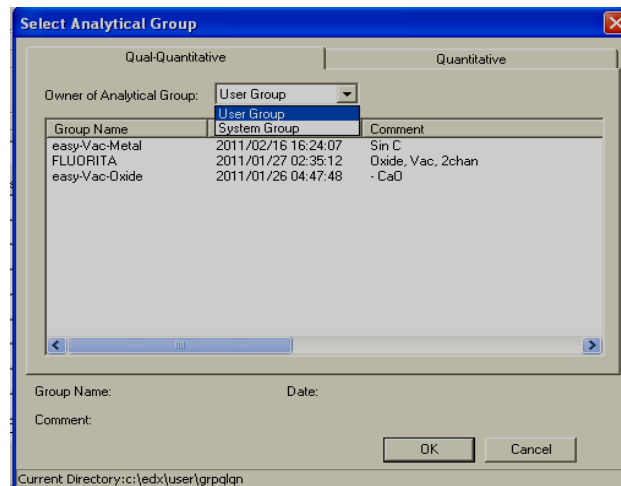


Fig. 6.31. Ventana de selección del grupo de Análisis

Fuente: Software EDX

Dar clic sobre la pestaña “Qual-Quantitative”, seleccionar el autor del método. Si se desea utilizar los métodos creados por el usuario, dar click sobre la pestaña de “Owner of Analytical Group” y seleccionar “User Group”, si se desea utilizar un método predeterminado por el programa, seleccionar “System Group”.

Una vez seleccionado el autor, de la lista que se despliegue seleccionar el método que se va a utilizar, dar click en el botón “OK”, seleccionar el grupo para un análisis cuantitativo, dar click sobre el botón “Analytical Group” del menú “Sample Registration”.

Dar click sobre la pestaña “Quantitative”, de la lista que se despliegue seleccionar el método que se va a utilizar, dar click en el botón “OK”, triturar las muestras, para realizar ensayos con muestras en polvo, en el mortero moler las muestras hasta obtener un polvo fino, remover el exceso de hierro de la escoria

Pasar un imán por la muestra en polvo de la escoria para remover el exceso de hierro de la muestra. Preparar las muestras en polvo o líquido, desarmar el porta muestras como se muestra en la figura quitando todos los anillos:

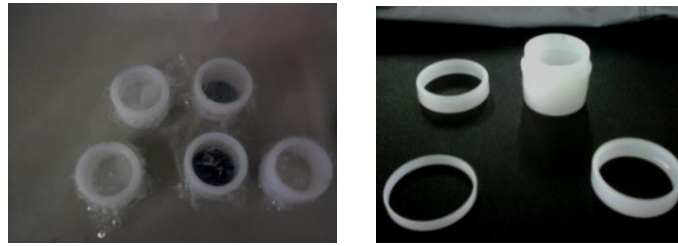


Fig. 6.32. Porta muestras para el ensayo.

Fuente: Eduardo Villegas.

Cortar un pedazo del filme de polipropileno de 5 μm .



Fig. 6.33. Polipropileno de 5 μm .

Fuente: Eduardo Villegas.

Colocar el filme sobre el porta muestras, ajustarlo colocando el anillo delgado y el anillo superior, colocar la muestra en polvo o líquido dentro del porta muestras, colocar un pedazo de plástico como tapa y asegurarlo con el anillo de seguridad, realizar unos pequeños agujeros en el plástico de la tapa. Poner las muestras en el equipo. Dar click sobre el botón “Apply” del menú de “Sample Registration”, abrir la compuerta del equipo, manteniendo aplastado el botón “Open” que se encuentra en la parte frontal del equipo.

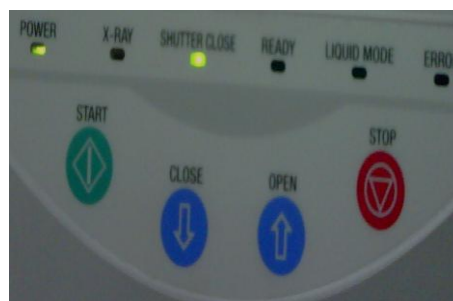


Fig. 6.34. Botones de inicio y paro de la Máquina.

Fuente: Eduardo Villegas.

Utilizando el botón “OPEN” de la opción “Cover” del menú “Manual Control”.

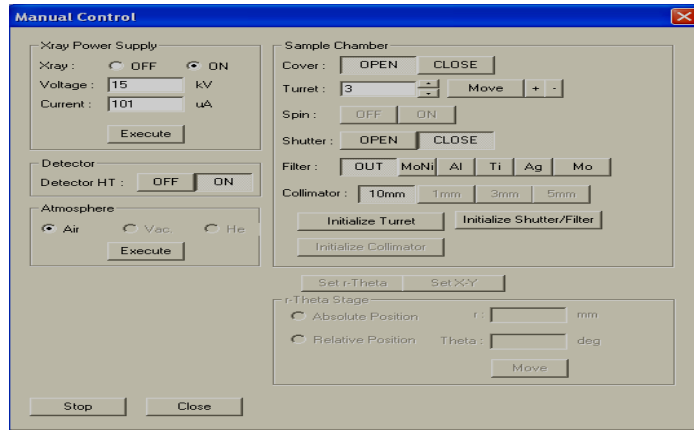


Fig. 6.35. Ventana de control manual.

Fuente: Software EDX.

Para abrir el menú “Manual Control” se da click sobre el botón “Manual Control” del menú “Maintenace”. Se colocan las muestras en el orden en que se las ingresó en el programa y se cierra la compuerta manteniendo aplastado el botón “Close” que se encuentra en la parte frontal del equipo o aplastando el botón “Close” del menú “Manual Control”, iniciar el ensayo. Aplastar el botón “Start” que se encuentra en la parte frontal del equipo, o el botón en el menú “Analysis” como se muestra en la figura:



Fig. 6.36. Ventana de inicio del ensayo

Fuente: Software EDX

Los resultados se mostrarán de la siguiente manera:

Last Result		Recent Result	
====[Base]=====	Base	>	
Mg0	18.378 %	(0.218) Quan-EC	MgKa 0.3946
Al203	8.786 %	(0.065) Quan-EC	AlKa 1.0228
S102	22.278 %	(0.053) Quan-EC	S1Ka 7.3672
Ca0	44.050 %	(0.041) Quan-EC	CaKa 67.9883
Mn0	1.025 %	(0.006) Quan-EC	MnKa 9.8577
Fe203	1.589 %	(0.011) Quan-EC	FeKa 40.4244
S03	0.429 %	(0.004) Quan-EC	S Ka 0.6686
Na20	0.007 %	(0.001) Quan-EC	NaKa 0.0012
P205	0.221 %	(0.013) Quan-EC	P Ka 0.5743
K20	-0.061 %	(-0.007) Quan-EC	K Ka 0.0870
Ti02	0.592 %	(0.008) Quan-EC	TiKa 2.1176
V205	0.111 %	(0.004) Quan-EC	V Ka 0.4711
Cr203	0.037 %	(0.007) Quan-EC	CrKa 0.6572

Fig. 6.37. Ventana de muestra de resultados

Fuente: Software EDX

Abrir el ensayo, una vez realizado el análisis, todos los datos son guardados en el programa. Estos pueden ser abiertos aplastando el ícono “DATA” del menú principal, donde aparecerá el siguiente menú:

Sample	Date	Operator	Comment	Group
ANTRACITA INSUFLA	2011/02/16 17:59:16		COORPORACION MINERA LEO	Antracita
ANTRACITA AJUSTE	2011/02/16 17:52:32		10/02/2011, CORPORACION MINE...	Antracita
ANTRACITA CARGA	2011/02/16 17:42:50		20/01/2011, CARBOIN SAC	Antracita
ANTRACITA CARGA	2011/02/16 17:32:15		20/01/2011, CARBOIN SAC	Antracita
ANTRACITA AJUSTE	2011/02/16 17:32:18	Caterine Donoso	10/02/2011, Proveedor CORPORACI...	Antracita
ANTRACITA CARGA	2011/02/16 17:08:49	Caterine Donoso	20/01/2011, CARBOINSAC	Antracita
SUS	2011/02/14 14:07:17		Calibracion	easy
Puyo	2011/02/08 10:28:15		Oxide, Vac, 2chan	easy-Vac-Oxide
Cotopaxi	2011/02/08 10:21:39		Oxide, Vac, 2chan	easy-Vac-Oxide
Cuenca	2011/02/08 10:15:01		Oxide, Vac, 2chan	easy-Vac-Oxide
Loja	2011/02/08 10:04:32		Oxide, Vac, 2chan	easy-Vac-Oxide
La Calera 3	2011/02/01 16:51:03		Piedra	easy-Vac-Metal
La Calera 2	2011/02/01 15:00:58		Piedra	easy-Vac-Metal
La Calera 1	2011/02/01 14:51:54		Piedra	easy-Vac-Metal

Fig. 6.38. Ventana de ensayos realizados

Fuente: Software EDX

En “Data Type” seleccionar si es un ensayo cualitativo (“Qual-Quant”) o un ensayo cuantitativo (“Quant”), de la lista que se despliegue elegir el ensayo y aplastar el botón “Load”.

Los resultados se mostrarán de la siguiente forma:

Layer Info	Analyte	Result	(Std. Dev.) Proc. Calc.	Line	Intensity
I Layer1					
I Layer	Layer1	0.000 um	(-----) Fix	-----	
I Elem.	CH2	0.000 %	(-----) Fix	-----	
B Base					
B Elem.	Mg0	0.000 %	(0.000) Quant.-EC	MgKa	0.0594
B Elem.	Al203	0.000 %	(0.000) Quant.-EC	AlKa	11.0965
B Elem.	Si02	0.000 %	(0.000) Quant.-EC	SiKa	6.8395
B Elem.	Fe203	0.000 %	(0.000) Quant.-EC	FeKa	33.3956

Fig. 6.39. Ventana de resultados de muestra

Fuente: Software EDX.

Cambiar la información de la muestra, si se desea cambiar el nombre del operador que realizó el ensayo o añadir algún comentario, se debe dar click sobre la pestaña “View” que se encuentra en la parte superior de la pantalla de resultados. De la lista que se despliegue se debe elegir “Sample Information” y aparecerá el siguiente menú:

Sample Information

Sample : ANTRACITA CARGA

Operator :

Comment : 20/01/2011, CARBOIN SAC

Group : Antracita

Date : 2011/02/16 17:42:50

Total Counts : 2022690

OK Cancel

Fig. 6.40. Ventana de ingreso de información.

Fuente: Software EDX.

Se cambia lo que se desee y se da click en el botón “OK”, quitar elementos del resultado final, dar click en la pestaña “Process” que se encuentra en la parte superior de la pantalla de resultados, de la lista que se despliegue elegir “Edit Quantitative Condition”, aparecerá la siguiente pantalla:

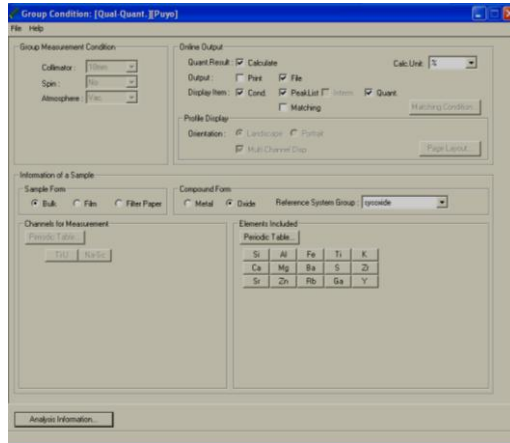


Fig. 6.41. Ventana de condiciones y cantidades.

Fuente: Software EDX.

Dar click sobre el botón “Periodic Table” o en el botón “B” de la base si la muestra tiene una capa y una base, se desplegará una tabla periódica, de la que se da click sobre los elementos que se desea remover del resultado final. Se guardan los cambios y al regresar a los resultados, dar click sobre “Yes” cuando el programa pregunta si desea recalcular.

Generar un reporte directo del programa dar click sobre el icono “Report”, en el “Main Menu”, en la ventana que aparece dar click sobre el botón “Select Group”, seleccionar el grupo al que pertenece el ensayo del que se va a realizar el informe, llenar el nombre del ensayo junto a “Sample Name”, y la fecha en que fue realizado en “Period”, dar click en el botón “Search”, seleccionar los ensayos de los que se va a realizar.

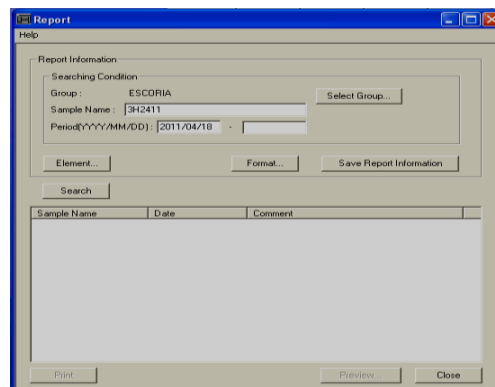


Fig. 6.42. Ventana de selección del grupo de ensayos.

Fuente: Software EDX.

Dar click en el botón “Element”, seleccionar los elementos que se desea que aparezcan en el informe y dar click sobre el botón “OK”.



Fig. 6.43. Ventana de Selección de elementos.

Fuente: Software EDX.

Dar click sobre el botón “Format” y seleccionar el formato que se le va a dar al informe.

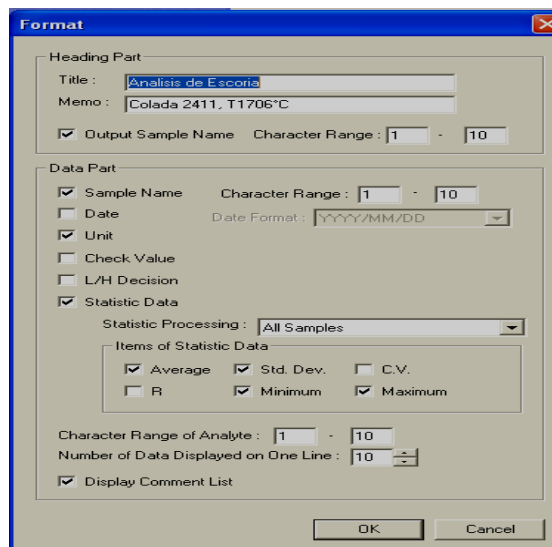


Fig. 6.44. Ventana de selección de tipo de informe.

Fuente: Software EDX.

Dar click sobre el botón “OK”, dar click sobre el botón “Prewiew” y si el informe se encuentra de forma satisfactoria dar click sobre el botón “Print”, enviar los

resultados a Excel, dar click sobre el icono “Extras” en el “Main Menu”, en la ventana que aparece dar clic sobre el botón “File Maintenance” aparecerá una pantalla como la que se muestra a continuación:

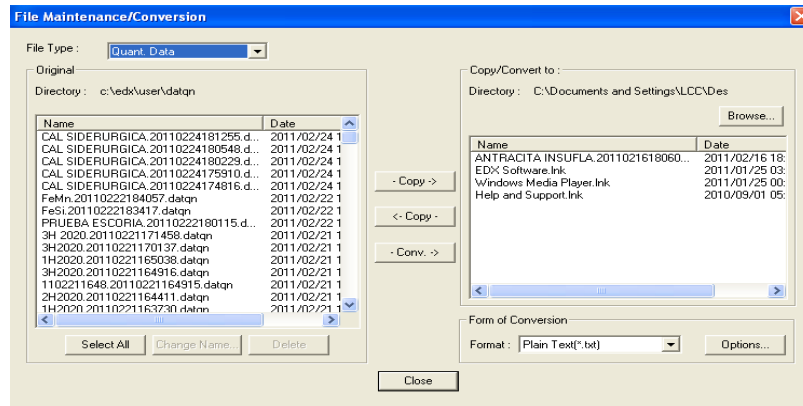


Fig. 6.45. Ventana para informe final de resultados

Fuente: Software EDX

En esta pantalla en el recuadro “File Type” se debe escoger el grupo de análisis al que pertenece el ensayo que se desea transformar a Excel. Si el ensayo es cualitativo escoger “Qual-Quant” y si es cuantitativo escoger “Quant”, seleccionar el ensayo de la lista que se despliegue según el grupo que se eligió. En el recuadro de “Format” escoger el tipo de formato al que se desea convertir el ensayo, el formato “CSV” corresponde a los archivos de Excel, elegir la carpeta donde se requiere guardar dicho informe, se da click sobre el botón de “Browse”, se escoge la ruta donde se guardará el archivo, dar click sobre el botón de “Conv”, dar click sobre el botón de “Close”.




6.6.5.2. Análisis de ferroleaciones

a) Análisis de ferromanganeso

En términos generales se conocen como ferroleaciones a aquella aleación de hierro que, a más del carbono tienen otro elemento constitutivo, los cuales suelen ser útiles como agentes que reaccionan mejorando las propiedades del Acero.

El ferromanganeso es muy utilizado en la producción de prácticamente todo tipo de aceros y para la producción de hierro fundido, la aleación ferromanganeso se añade normalmente al Acero para eliminar las burbujas de nitrógeno y reducir el óxido de hierro que se forma durante el proceso. El Acero obtenido es duro.

Tabla 6.17. Análisis de Ferromanganeso




 		UTA-FICM		 LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD				
ENSAYO DE FERROALEACIONES								
Tipo de Muestra:	POLVO FeMn	Identificación:			F1			
Solicitado por:	Novacero-Lasso	Fecha del ensayo:			25/03/2011			
Operador:	Eduardo Villegas	Nº Hoja:			1/2			
Equipo:	Espectrómetro de Rayos X-EDX-720	Muestra:			FeMn			
ANÁLISIS DE FERRO MANGANESO								
FeMn								
Sample	%	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	PROMEDIO	EVALUACION	
Layer1	um	5000,00	5000	5000	5000	5000,00	DR	
CH2	%	100000,00	100000	100000	100000	100000,0	DR	
Si	%	1,05	0,95	0,98	1,1	1,02	DR	
P	%	0,19	0,176	0,238	0,179	0,20	DR	
Cr	%	0,05	0,046	0,045	0,045	0,05	DR	
Mn	%	76,61	77,04	80,009	75,037	77,17	DR	
Fe	%	17,42	20	12,656	14,644	16,16	DR	
Ni	%	-0,41	-0,658	-0,634	-0,55	-0,56	DR	
NOMINACIÓN:								
Especificación Técnica		DR:	DENTRO DE RANGO					
		FR:	FUERA DE RANGO					
Ferromanganeso Alto Carbón								
Especificaciones								
MATERIAL	Ferromanganeso							
Composición:	(H. C. FeMn)							
	MANGANESO	79.0%						
	SILICIO	1.20% max.						
	CARBON	7.50% max.						
	FOSFORO	0.35% max.						

Fuente: Eduardo Villegas

OBSERVACIÓN: En el análisis que se realizó de ferromanganeso, todos los elementos químicos se encuentran dentro de parámetros.

b) Análisis de ferrosilicio

Tabla 6.18. Análisis de Ferrosilicio

 		UTA-FICM		 SOLUCIONES DE ACERO		LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE FERROALEACIONES							
Tipo de Muestra: POLVO FeSi				Identificación:		F1	
Solicitado por: Novacero-Lasso				Fecha del ensayo:		25/03/2011	
Operador: Eduardo Villegas						Nº Hoja: 2/2	
Equipo: Espectrómetro de Rayos X-EDX-720				Muestra: FeSi			
ANÁLISIS DE FERRO SILICIO							
FeSi							
Sample	%	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4	PROMEDIO	EVALUACION
Layer1	um	5000,00	5000	5000	5000	5000,00	DR
CH2	%	100000,00	100000	100000	100000	100000,0	DR
Si	%	75,02	76,15	76,51	75,23	75,73	DR
P	%	0,22	0,27	0,21,5	0,23	0,24	DR
Cr	%	0,02	0,025	0,04	0,045	0,03	DR
Mn	%	0,32	0,31	0,33,20	0,33	0,32	DR
Fe	%	17,41	19,58	11,5	13,2	15,42	DR
Ni	%	-0,25	-0,521	-0,49	-0,55	-0,45	DR
NOMINACIÓN: DR: DENTRO DE RANGO FR: FUERA DE RANGO							
Especificacion Técnica							
Ferrosilicio 75% (FeSi) Especificaciones							
n del (FeSi)							
Composición	Si	79.0%					
	S	max.					
	Mn	0.40% max.					
	Al	1.50% max.					
	P	max.					
Tamaño:	5" x 2"	2" x 1/2"					
	4" x 2"	mallas					
	4" x 1/2"						

Fuente: Eduardo Villegas

OBSERVACIÓN: En el análisis que se realizó de ferrosilicio, todos los elementos químicos se encuentran dentro de parámetros.

c) Análisis de escoria

La escoria se usa ampliamente en este tipo de horno eléctrico, ya que sus efectos son muy positivos, incrementa la velocidad de fusión, disminuye el consumo de electrodos, y protege al refractario de las radiaciones del arco.

Características de la escoria:

Características Físicas:

- Viscosidad
- Tensión superficial
- Temperatura




Características Químicas

- Basicidad
- Composición Química

Las escorias son un subproducto de la fundición para purificar los metales. Se pueden considerar como una mezcla de óxidos metálicos; sin embargo, pueden contener sulfuros de metal y átomos de metal en forma de elemento. Aunque la escoria suele utilizarse como un mecanismo de eliminación de residuos en la fundición del metal, también pueden servir para otros propósitos, como ayudar en el control de la temperatura durante la fundición y minimizar la reoxidación del metal líquido final antes de pasar a la colada continua para el vaciado.

La escoria contiene residuos de hierro por lo que después de escoriar se deja enfriar para que se solidifique y sacar el material, para luego nuevamente ingresar al proceso de fundición

Tabla 6.19. Análisis de escoria.

 		UTA-FICM		 NOVACERO SOLUCIONES DE ACERO LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE ESCORIA					
Tipo de Muestra:	Escoria	Identificación:		E1	
Solicitado por:	Novacero-Lasso	Fecha del ensayo:	26/03/2011		
Operador:	Eduardo Villegas	Nº Hoja:	1/1		
Equipo:	Espectrómetro de Rayos X-EDX-720	Muestra:	ESCORIA		
ANÁLISIS DE ESCORIA					
FeMn					
Sample	%	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	PROMEDIO
Layer1	um	5000,00	5000	5000	5000,00
CH2	%	100,00	100000	100000	66700,0
MgO	%	12,207	12,300	13,187	12,56
Al2O3	%	9,910	9,682	9,982	9,86
SiO2	%	21,853	21,060	20,818	21,24
CaO	%	43,924	47,003	46,452	45,79
MnO	%	3,453	2,397	2,900	2,92
Fe2O3	%	5,026	7,281	7,145	6,48
SO3	%	0,357	0,331	0,295	0,33
Na2O	%	0,000	0,000	0,000	0,00
P2O5	%	0,375	0,385	0,387	0,38
K2O	%	0,024	0,026	0,027	0,03
TiO2	%	0,534	0,458	0,464	0,49
V2O5	%	0,112	0,092	0,087	0,10
Cr2O3	%	0,683	0,630	0,375	0,56
Temp. °C		1703	1713	1695	1704
BASICIDAD		2,01	2,23	2,23	
Evaluación		DR	DR	DR	
Basicidad= (CaO/SiO2)		<=2,3			
DR:		DENTRO DE RANGO			
FR:		FUERA DE RANGO			

Fuente: Eduardo Villegas

OBSERVACIÓN: En el análisis que se realizó de la escoria, todos los elementos químicos se encuentran dentro de parámetros.

6.6.6. Análisis de muestras de acero líquido

6.6.6.1. Análisis de muestras de acero en la cuchara

Cuando la composición química de la masa fundida cumple con las especificaciones, el horno se inclina para verter la escoria, luego el acero fundido es vaciado en una cuchara móvil para llevar al proceso de la colada continua.

Tabla 6.20. Análisis de muestras de acero en la cuchara.

 		UTA-FICM		 <small>SOLUCIONES DE ACERO</small> <small>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</small>	
ENSAYO DE COMPOSICION QUÍMICA DE MUESTRAS EN LA CUCHARA					
Tipo de Muestra:	Acero Proceso Afino	Identificación:	C1		
Solicitado por:	Novacero-Lasso	Fecha del ensayo:	2011-03-16		
Nº de disparos:	3	Operador:	Eduardo Villegas		
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica	Nº Hoja:	1/1		
		Muestra:	Cuchara 1,2,3		
LA STEEL					
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE					
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$					
Grupo de Análisis:					
RESULTADOS:					
	MUESTRAS 1	MUESTRAS 2	MUESTRAS 3	Promedio	
Elemento	Contenido	Contenido	Contenido	Promedio	
Ceq.	0,293	0,289	0,318	0,300	
C	0,200	0,195	0,210	0,202	
Si	0,122	0,130	0,178	0,143	
Mn	0,508	0,518	0,600	0,542	
P	0,019	0,020	0,022	0,020	
S	0,033	0,032	0,031	0,032	
Ni	0,067	0,069	0,069	0,068	
Cr	0,106	0,109	0,110	0,108	
Mo	0,011	0,011	0,012	0,011	
Cu	0,261	0,262	0,266	0,263	
Sn	0,015	0,015	0,016	0,016	
Al	0,009	0,009	0,011	0,010	
Nb	0,000	0,000	0,000	0,000	
As	0,004	0,004	0,006	0,004	
Ti	0,001	0,002	0,002	0,002	
V	0,002	0,001	0,003	0,002	
B	0,001	0,001	0,001	0,001	
Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	
Sb	0,000	0,000	0,001	0,000	
N	0,006	0,006	0,006	0,006	
FeInt	5,571	5,491	5,368	5,477	
Fe%	98,670	98,640	98,490	98,600	
DATOS REFERENCIALES					
SEGÚN NORMA INEN 2215					
		COMPARACIÓN			
%C	0,18-0,22		DR		
%Si	max 0,040		DR		
%Mn	max 1,50		DR		
%S	Max:0,045		DR		
%P	Max:0,045		DR		
%Cu	Max:0,35		DR		
%Ni	Max:0,14		DR		
%Cr	Max:0,14		DR		
DESIGNACIÓN:					
DR: DENTRO DE RANGO					
FR: FUERA DE RANGO					
CONCLUSIONES: Muestras dentro de rangos establecidos					

Fuente: Eduardo Villegas

OBSERVACIÓN: En el análisis que se realizó a muestras de la cuchara, todos los elementos químicos se encuentran dentro de parámetros.

6.6.6.2. Análisis de muestras de acero en la colada continua

Luego de trasladar la cuchara con acero líquido a una temperatura entre 1680-1700 °C hacia la máquina de colada continua, el acero puede ser colado en lingotes o en forma continua. Para esto se usa un molde abierto en los dos extremos donde el acero es alimentado continuamente por su extremo superior.

Actualmente el método de colada continua ha reemplazado casi completamente al de colada en lingotes debido a que presenta muchas ventajas tanto económicas como de calidad del producto obtenido.

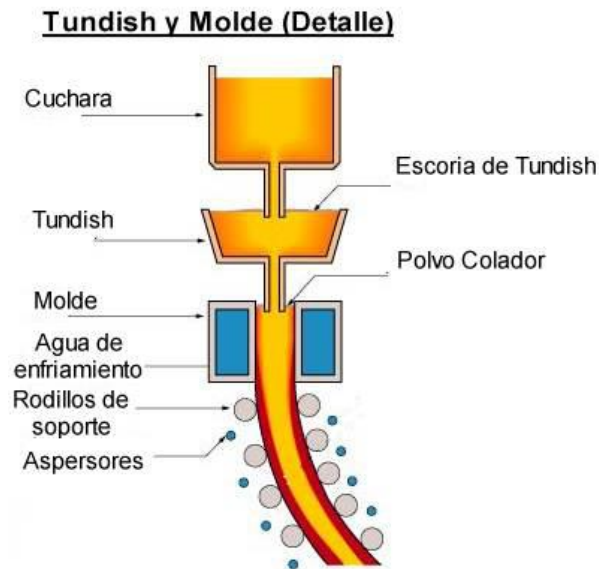






Fig. 6.46. Detalle de Tundish y molde.

Fuente: [Wikimedia Foundation, Inc.](https://www.wikimedia.org/)

El primer paso en la colada continua consiste en vaciar el acero en el Repartidor (o Tundish) cuya principal función es la de distribuir el acero en las distintas líneas de colada. El acero pasa a cada línea a través de un tubo construido con material refractario (buzo). Una vez en el molde el acero es enfriado, solidificando su capa exterior. Los moldes están contruidos con cobre y refrigerados con agua que fluye en su interior a alta velocidad para maximizar la transferencia de calor, seguidamente distintos aspersores proyectan sobre el acero una niebla de agua que lo enfría aún más lográndose finalmente la solidificación de este.

Tabla 6.21. Resultados de muestras en la colada continua

				UTA-FICM		 <small>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</small>	
ENSAYO DE COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MUESTRAS EN LA COLADA CONTINUA							
Tipo de Muestra:	Acero Proceso de Colado			Identificación:	CC1		
Solicitado por:	Novacero-Lasso			Fecha del ensayo:	2011-03-16		
Nº de disparos:	3			Nº Hoja:	1/1		
Operador:	Eduardo Villegas			Muestra:	CC 1,2,3,4,5		
Equipo:	Espectrómetro de Emisión Óptica						
Grupo de Análisis:	LA STEEL						
FÓRMULA DE CARBONO EQUIVALENTE							
$C_{eq} = \% C + \frac{\% Mn}{6} + \frac{\% Cu}{40} + \frac{\% Ni}{20} + \frac{\% Cr}{10} - \frac{\% Mo}{50} - \frac{\% V}{10}$							
RESULTADOS:							
	MUESTRAS 1	MUESTRAS 2	MUESTRAS 3	MUESTRAS 4	MUESTRAS 5	DATOS REFERENCIALES	
Elemen	Contenido	Contenido	Contenido	Contenido	Contenido	Promedio	COMPARACIÓN
Ceq.	0,323	0,322	0,326	0,318	0,328	0,323	SEGÚN NORMA INEN 225
C	0,215	0,214	0,218	0,210	0,220	0,215	%C 0,18-0,22 DR
Si	0,192	0,197	0,195	0,198	0,195	0,195	%Si max 0,040 DR
Mn	0,590	0,595	0,595	0,599	0,595	0,595	%Mn max 1,50 DR
P	0,024	0,024	0,024	0,024	0,023	0,024	%S Max:0,045 DR
S	0,028	0,027	0,027	0,026	0,025	0,026	%P Max:0,045 DR
Ni	0,070	0,072	0,071	0,071	0,071	0,071	%Cu Max:0,35 DR
Cr	0,131	0,122	0,119	0,117	0,117	0,121	%Ni Max:0,14 DR
Mo	0,012	0,012	0,012	0,012	0,013	0,012	%Cr Max:0,14 DR
Cu	0,271	0,276	0,275	0,275	0,275	0,274	
Sn	0,016	0,017	0,016	0,017	0,016	0,017	
Al	0,009	0,010	0,009	0,010	0,010	0,010	
Nb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	DESIGNACIÓN:
As	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	DR: DENTRO DE RANGO
Ti	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	FR: FUERA DE RANGO
V	0,001	0,002	0,000	0,005	0,000	0,002	
B	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
Pb	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
Sb	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	
N	0,006	0,007	0,007	0,007	0,006	0,006	
FeInt	5,326	5,153	5,267	5,261	5,253	5,252	
Fe%	98,450	98,450	98,460	98,440	98,460	98,452	
CONCLUSIONES: Muestras dentro de rangos establecidos Cumple con Norma establecida							
							Fotografía Muestras ensayadas
							

Fuente: Eduardo Villegas

OBSERVACIÓN: En el análisis que se realizó en las muestras de la colada continua, todos los elementos químicos se encuentran dentro de parámetros.

6.6.7. Inspección de palanquilla macrografías

Previo a la liberación de la palanquilla se debe realizar una inspección de los defectos superficiales de la misma, luego de inspección y ataque químico se puede:

- Describir los grupos en los que están clasificados los defectos.
- Identificar los defectos superficiales, internos y de forma que aparecen en las palanquillas; sus causas y las acciones correctivas.

6.6.7.1. Clasificación de los defectos

Una variedad de defectos se presentan en los productos de colada continua, algunos son típicos del proceso y no pueden ser eliminados totalmente aunque pueden minimizarse. Todos ellos son objeto de estudio para su prevención y evitar efectos no deseados en el producto final. Para facilitar su estudio se han clasificado en tres grupos; dependiendo del lugar en que aparecen:

- Defectos internos
- Defectos de superficie
- Defectos de forma

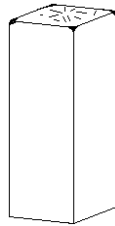
Para poder observar los defectos internos de la palanquilla se debe realizar un macroataque, que consiste en atacar químicamente una superficie metálica, previamente pulida que revele los defectos de manera que se los puedan observar a simple vista.

6.6.7.2. Procedimiento

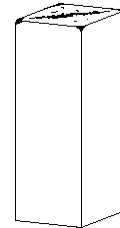
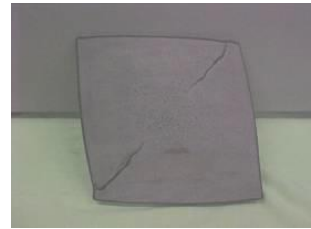
Con el equipo de oxicorte se corta una muestra de mínimo 5 cm de ancho del extremo de una palanquilla procurando que esta sea del medio de la colada.

Identificar la muestra con el número de colada y con el número de línea de colado correspondiente, luego se refrenta la cara frontal de la muestra, se pule y se ataca químicamente, el tiempo de ataque químico es de 5 segundos y se utiliza ácido clorhídrico de concentración 50%.

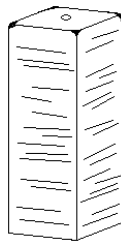
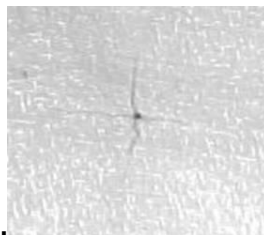
Fotografías de defectos en palanquillas



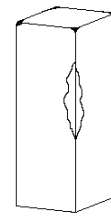
Grietas de estrella.



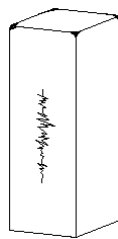
Grietas diagonales



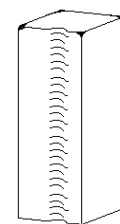
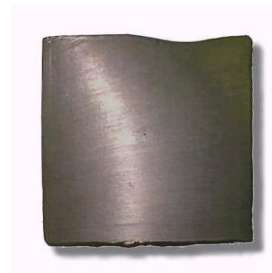
Porosidad central.



Grieta longitudinal en la esquina



Grieta longitudinal en las caras.



Depresión longitudinal.



Sopladuras



Fig. 6.47. Defectos de palanquillas

Fuente: Eduardo Villegas

6.6.8. Ensayos mecánicos - ensayos de tracción

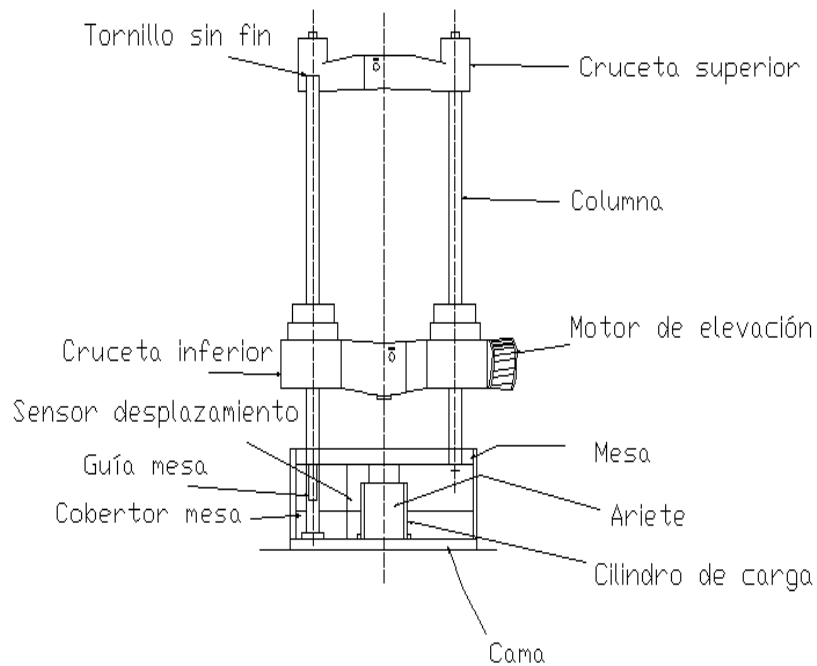


Fig. 6.48. Máquina universal de tracción

Fuente: Máquina universal de tracción **shimadzu uh600 KN.**

Máquina de ensayos shimadzu uh600 KN.

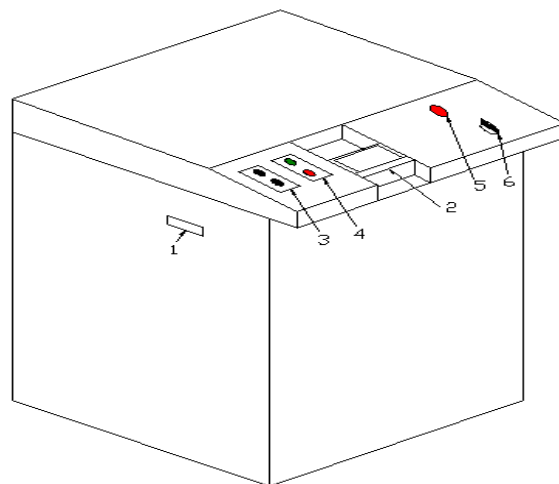


Fig.6.49. Tablero de control de la máquina de tracción.

Fuente: Máquina universal de tracción **shimadzu uh600 KN.**

Unidad de control máquina de ensayos Shimadzu UH600KN

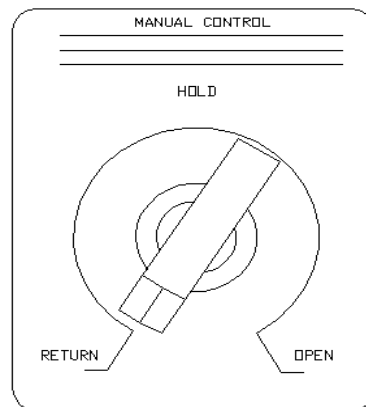


Fig. 6.50. Control Manual

Fuente: Máquina universal de tracción shimadzu uh600 kn.

6.6.8.1. Instrucciones de manejo de la máquina de tracción

- Ubicar la perilla en posición “OPEN” cuando se desea que la mesa se eleve. Si la perilla se ubica entre “OPEN” y “HOLD” la mesa se elevará pero a menor velocidad, es decir que mientras más cerca se encuentre la perilla de “OPEN” irá más rápido.
- Si la perilla se ubica en la posición “RETURN” la mesa regresará hasta la posición más baja posible. De igual manera la velocidad de retorno depende de cuan cerca la perilla se encuentre de “RETURN”.
- Colocar la perilla en “HOLD” para mantener la mesa en una posición instantánea deseada. Se debe tomar en cuenta que la mesa se detiene no exactamente en el centro del recorrido de la perilla puesto que este factor depende de la temperatura del aceite y de la carga a la que está sujeta la unidad de carga.
- Presionar nuevamente la tecla “MANU” si se desea operar la máquina desde el teclado de la máquina o para realizar una operación automática.

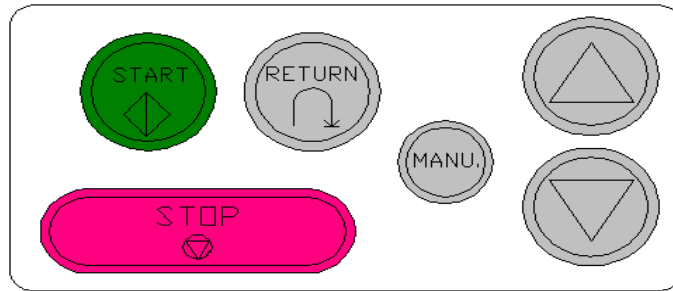


Fig. 6.51. Botones de inicio y perillas de control.

Fuente: Máquina universal de tracción shimadzu uh600 KN.

6.6.8.2. Teclado de la unidad de control de la máquina shimadzu uhi 600KN.

- Pulsar el botón “START” para operar la máquina desde el teclado de la máquina para realizar una operación automática. Si se presiona la tecla “START” en el modo automático, el ensayo se realizará bajo las condiciones ingresadas la última vez. En el modo manual la tecla no genera ninguna acción al ser presionada.
- Presionar la tecla “STOP” para detener el ensayo y este se detiene automáticamente.
- Retornar la máquina a su posición original, pulsando la tecla “RETURN”.
- Elevar la cruceta inferior cerca de la cruceta superior.
- Elevar la mesa 100 mm aproximadamente, girando la perilla manual a la posición de “OPEN”.
- Retornar la mesa hasta la posición inicial ubicando la perilla en la posición “RETURN”.
- Repetir al menos 3 veces para que el aceite alcance su temperatura de trabajo ideal.

6.6.8.3. Programa operativo trapezium 2, de la máquina de ensayos universales shimadzu uhi 600KN.

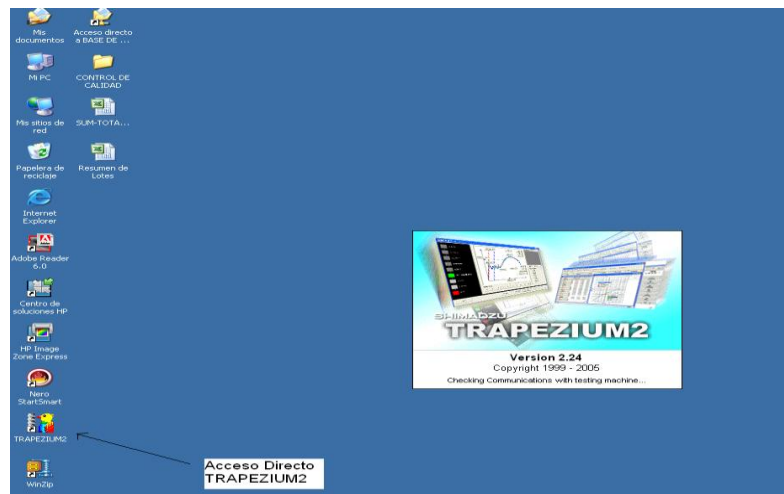


Fig. 6.52. Ventana de acceso al programa.

Fuente: Software Trapezium2.

- Para iniciar el Trapezium2 se debe hacer doble click en el acceso directo del programa que se encuentra en el escritorio o en el menú de inicio en los archivos de programa.
- Aparece la opción de ingresar un código de ingreso. Si es la primera vez que se ingresa al programa tanto el usuario como la clave serán “admin”



Fig. 6.53. Ventana de ingreso de código y clave.

Fuente: Software Trapezium2.

Se abrirá el programa y se observarán los siguientes elementos del programa:

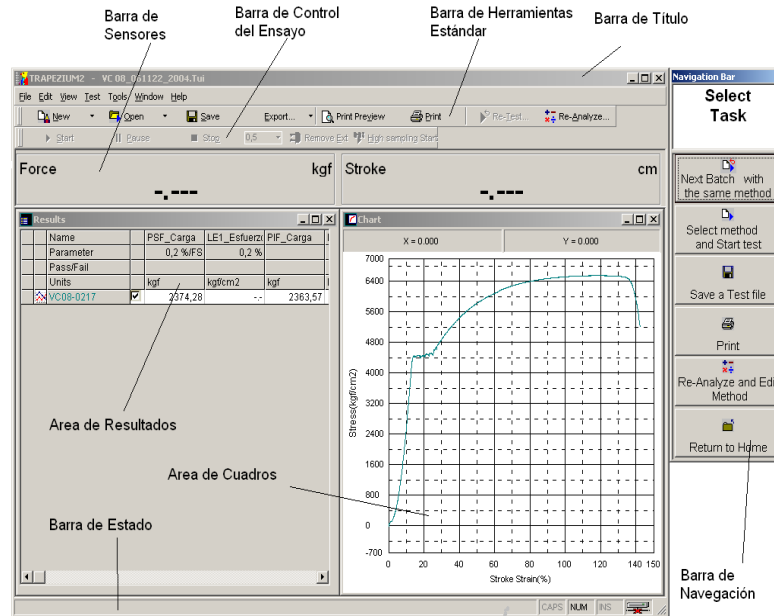


Fig.6.54. Elementos mostrados en un ensayo.

Fuente: Software Trapezium2.

6.6.8.4. Creación de ensayos y métodos

Se debe abrir un nuevo método desde el menú de archivo y el Trapezium2 muestra el siguiente diálogo:



Fig.6.55. Ventana de creación de ensayos.

Fuente: Software Trapezium2.

Se debe dar un click en cada cuadrado, cada vez que se termine el anterior. La función que está siendo modificada está marcada por el color verde, también se puede acceder a las siguientes funciones haciendo click en “Siguiente”, en caso de requerir cambiar algún dato anterior se lo puede hacer dando click en el cuadrado que corresponda, o en “Atrás”.

El primer diálogo que aparece es el de “Inicio”, que confirma que se va a realizar un nuevo método de trabajo.

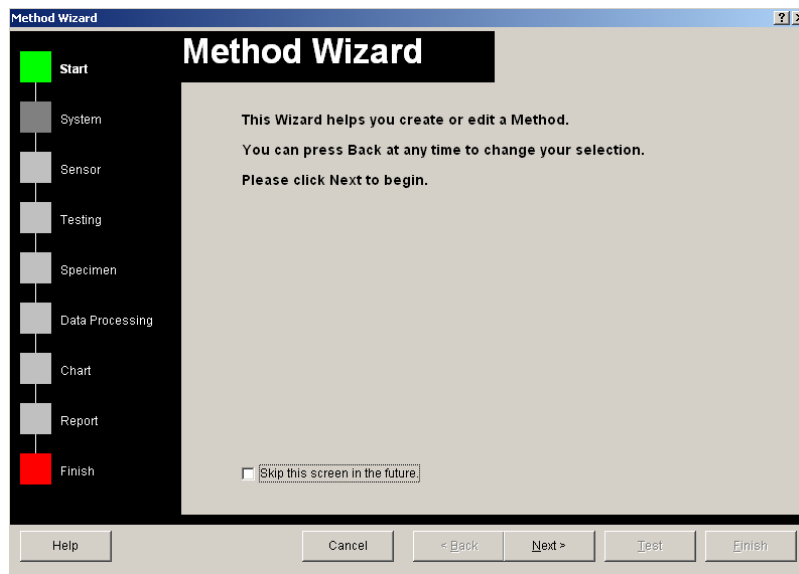


Fig. 6.56. Ventana de diálogo de inicio de un nuevo método de trabajo.

Fuente: Software Trapezium2.

Diálogo del sistema

En este diálogo el administrador debe elegir entre qué tipo de ensayo quiere realizar, por ejemplo el de tracción, compresión, de doblado en 3 o 4 puntos, también definirá el administrador, qué sistema de unidades utilizará, qué unidades y cuántas cifras significativas utilizará para cada dato que calculará el software.

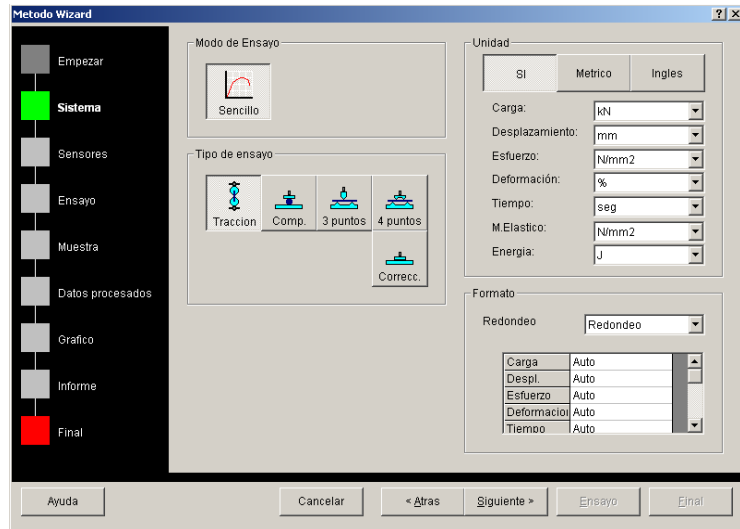


Fig. 6.57. Ventana de Diálogo del sistema de un nuevo método de trabajo.

Fuente: Software Trapezium2.

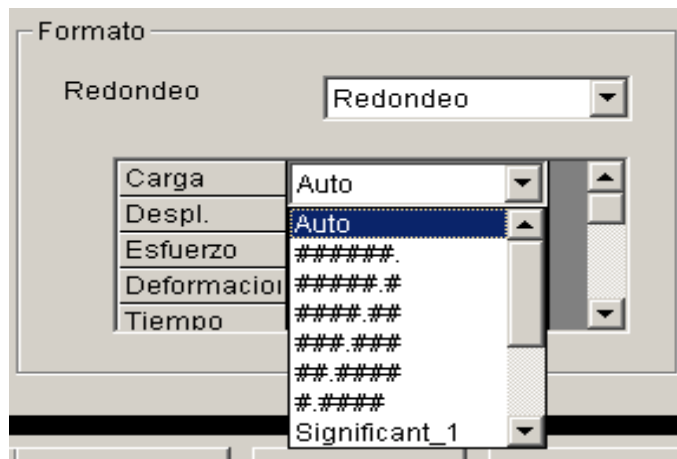


Fig. 6.58. Ventana de Redondeo del sistema de unidades utilizado en el método.

Fuente: Software Trapezium2.

Diálogo de sensores.

- Se accede al diálogo de sensores.
- El administrador selecciona el rango como el límite de fuerza, deformación.
- En caso de utilizar un extensómetro indicador de fuerza o una galga extensométrica, se deben ingresar los parámetros de cada uno de estos

elementos extras. La máquina y el Trapezium2 permiten el ingreso de seis sensores externos.

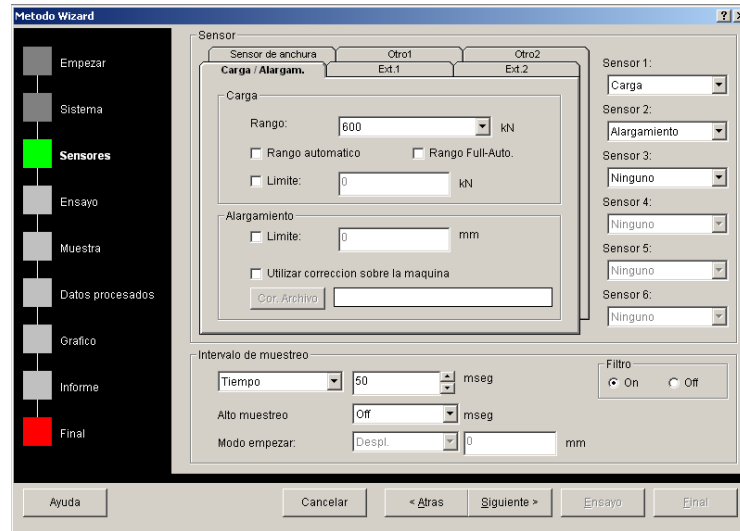


Fig. 6.59. Ventana de Diálogo de sensores de un nuevo método de trabajo

Fuente: Software Trapezium2.

- Para la configuración de un extensómetro se debe ingresar primero el canal en el que irá a realizar el ensayo
- Se debe ingresar la escala total de trabajo de la máquina con el extensómetro
- Se limita la longitud de deformación máxima del extensómetro y su longitud.

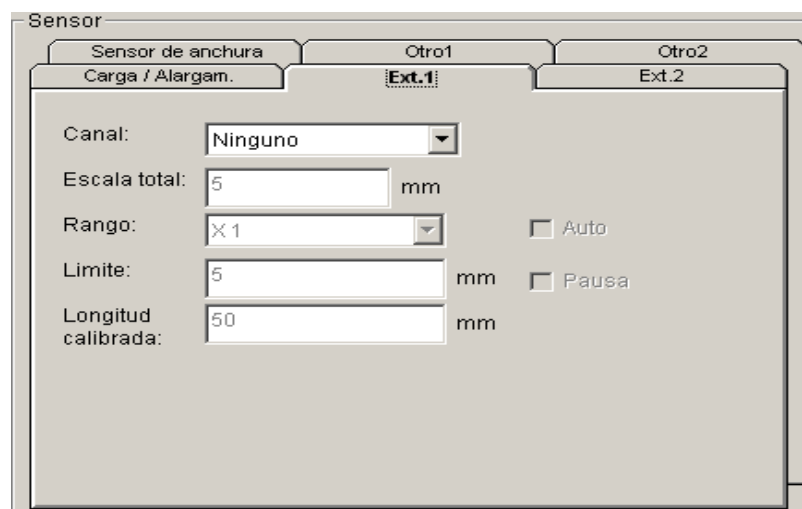


Fig. 6.60. Ventana de Ingreso de extensómetros dentro del apartado de sensores

Fuente: Software Trapezium2.

- Para realizar ensayos sin extensómetro se debe seleccionar “Ninguno” en el canal y este sensor no aparecerá en el monitoreo una vez iniciado el ensayo.
- Elegir un intervalo de muestreo o se acepta el que viene por defecto, este muestreo se puede elegir por tiempo, fuerza o desplazamiento. El mínimo tiempo que se puede obtener en este tipo de máquina es de 50 milisegundos. Con la función de re-análisis se puede variar el valor tomado inicialmente. También se puede acceder al modo de muestreo rápido que tiene una velocidad de 5 milisegundos de muestreo.
- Seleccionar el estado del filtro o se acepta el que aparece por defecto.
- Elegir el tipo de control de la máquina.
- Si se selecciona carga/alargamiento la cruceta avanzará a velocidad constante al momento del ensayo, si selecciona stress se puede realizar un ensayo con una velocidad de esfuerzo constante hasta un punto determinado por el administrador, que puede ser límite de fluencia, proporcionalidad, etc. entonces se cambiará a un control de velocidad tipo carga/alargamiento. Para seleccionar strain se debe haber ingresado un extensómetro previamente. Este modo de control se usa para obtener una velocidad de deformación constante hasta el punto en que se deba retirar el extensómetro, entonces se cambiará a un control de velocidad tipo carga/alargamiento.

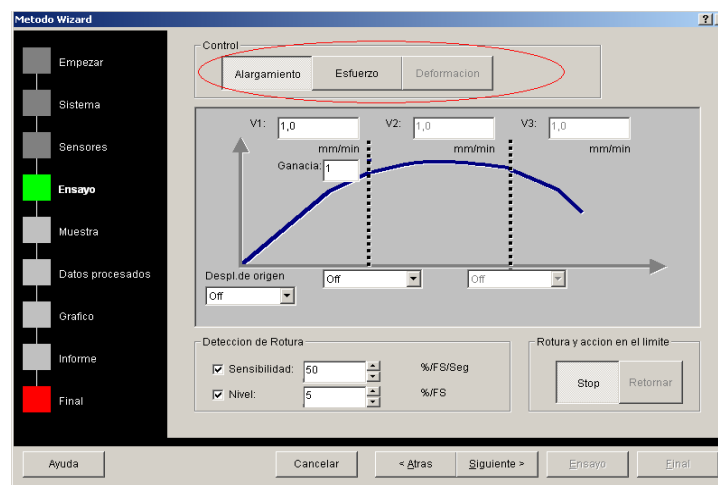


Fig. 6.61. Ventana de Diálogo de ensayo de un nuevo método de trabajo

Fuente: Software Trapezium2

- Ingresar las velocidades, se deben cambiar los puntos en los que el control de velocidad cambiará.
- Ingresar el valor de ganancia, que está entre 1 y 99, está disponible para ajustar la velocidad del ensayo para esfuerzo y deformación.
- Ingresar el nivel de sensibilidad a la rotura. Esto sirve para que la máquina pare una vez que la probeta se rompió y sus sensores dejen de trabajar.
- Indicar que reacción tomará la máquina una vez que se llegue al límite o a la ruptura. Las dos opciones son que la mesa regrese a su cero o que se detenga la máquina el momento en que llegue al límite o a la ruptura de la probeta.

Diálogo muestra.

- Ingresar los datos de la probeta, para ello se debe hacer click en muestra.
- Ingresar la forma, material y unidades de las dimensiones de la probeta.
- Ingresar el número de probetas y de testigos a ensayarse.
- Ingresar manualmente las dimensiones de la o las probetas en los casilleros según corresponda.

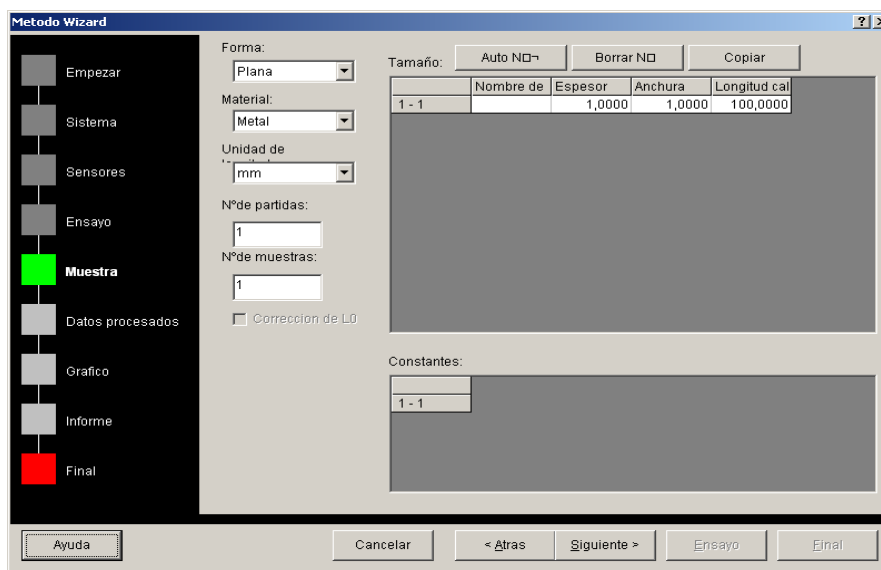


Fig. 6.62. Ventana de Diálogo de la muestra de un nuevo método de trabajo

Fuente: Software Trapezium2

- Ingresar la identificación de la probeta o su código, según sea el caso.
- Para tener una numeración automática se debe pulsar el botón AutoNo. Este botón numerará todas las probetas que se ensayen.
- Para borrar un número incorrecto se pulsa el botón Borrar No.
- Los datos constantes, se ingresan haciendo clic derecho en el cuadro de constantes e ingresando el nombre y valor de las mismas, como puede ser la longitud calibrada, densidad, etc.

Diálogo de datos procesados.

Todos los datos que se calculan y que aparecen en el informe final, se ingresan en datos procesados.

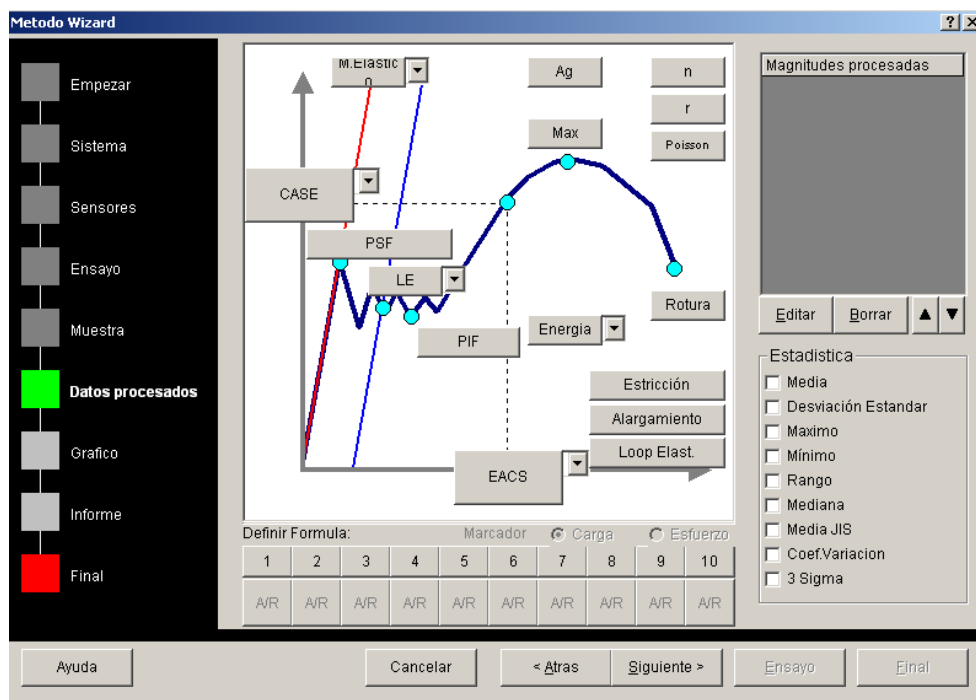


Fig. 6.63. Ventana de diálogo de datos procesados de un nuevo método de trabajo

Fuente: Software Trapezium2

- Se debe hacer click en el número de fórmula que se desea editar o incluir.

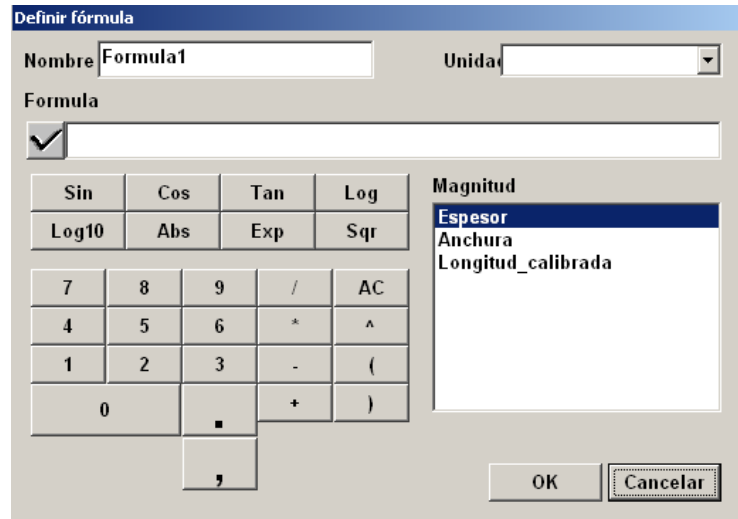


Fig. 6.64. Ventana de apartado de fórmulas dentro del apartado de datos procesados

Fuente: Software Trapezium2

- Se ingresa la fórmula. Se pueden utilizar los datos externos para realizar los cálculos.
- Al pulsar ok se ingresa la fórmula al reporte final y existe capacidad para ingresar 10 fórmulas distintas.

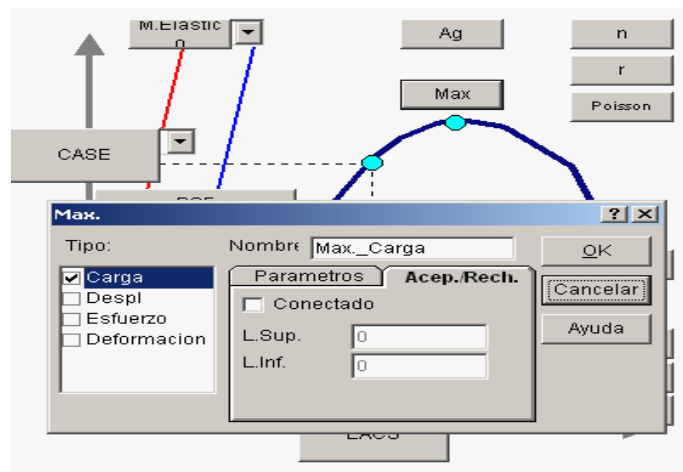


Fig. 6.65. Ventana de Límites de aceptación dentro del apartado de datos procesados.

Fuente: Software Trapezium2.

- Se debe dar un valor máximo y uno mínimo para determinar si la probeta pasa o no la prueba, se deben agregar los datos estadísticos que se requieren para conocer tendencias, procesos, comportamientos, etc., cuando se realizan múltiples ensayos.

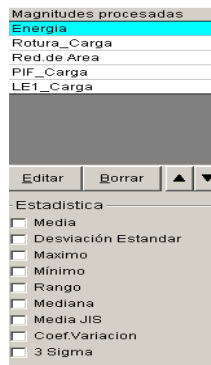


Fig. 6.66. Ventana de Tópicos estadísticos que calcula el Trapezium2

Fuente: Software Trapezium2

Diálogo de gráfico

- Se debe acceder al gráfico que aparecerá en el monitoreo durante la realización de un ensayo.
- Se ingresa la información que se requiera para los dos ejes. Para ello se despliegan las flechas en X y Y.

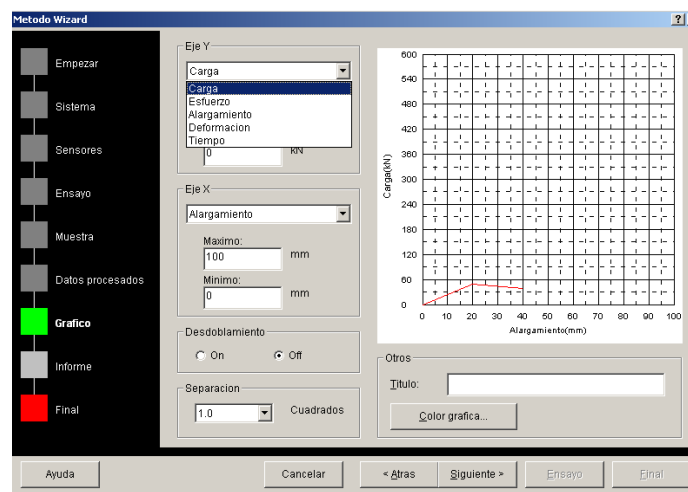


Fig. 6.67. Ventana de Diálogo del gráfico de un nuevo método de trabajo

Fuente: Software Trapezium2

- Se ingresa el rango que aparecerá en el gráfico, ingresando tanto el mínimo como el máximo.
- Activar el comando desdoblamiento para que se puedan ver varias curvas a la vez, caso contrario solo se puede ver de una en una.
- Modificar la separación de cuadros a conveniencia que se desea ver entre una curva y la otra.

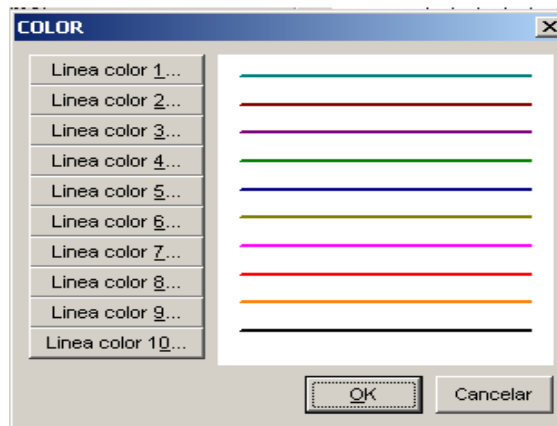


Fig. 6.68. Ventana de Color de línea del gráfico en un nuevo método de trabajo

Fuente: Software Trapezium2

Diálogo de informe.

- Se debe modificar o personalizar el informe que se obtendrá al final de un ensayo.

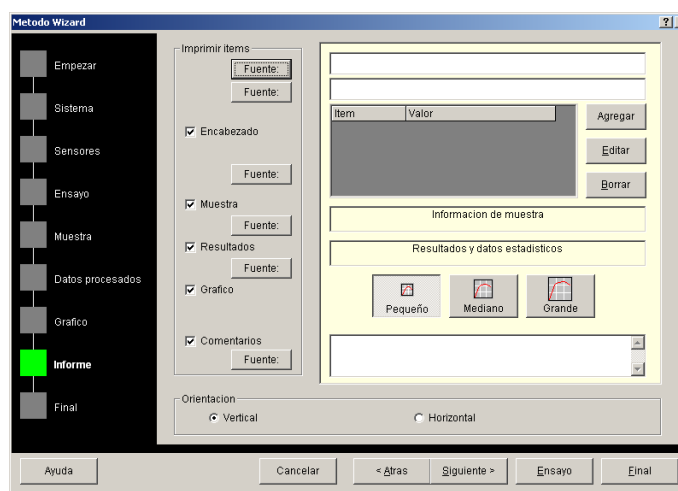


Fig. 6.69. Diálogo del informe de un nuevo método de trabajo

Fuente: Software Trapezium2

- Se ingresa inicialmente el encabezado del reporte del ensayo, que puede ser llenado con un título, fecha, operador, logo, etc., en cada ingreso se pueden variar el tamaño y tipo de letra pulsando fuente.

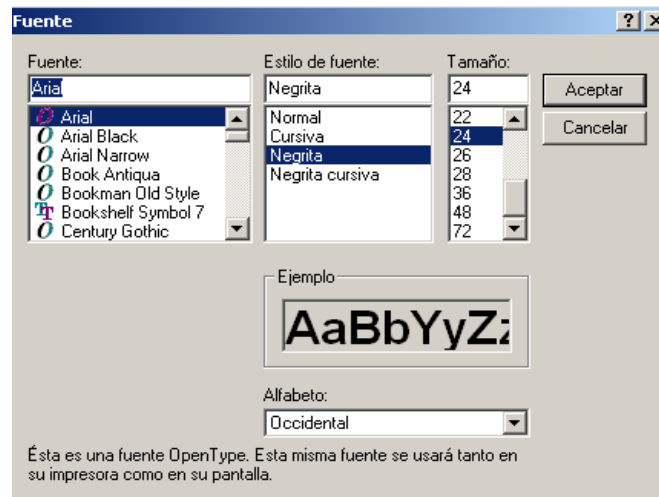


Fig. 6.70. Fuente de letras del informe de un nuevo método de trabajo

Fuente: Software Trapezium2

- Se debe pulsar “agregar” para ingresar más datos de texto.

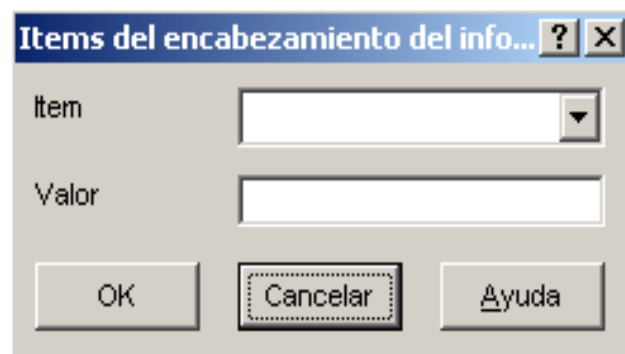


Fig. 6.71. Ventana del encabezado del informe de un nuevo método de trabajo

Fuente: Software Trapezium2

- Se debe pulsar “Editar” para realizar los cambios en el encabezado del informe, también se pueden seleccionar los datos que se requieran en el informe como los gráficos, comentarios, resultados, etc.

- Elegir el tamaño de informe que se desea ver teniendo tres opciones para elegir, entre pequeño, mediano o grande.
- Ingresar las observaciones que el operador va realizando durante el ensayo, este dato variará en cada nuevo ensayo.

Diálogo final.

- Pulsar siguiente o final aparece un diálogo de clausura.
- Elegir si se realiza el ensayo o se finaliza la creación del método.



Fig. 6.72. Diálogo del final de un nuevo método de trabajo

Fuente: Software Trapezium2

Si el administrador pulsa final aparece un cuadro con un sumario del ensayo que se realizó siguiendo los pasos nombrados anteriormente.

En caso de pulsar ensayo, el programa envía al administrador a la realización del ensayo o ensayos según corresponda.

Sumario	
Nombre	VC 08.mui
Sistema	
Modo de Ensayo	Sencillo
Tipo de ensayo	Traccion
Ensayo	
Control	Esfuerzo
Velocidad de ensayo 1	0,5
Velocidad de ensayo 2	40
Velocidad de ensayo 3	25
Muestra	
Forma:	Irregular
Nºde partidas:	1
Nºde muestras:	1
Datos procesados	PSF_Carga
	LE1_Esfuerzo
	PIF_Carga
	PIF_Esfuerzo
	Max_Carga
	Max_Esfuerzo
	Alargamiento
	Fluencia D Nominal
Estadística	

Fig. 6.73. Ventana de informe de tracción

Fuente: Software Trapezium2

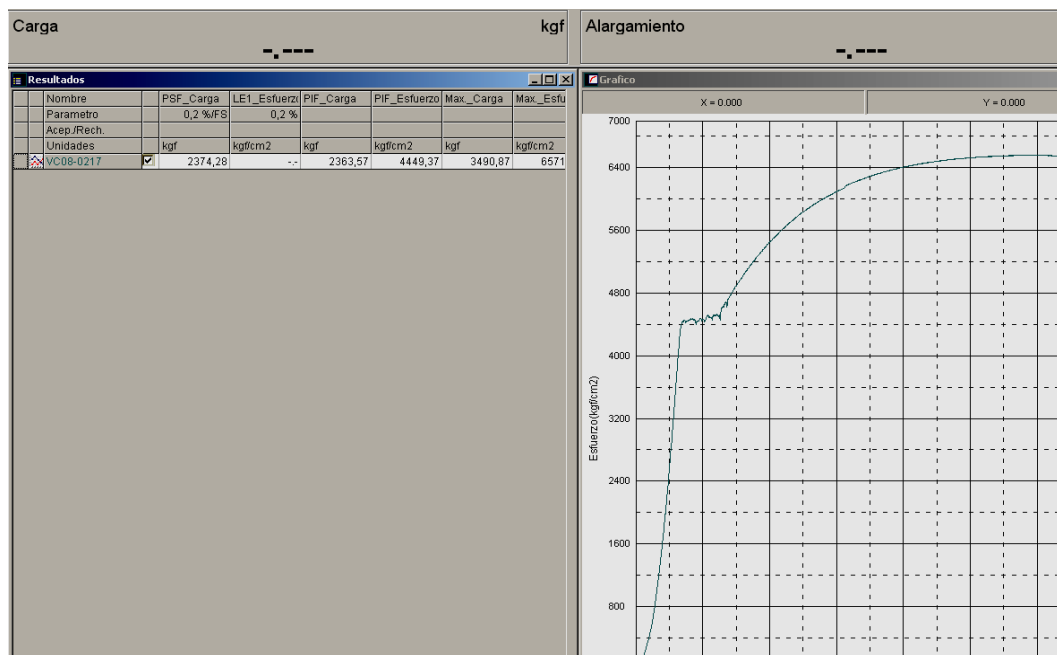





Fig. 6.74. Curva característica del ensayo.

Fuente: Software Trapezium2.

6.6.8.5. Ensayos de tracción del producto final




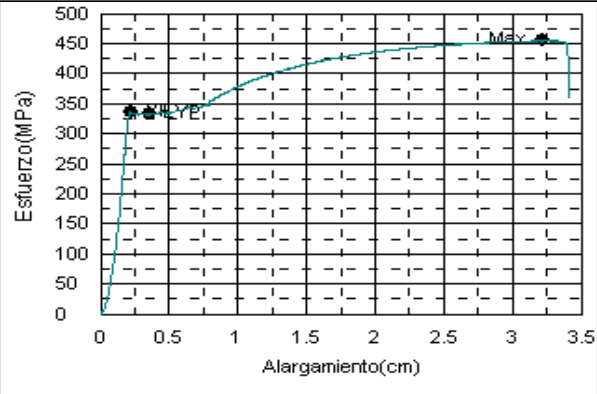
Tabla 6.22. Ensayo de tracción de perfil ángulo de 20x2, N°1.

 			
UTA-FICM		LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE TRACCIÓN			
DATOS		UNIDADES	
PRODUCTO:	AL	ÁNGULO	
NORMA DE ENSAYO:	INEN 109	MUESTRA: AL 20X2	
NORMA DE PRODUCTO:	INEN 2215	MUESTRA 1	
ESPESOR:	1,98	mm	
ANCHO:	20,42	mm	
ÁREA:	40,34	mm ²	
CARGA DE FLUENCIA:	13,92	kN	
CARGA ÚLTIMA:	18,70	kN	
TEMPERATURA:	19,9	°C	
HUMEDAD:	51	%	
OPERADOR	Eduardo Villegas		
Fecha emisión: 2011-03-28			
RESULTADOS			
IDENTIFICACIÓN	Resistencia Máxima (Mpa)	Alargamiento (%)	Limite de Fluencia (Mpa)
AL 20X2	463,57	33,4	345
CONCLUSIÓN	(410-540) Mpa CUMPLE NORMA	22% CUMPLE NORMA	275 Mpa CUMPLE NORMA
			NORMA INEN 2215
GRÁFICO DE PROPIEDADES MECÁNICAS			
		OBSERVACIONES: <input type="checkbox"/> Corte Diagonal <input type="checkbox"/> Horizontal (Irregular) <input type="checkbox"/> Fuera del tercio medio de la zona calibrada <input checked="" type="checkbox"/> X Cono y crater <input type="checkbox"/> Parcial cono y crater	
Relación Resistencia Máxima & Resistencia a la Fluencia:		1,34	

Fuente: Eduardo Villegas

Observación: En el ensayo de tracción que se realizó de ángulo, todas las propiedades mecánicas se encuentran dentro de parámetros.




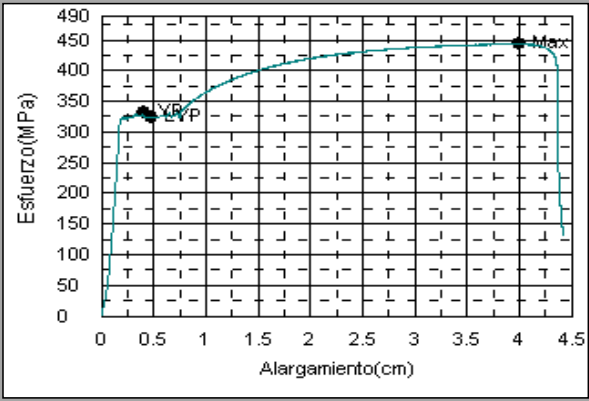
Tabla 6.23. Ensayo de tracción de perfil ángulo de 20x2, N°2.

 		UTA-FICM	 <small>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</small>	
ENSAYO DE TRACCIÓN				
DATOS		UNIDADES	Fecha emisión: 2011-03-28	
PRODUCTO:	AL	ÁNGULO		
NORMA DE ENSAYO:	INEN 109		MUESTRA: AL 20X2	
NORMA DE PRODUCTO	INEN 2215		MUESTRA 2	
ESPESOR:	1,92	mm		
ANCHO:	19,79	mm		
ÁREA:	38,00	mm ²		
CARGA DE FLUENCIA:	12,85	kN		
CARGA ÚLTIMA	17,36	kN		
TEMPERATURA:	19,9	°C		
HUMEDAD:	51	%		
OPERADOR	Eduardo Villegas			
RESULTADOS				
IDENTIFICACIÓN	Resistencia Máxima (Mpa)	Alargamiento (%)	Limite de Fluencia (Mpa)	
AL 20X2	456,95	26,6	338,27	
	(410-540) Mpa	22%	275 Mpa	
CONCLUSIÓN	CUMPLE NORMA	CUMPLE NORMA	CUMPLE NORMA	
GRAFICO DE PROPIEDADES MECÁNICAS				
		OBSERVACIONES: <input type="checkbox"/> Corte Diagonal <input type="checkbox"/> Horizontal (Irregular) <input type="checkbox"/> Fuera del tercio medio de la zona calibrada <input type="checkbox"/> Cono y crater <input checked="" type="checkbox"/> Parcial cono y crater		
Relación Resistencia Máxima & Resistencia a la Fluencia:		1,35		

Fuente: Eduardo Villegas

Observación: En el ensayo de tracción que se realizó de ángulo, todas las propiedades mecánicas se encuentran dentro de parámetros.




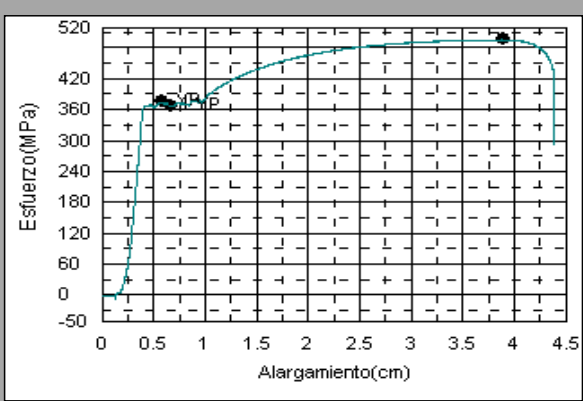
Tabla 6.24. Ensayo de tracción de perfil ángulo de 20x2, N°3

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE TRACCIÓN							
DATOS			UNIDADES			Fecha emisión: 2011-03-28	
PRODUCTO:	AL	ANGULO					
NORMA DE ENSAYO:	INEN 109		MUESTRA: AL 20X2				
NORMA DE PRODUCTO	INEN 2215		MUESTRA 3				
ESPESOR:	2,19	mm					
ANCHO:	20,45	mm					
ÁREA:	44,79	mm ²					
CARGA DE FLUENCIA:	14,86	kN					
CARGA ÚLTIMA	19,98	kN					
TEMPERATURA:	21,2	°C					
HUMEDAD:	43	%					
OPERADOR	Eduardo Villegas						
RESULTADOS							
IDENTIFICACIÓN	Resistencia Máxima (Mpa)	Alargamiento (%)	Limite de Fluencia (Mpa)				
AL 20X2	445,98	32,56	331,7				
CONCLUSIÓN	(410-540) Mpa	22%	275 Mpa		NORMA INEN 2215		
	CUMPLE NORMA	CUMPLE NORMA	CUMPLE NORMA				
GRAFICO DE PROPIEDADES MECÁNICAS							
				OBSERVACIONES: <input type="checkbox"/> Corte Diagonal <input type="checkbox"/> Horizontal (Irregular) <input type="checkbox"/> Fuera del tercio medio de la zona calibrada <input type="checkbox"/> Cono y crater <input checked="" type="checkbox"/> Parcial cono y crater			
Relación Resistencia Máxima & Resistencia a la Fluencia:				1,34			

Fuente: Eduardo Villegas

Observación: En el ensayo de tracción que se realizó de ángulo, todas las propiedades mecánicas se encuentran dentro de parámetros.




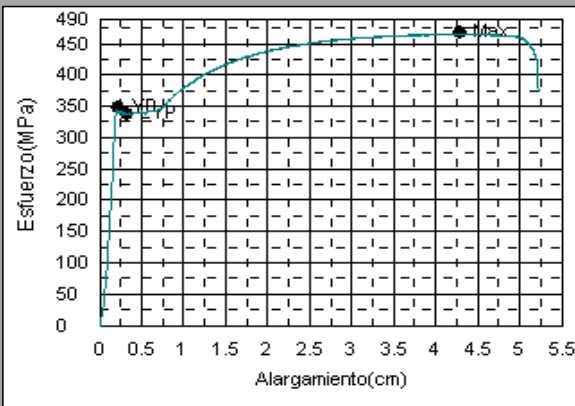
Tabla 6.25. Ensayo de tracción de perfil ángulo de 20x2, N°4

				UTA-FICM				LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE TRACCIÓN									
DATOS				UNIDADES		Fecha emisión: 2011-03-28			
PRODUCTO:		AL		ANGULO					
NORMA DE ENSAYO:		INEN 109				MUESTRA: AL 20X2			
NORMA DE PRODUCTO		INEN 2215				MUESTRA 4			
ESPESOR:		1,95		mm					
ANCHO:		19,60		mm					
ÁREA:		38,28		mm ²					
CARGA DE FLUENCIA:		14,41		kN					
CARGA ÚLTIMA		19,08		kN					
TEMPERATURA:		20,9		°C					
HUMEDAD:		45		%					
OPERADOR		Eduardo Villegas							
RESULTADOS									
IDENTIFICACION		Resistencia Máxima (Mpa)		Alargamiento (%)		Limite de Fluencia (Mpa)			
AL 20X2		498,35		30,06		376,48			
		(410-540) Mpa		22%		275 Mpa			
CONCLUSIÓN		CUMPLE NORMA		CUMPLE NORMA		CUMPLE NORMA			
						NORMA INEN 2215			
GRÁFICO DE PROPIEDADES MECÁNICAS									
						OBSERVACIONES: <input checked="" type="checkbox"/> Corte Diagonal <input type="checkbox"/> Horizontal (Irregular) <input type="checkbox"/> Fuera del tercio medio de la zona calibrada <input type="checkbox"/> Cono y crater <input type="checkbox"/> Parcial cono y crater			
Relación Resistencia Máxima & Resistencia a la Fluencia:						1,32			

Fuente: Eduardo Villegas

Observación: En el ensayo de tracción que se realizó de ángulo, todas las propiedades mecánicas se encuentran dentro de parámetros.

Tabla 6.26. Ensayo de tracción de perfil ángulo de 20x2, N°5.

				UTA-FICM				LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE TRACCIÓN									
DATOS				UNIDADES		Fecha emisión: 2011-03-28			
PRODUCTO:	AL	ANGULO				MUESTRA: AL 20X2			
NORMA DE ENSAYO:	INEN 109					MUESTRA 5			
NORMA DE PRODUCTO	INEN 2215								
ESPESOR:	2,01	mm							
ANCHO:	19,54	mm							
ÁREA:	39,33	mm ²							
CARGA DE FLUENCIA:	13,67	kN							
CARGA ÚLTIMA	18,41	kN							
TEMPERATURA:	19,9	°C							
HUMEDAD:	48	%							
OPERADOR	Eduardo Villegas								
RESULTADOS									
IDENTIFICACIÓN	Resistencia Máxima (Mpa)	Alargamiento (%)		Limite de Fluencia (Mpa)					
AL 20X2	467,92	33,6		347,6					
	(410-540) Mpa	22%		275 Mpa		NORMA INEN 2215			
CONCLUSIÓN	CUMPLE NORMA	CUMPLE NORMA		CUMPLE NORMA					
GRÁFICO DE PROPIEDADES MECÁNICAS									
					OBSERVACIONES: <input type="checkbox"/> Corte Diagonal <input type="checkbox"/> Horizontal (Irregular) <input type="checkbox"/> Fuera del tercio medio de la zona calibrada <input type="checkbox"/> Cono y crater <input checked="" type="checkbox"/> Parcial cono y crater				
Relación Resistencia Máxima & Resistencia a la Fluencia:						1,35			

Observación: En el ensayo de tracción que se realizó de ángulo, todas las propiedades mecánicas se encuentran dentro de parámetros.

6.6.9. Análisis metalográfico

En micrografías la preparación de la muestra es sumamente importante para obtener buenos resultados y buena interpretación de las imágenes. Si la superficie de la muestra se encuentra con rayones estos pueden ser confundidos con bordes de grano e inclusiones lo cual genera un error en el análisis metalográfico. Debido a esto al momento de realizar la muestra se debe tomar el tiempo necesario pasar por cada estación de lijado y de pulido. Este método toma como referencia las normas ASTM E3, E112, E45, que se refieren a la preparación de muestras para ensayos metalográficos para medición de tamaño de grano e inclusiones

6.6.9.1 Corte de muestras

El tipo de corte que se va a realizar es el que determina el área que se podrá ver al momento del análisis.

En producto laminado es importante que el corte de la probeta sea longitudinal con el fin de ver el grano en el sentido de laminación, esto según lo dicta la norma ASTM E112. Para esto se deben realizar dos cortes uno transversal y luego uno longitudinal.

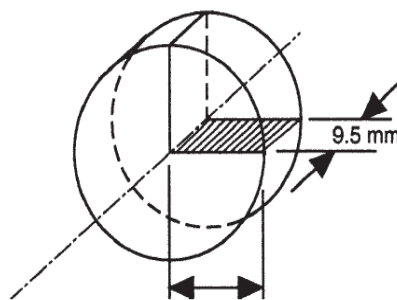


Fig. 6.75. Espesor de muestra para ensayar

Fuente: Eduardo Villegas

Procurar para el corte longitudinal que la muestra tenga dos superficies planas para poder ajustar firmemente las mordazas contra la muestra.

Si se tuviere que realizar un corte sobre una probeta que sufrió alguna fractura es de vital importancia que no se pierda la fractura y que el corte permita visualizar

la misma. Utilizar la llave hexagonal para girar los tornillos en sentido antihorario para abrir las mordazas. Estas deben ser abiertas hasta que entre la muestra.



Fig. 6.76. Ajuste de muestras.

Fuente: Eduardo Villegas

Colocar la muestra sobre la base gris. El tamaño a cortar de la muestra se regula acercando o alejando la muestra de la ranura de la base. El tamaño de la muestra debe ser lo suficientemente grande para que la mordaza pueda sujetarla firmemente.



Fig.6.77. Sujeción de mordazas.

Fuente: Eduardo Villegas

Ajustar las mordazas girando los tornillos en sentido horario; Ver que el chorro de agua que va a refrigerar la muestra y el disco esté bien direccionado. Para esto, sin prender la máquina, se debe quitar el seguro de la base gris y desplazarla hasta que la muestra toque el disco, abrir la llave de la boquilla de refrigeración.

Si el chorro de agua no está bien direccionado se lo debe regular moviendo la manguera morada y la boquilla hasta que el chorro se encuentre bien direccionado.



Fig. 6.78. Abertura de refrigerante.

Fuente: Eduardo Villegas

Mover la base hacia su posición original, abrir la válvula de la boquilla de refrigeración previamente ajustada.

Retirar el seguro de la base y desplazarla suavemente hacia el disco de corte ir ejerciendo presión mínima sobre la base con la palanca de control.



Fig. 6.79. Posicionamiento de presión para el corte.

Fuente: Eduardo Villegas

Desplazar la base hasta que la muestra sea cortada completamente.

6.6.9.2. Relleno o embutido de muestras

Se debe realizar a muestras pequeñas con un diámetro máximo de 30 mm y una altura máxima de 15 mm. Desmontar la tapa de seguridad retirando los dos pernos laterales.

Girando la perilla negra de la tapa levantar el tornillo.



Fig. 6.80. Desmontaje de tapa de seguridad.

Fuente: Eduardo Villegas

Girar la manivela que se encuentra en el lado derecho de la embutidora, en sentido horario, hasta que salga un cilindro de acero, retirar dicho cilindro para descubrir el cilindro base donde se colocará la muestra.

Elevar el cilindro base hasta la superficie superior de la embutidora y colocar la muestra con la cara que se va a analizar hacia abajo.



Fig. 6.81. Colocación de muestra.

Fuente: Eduardo Villegas

Girar la manivela en sentido anti horario hasta que el cilindro base llegue al tope, de acuerdo al tamaño de la muestra cargar el vaso de medición con baquelita, el nivel máximo se utiliza cuando la probeta tiene una altura de 15 mm. El nivel mínimo se utiliza cuando la probeta tiene una altura de 3mm.



Fig. 6.82. Nivel y muestra de baquelita.

Fuente: Eduardo Villegas

Con el embudo rojo colocar la baquelita sobre la muestra procurando que esta no exceda el nivel máximo del agujero, colocar el cilindro de acero en el espacio dejado por la baquelita, verificar que el cilindro entre recto, colocar la tapa sobre el cilindro y ajustar los pernos laterales al máximo, girar la perilla negra hasta colocar el tope del tornillo sobre la superficie del cilindro hasta que se ajuste, escoger el tiempo de embutición mediante el temporizador que se encuentra en la parte frontal del equipo de la baquelita.

Este tiempo debe estar entre 6 y 12 minutos. El tiempo depende de la condición previa de la embutidora, pero este debe ser suficiente para alcanzar una temperatura de 130°C.



Fig. 6.83. Temporizador para calentamiento.

Fuente: Eduardo Villegas

Encender el equipo girando el interruptor negro hacia la derecha.

En la parte izquierda del panel de mandos se encuentra una pantalla indicadora de temperatura. En color rojo se marca la temperatura a la que el equipo se encuentra y en color verde se marca la temperatura a la que debe llegar el equipo.



Fig. 6.84. Pantalla indicadora de temperatura.

Fuente: Eduardo Villegas

La baquelita tiene una temperatura de embutición de entre 135 a 150 °C., para modificar la temperatura a la que debe llegar el equipo, seguir el siguiente procedimiento.

Encender el equipo. Aplastar el botón “SET” uno de los números que se encuentra en color verde empezará a titilar. Cambiar el valor aplastando las flechas con dirección hacia arriba o con dirección hacia abajo de acuerdo a si se quiere aumentar o disminuir la temperatura.

Una vez que se ha cambiado el número que se encontraba titilando se debe cambiar al siguiente número para esto se debe aplastar la flecha que apunta hacia la derecha y seguir el mismo procedimiento. Una vez que se ha programado el valor de temperatura deseado aplastar el botón de “SET”.

Girar la manivela en sentido anti horario hasta alcanzar la presión óptima que será cuando se enciende el foco amarillo en el panel de controles de la embutidora.



Fig. 6.85. Incremento de presión en la embutidora.

Fuente: Eduardo Villegas

A medida que la baquelita se calienta empieza a fundirse y la presión empieza a disminuir en este instante el foco se apagará. Volver a girar la baquelita hasta que se prenda de nuevo.

Apagar el equipo y esperar a que la probeta se enfríe dentro del mismo equipo. El tiempo de espera se encuentra entre los 8 a 12 minutos dependiendo del tamaño de la probeta y la temperatura a la que llegó el equipo.

Girar la perilla negra de la tapa hasta que el tope del tornillo alcance la superficie superior de la torreta, girar la manivela en sentido horario hasta que el cilindro metálico salga completamente de la embutidora, retirar la tapa y el cilindro de la embutidora, girar la manivela en sentido horario hasta que la probeta de baquelita salga completamente.

Si la probeta y el cilindro metálico quedan pegados es porque la baquelita no se enfriado completamente. Si esto ocurre dejar que los dos se enfríen al ambiente, encender la lijadora automática aplastando el botón izquierdo de encendido ubicado en el costado izquierdo de la máquina, colocar la cara que se va a preparar sobre la lija de zirconio # 60, ejercer presión moderada sobre la muestra y moverla de izquierda a derecha. Si la muestra se calienta enfriarla con agua y luego limpiarla con aire comprimido y seguir lijando.

Desbastar hasta conseguir una superficie plana y uniforme.

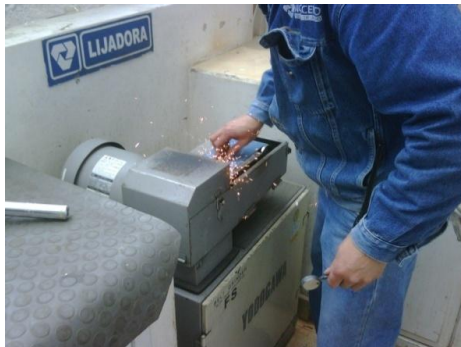


Fig. 6.86. Lijado de Muestra.

Fuente: Eduardo Villegas

Lavar bien la muestra y secar con aire comprimido, para desbastar la probeta se debe empezar en el número de lija más pequeño y avanzar hacia el más grande. Es por esto que se debe empezar con la lija # 120.

Colocar la cara de la probeta que ya se desbastó sobre la superficie de la lija, mover la probeta hacia adelante y hacia atrás sin levantarla. Este movimiento debe ser suave y sin ejercer excesiva presión sobre la probeta.



Fig. 6.87. Pulido de muestra.

Fuente: Eduardo Villegas

Humectar constantemente la lija con agua, continuar con el lijado hasta obtener una superficie uniforme y las líneas del desbaste anteriores desaparezcan.

Lavar bien la probeta y empezar a lijar en la siguiente estación del banco de lijas, realizar el procedimiento mencionado hasta terminar en la lija #600, lavar la muestra con abundante agua con el fin de que ninguna partícula de desbaste quede sobre la superficie preparada. Una vez hecho esto secar la muestra con aire comprimido.

Diluir 30g de alúmina en 100 ml de agua destilada y colocar un poco en el paño, o colocar $\frac{1}{4}$ de cucharadita de alúmina en polvo sobre todo el paño de fieltro y con un aspersor humectar el paño hasta que se diluya, encender la pulidora aplastando uno de los dos botones verdes de “START” ubicados en el panel de control frontal. El primer botón es el de “LOW SPEED” al aplastarlo el motor de la máquina girará a 150 rpm. El segundo botón es el de “HIGH SPEED” al aplastarlo el motor de la máquina girará a 300 rpm.



Fig. 6.88. Botones de control

Fuente: Eduardo Villegas

Colocar la cara preparada de la muestra sobre el paño.



Fig. 6.89. Pulido en el paño.

Fuente: Eduardo Villegas

Permanecer con la muestra sobre la pulidora hasta conseguir una superficie especular.

6.6.9.3. Manejo del software “material plus” microscopio

Material Plus es un programa que nos permite manejar imágenes de micrografías para poder analizar el tamaño de grano, las inclusiones, el porcentaje de fases, las descarbonaciones, entre otros aspectos. Este método toma como referencia las normas ASTM E112, E1382, E45 y E1122 que tratan del análisis de muestras micrográficas por métodos automáticos

- Dar doble click sobre el ícono de “Material Plus 4.2” que se encuentra en el escritorio del computador.

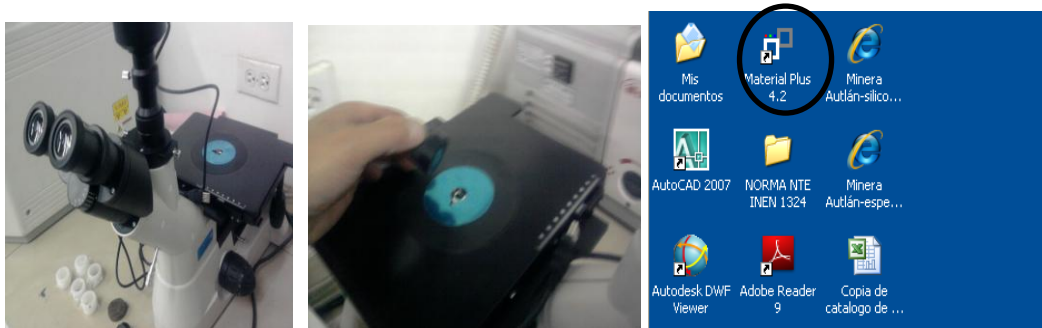


Fig. 6.90. Colocación de nuestra muestra y ventana de ingreso al programa

Fuente: Software Material Plus 4,2

- Dar click sobre la pestaña “File”, y seleccionar la opción “Open”, como se muestra en la figura:

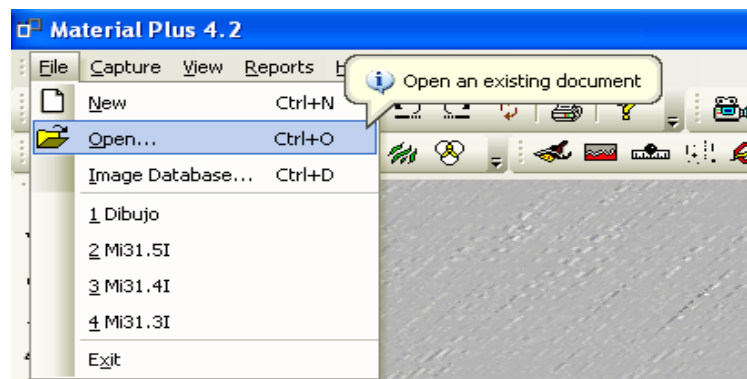


Fig. 6.91. Ventana de apertura a documentos.

Fuente: Software Material Plus 4,2

- Dar doble click sobre el archivo que se desea analizar, dar click sobre el ícono de inclusiones en la barra de herramientas del programa como se muestra en la figura:



Fig. 6.92. Ventana de barra de herramienta.

Fuente: Software Material Plus 4,2

- Aplastar el botón “Set Threshold”, en el menú “ThresholdRange” elegir el rango de colores al que pertenecen las inclusiones, dar click en el botón “OK”, aplastar el botón “Show Result”.

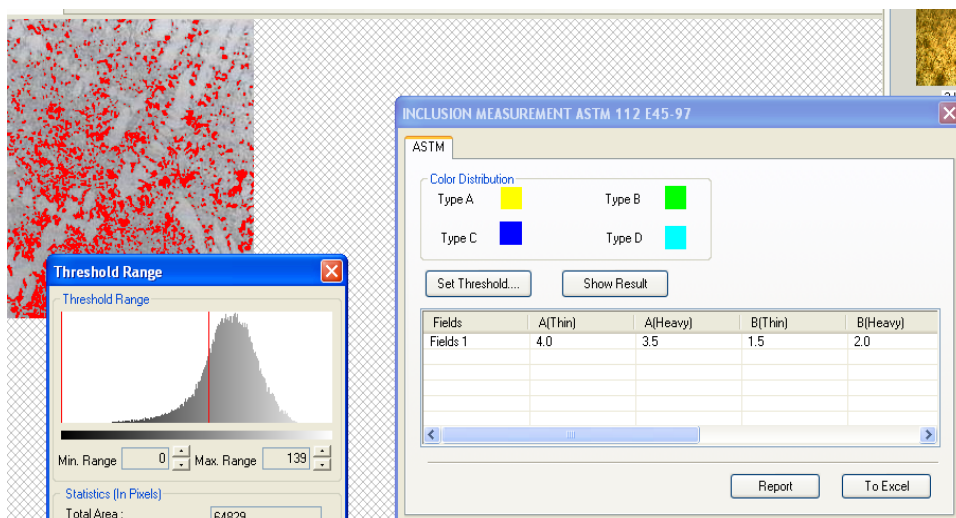


Fig. 6.93. Ventana de resultados.

Fuente: Software Material Plus 4,2

- Generar el reporte aplastando el botón “Report” y llenar los datos correspondientes. las letras “A, B, C, D” corresponden a la clasificación que realiza la norma ASTM E45,

- Dar click sobre el ícono de fases en la barra de herramientas del programa como se muestra en la figura. Si se desea ver los porcentajes de fases solo en un área determinada de la foto, seleccionar la opción “SELECTED PART”.
- Seleccionar con el mouse la sección que se desea medir en la foto, seleccionar el rango de color al que pertenece la fase, pulsar el botón “Edit” para cambiar el nombre de la fase, el botón “Del” para borrar una fase y el botón “New” para aumentar una fase.

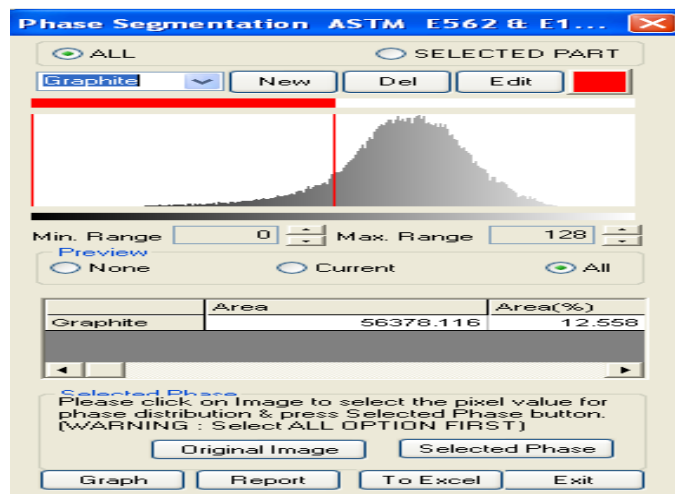


Fig. 6.94. Ventana de diagrama de fases.

Fuente: Software Material Plus 4,2.

- Seleccionar “All” para ver los resultados de todas las fases que se hayan ingresado, “Current” para ver el resultado solo de la fase seleccionada en ese momento y “None” para que no aparezca ningún resultado. Generar el reporte aplastando el botón “Report” y llenar los datos correspondientes:

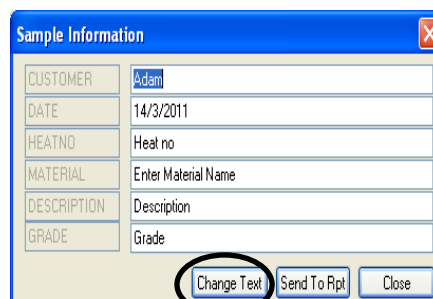


Fig. 6.95. Ventan de ingreso de datos.

Fuente: Software Material Plus 4,2

Para cambiar los datos que se desee poner en el reporte, aplastar el botón “Change Text”, cambiar el nombre de los datos, ingresar y aplastar el botón “Save Text”.

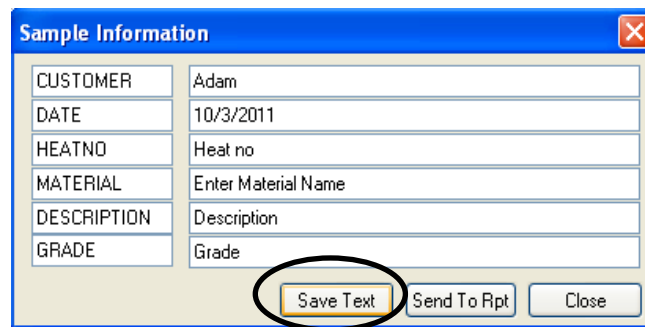


Fig. 6.96. Ventana para guardar datos.

Fuente: Software Material Plus 4,2

- Llenar los datos para el informe y aplastar el botón “SendToRpt”.
- Dar click sobre el ícono de tamaño de grano en la barra de herramientas del programa.
- Seleccionar la pestaña “Comparision”. Elegir los diferentes tipos de tamaño de grano hasta encontrar el más parecido al de la foto original.

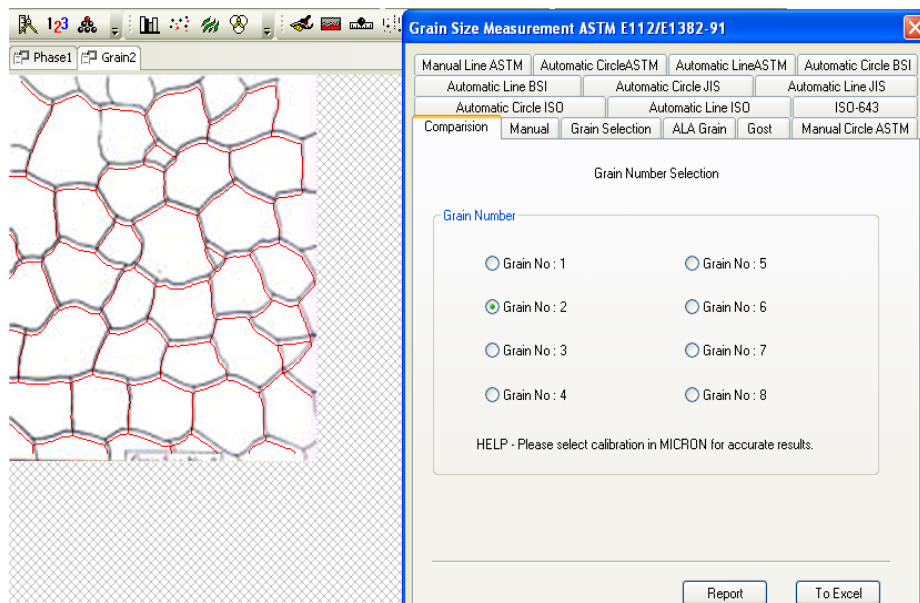


Fig. 6.97. Ventana de tamaño de grano.

Fuente: Software Material Plus 4,2

- Generar el reporte aplastando el botón “Report” y llenar los datos correspondientes.
- Dar click sobre el ícono de tamaño de grano en la barra de herramientas del programa como se muestra en la figura.
- Seleccionar la pestaña “Automtic Circle ASTM”.
- Dar click en el botón “Set Threshold”, seleccionar la escala de colores al que corresponde los bordes de grano de la micrografía en el menú “Threshold Range”.
- Dar click en el botón “OK”.
- Dar click en el botón “Draw Intercepts”. Si el resultado es bueno dar click en el botón “Add” para que ese dato vaya al informe o sobre el botón “Delete” para borrar esa medición.

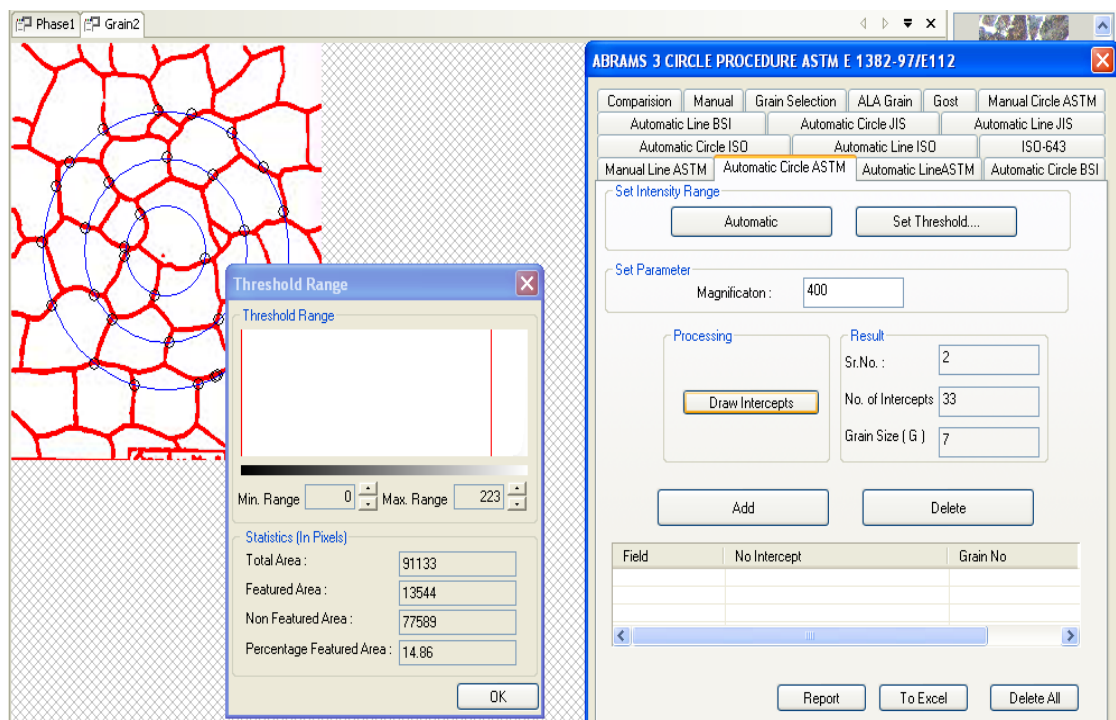


Fig.6.98. Ventana de resultados comparativos.

Fuente: Software Material Plus 4,2

- Generar el reporte aplastando el botón “Report” y llenar los datos correspondientes.

Fig. 6.99. Ventana de ingreso de datos.

Fuente: Software Material Plus 4,2

- Para cambiar los datos que se desee poner en el reporte, aplastar el botón “Change Text”, cambiar el nombre de los datos, ingresar y aplastar el botón “Save Text”.
- Para enviar los datos de las mediciones realizadas aplastar el botón “To Excel”.
- Poner los datos de tamaño de grano, ferrita y el promedio de inclusiones en la base de datos. Dar click sobre el ícono de mediciones en la barra de herramientas del programa.

Fig. 6.100. Ventana de ingreso de datos y mediciones.

Fuente: Software Material Plus 4,2

- Dibujar la forma geométrica que se desea medir en la fotografía.

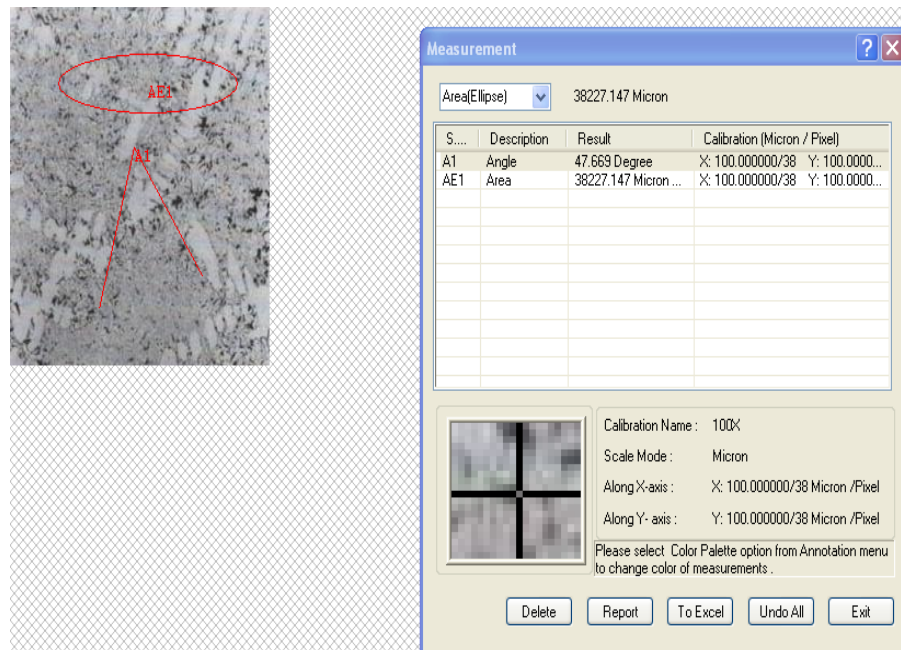


Fig. 6.101. Ventana de dibujo de forma geométrica.

Fuente: Software Material Plus 4,2

- Para borrar todas las mediciones realizadas aplastar el botón “Undo All”, para borrar una sola medición seleccionar y aplastar el botón “Delete”.
- Seleccionar la opción “Manual” en “Intensity Range”. En el menú “Set Range” elegir el rango de colores al que corresponden las partículas y aplastar “OK”.
- Seleccionar en cuantas distribuciones se quiere clasificar las partículas, si se desea clasificar por área “Area” o por longitud “Length” y los rangos de tamaños de las mismas en “Distribution Range”.
- Dar click en el botón “Count”, si se desea realizar cambios en el rango de clasificación hacerlo y dar click en el botón “OK”.

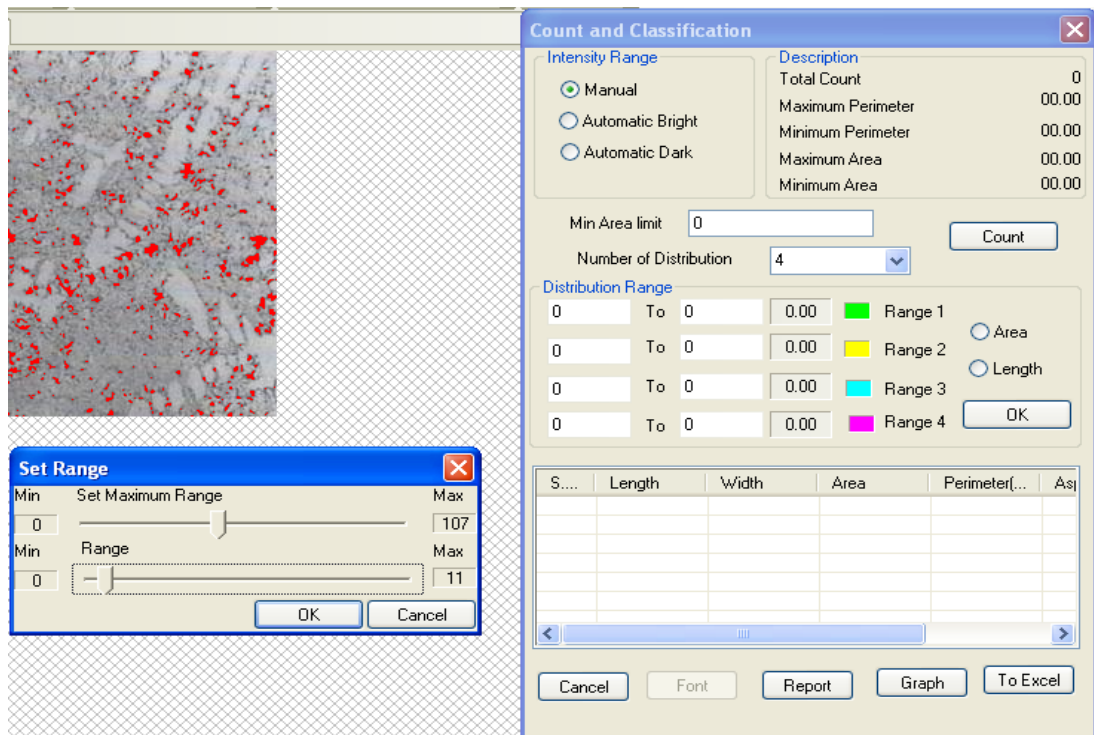


Fig. 6.102. Ventana para cambios en el rango.

Fuente: Software Material Plus 4,2

- Generar el reporte aplastando el botón “Report” y llenar los datos correspondientes:
- Aplastar el botón “Exit”.

La clasificación de las inclusiones ASTM E45 es la siguiente:

- Tipo A: Sulfuros
- Tipo B: Cadenas discontinuas
- Tipo C: Cadenas continuas
- Tipo D: Partículas globulares

Según el grosor de las inclusiones estas se clasifican a su vez como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6.27. Clasificación de grosor de inclusiones longitud

Inclusion Type	Thin		Thick (Heavy)		Oversize
	Minimum Width (μm)	Maximum Width (μm)	Minimum Width (μm)	Maximum Width (μm)	Minimum Width (μm)
A	≥ 2	4	> 4	12	> 12
B	≥ 2	9	> 9	15	> 15
C	≥ 2	5	> 5	12	> 12
D	≥ 3	8	> 8	13	> 13

Y según su largo (A, B, C) o el número de las mismas




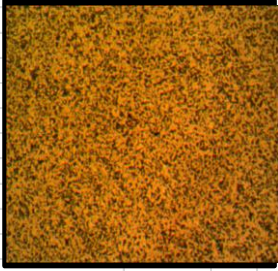
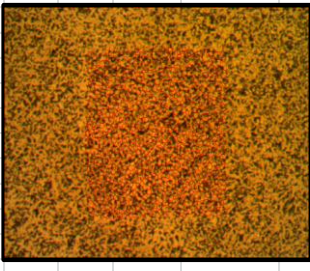
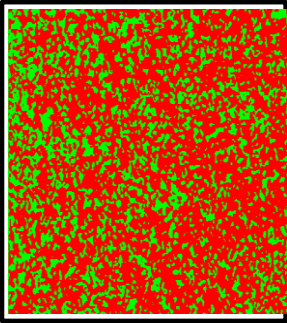
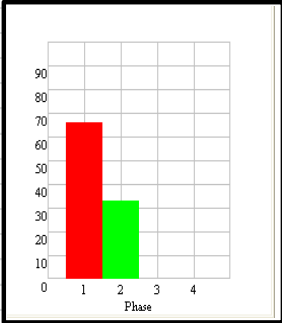
(mm at 100X, or count)

Severity	A	B	C	D
0.5	3.7	1.7	1.8	1
1.0	12.7	7.7	7.6	4
1.5	26.1	18.4	17.6	9
2.0	43.6	34.3	32.0	16
2.5	64.9	55.5	51.0	25
3.0	89.8	82.2	74.6	36
3.5	118.1	114.7	102.9	49
4.0	149.8	153.0	135.9	64
4.5	189.8	197.3	173.7	81
5.0	223.0	247.6	216.3	100

Fuente: Norma ASTM E45




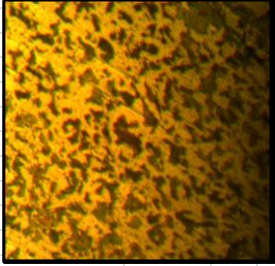
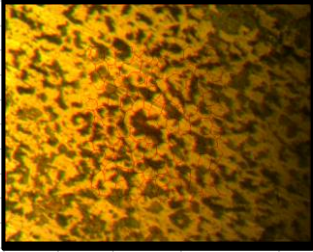

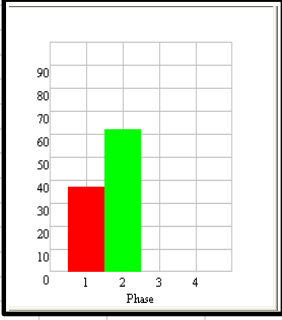
6.6.9.4. Ensayos de micrografía

Tabla 6.28. Ensayo de Micrografía N° 1.

				UTA-FICM		 SOLUCIONES DE ACERO LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE MICROGRAFÍA							
				Identificación:		Micro 1	
Tipo de Acero:		Acero SAE 1020		Fecha del ensayo:		02/04/2011	
Solicitado por:		Novacero-Lasso		Nº Hoja:		1/5	
Operador:		Eduardo Villegas		Muestra:		Micro 1	
Equipo:		MATERIAL PLUS MICROSCOPIO					
Norma de Referencia:		ASTME112					
IMÁGENES							
Tamaño de Grano							
Aumento: 100 x				Método: Comparación			
							
FASES							
							
CONCLUSIONES							
TAMAÑO DE GRANO		Nº 8		PORCENTAJES			
INCLUSIONES		NO SE ENCONTRARON		FASES		FERRITA: 66,03% PERLITA: 33,96%	




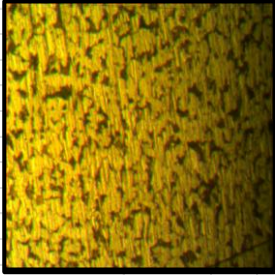
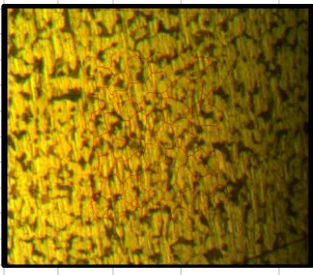

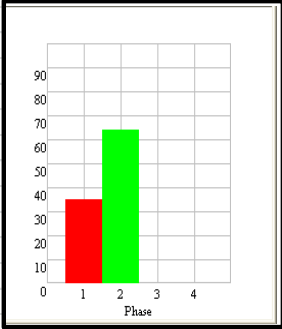
Observación: En el ensayo de micrografía que se realizó por el método de comparación, se encuentra dentro de parámetros según la norma ASTM E112.

Tabla 6.29. Ensayo de Micrografía N° 2.

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE MICROGRAFÍA							
				Identificación:		Micro 2	
Tipo de Acero:		Acero SAE 1020		Fecha del ensayo:		03/04/2011	
Solicitado por:		Novacero-Lasso		Nº Hoja:		2/5	
Operador:		Eduardo Villegas		Muestra:		Micro 2	
Equipo:		MATERIAL PLUS MICROSCOPIO					
Norma de Referencia:		ASTME112					
IMÁGENES							
Tamaño de Grano							
Aumento: 400 x				Método: Comparación			
							
FASES							
							
CONCLUSIONES							
TAMAÑO DE GRANO		Nº 8		PORCENTAJES			
INCLUSIONES		NO SE ENCONTRARON		FASES		FERRITA: 62,323%	
						PERLITA: 37,67%	




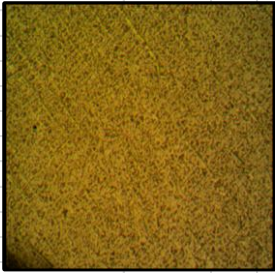
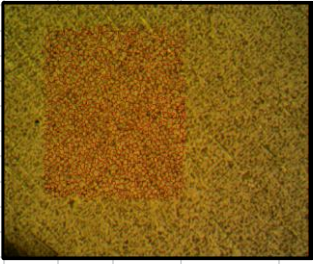
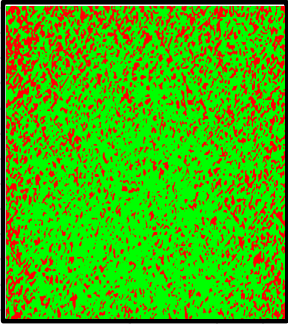
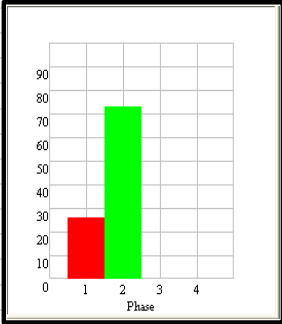
Observación: En el ensayo de micrografía que se realizó por el método de comparación, se encuentra dentro de parametros según la norma ASTM E112.

Tabla 6.30. Ensayo de Micrografía N° 3

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE MICROGRAFÍA							
				Identificación:		Micro 2	
Tipo de Acero:		Acero SAE 1020		Fecha del ensayo:		03/04/2011	
Solicitado por:		Novacero-Lasso		Nº Hoja:		2/5	
Operador:		Eduardo Villegas		Muestra:		Micro 2	
Equipo:		MATERIAL PLUS MICROSCOPIO					
Norma de Referencia:		ASTME112					
IMÁGENES							
Tamaño de Grano							
Aumento: 400 x				Método: Comparación			
							
FASES							
							
CONCLUSIONES				PORCENTAJES			
TAMAÑO DE GRANO	Nº 8		FASES	FERRITA: 64,42%			
INCLUSIONES	NO SE ENCONTRARON			PERLITA: 35,58%			





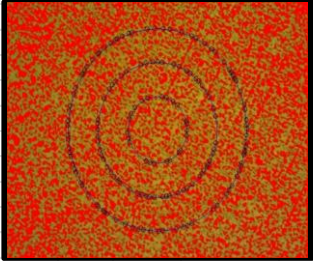
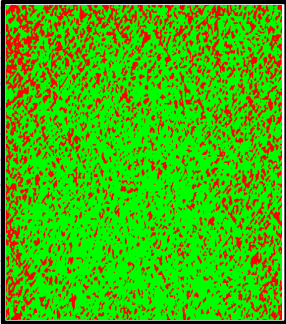
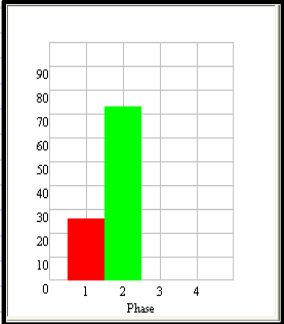
Observación: En el ensayo de micrografía que se realizó por el método de comparación, se encuentra dentro de parámetros según la norma ASTM E112.

Tabla 6.31. Ensayo de Micrografía N° 4.

				UTA-FICM		 SOLUCIONES DE ACERO <small>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</small>			
ENSAYO DE MICROGRAFÍA									
Tipo de Acero:				Acero SAE 1020		Identificación:		Micro 4	
Solicitado por:				Novacero-Lasso		Fecha del ensayo:		05/04/2011	
Operador:				Eduardo Villegas		Nº Hoja:		4/5	
Equipo:				MATERIAL PLUS MICROSCOPIO		Muestra:		Micro 4	
Norma de Referencia:				ASTME112					
IMÁGENES									
Tamaño de Grano									
Aumento: 100 x					Método: Comparación				
									
FASES									
									
CONCLUSIONES									
TAMAÑO DE GRANO		Nº 8		PORCENTAJES		FERRITA: 73,53%			
INCLUSIONES		NO SE ENCONTRARON		FASES		PERLITA: 26,47%			

Observación: En el ensayo de micrografía que se realizó por el método de comparación, se encuentra dentro de parámetros según la norma ASTM E112.

Tabla 6.32. Ensayo de Micrografía N° 5.

				UTA-FICM			
						LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	
ENSAYO DE MICROGRAFÍA							
				Identificación:		Micro 5	
Tipo de Acero:		Acero SAE 1020		Fecha del ensayo:		08/04/2011	
Solicitado por:		Novacero-Lasso		Nº Hoja:		5/5	
Operador:		Eduardo Villegas		Muestra:		Micro 5	
Equipo:		MATERIAL PLUS MICROSCOPIO					
Norma de Referencia:		ASTM E112					
IMÁGENES							
Tamaño de Grano							
Aumento: 100 x				Método: Circulo Intersección			
							
FASES							
							
CONCLUSIONES							
TAMAÑO DE GRANO		Nº 8		PORCENTAJES			
INCLUSIONES		NO SE ENCONTRARON		FASES		FERRITA: 76,741%	
						PERLITA: 23,253%	

Observación: En el ensayo de micrografía que se realizó por el método de comparación, se encuentra dentro de parámetros según la norma ASTM E112.

6.7. CONCLUSIONES DE LA PROPUESTA

- Se desarrolló métodos para la mejor utilización de los software de las máquinas que se utilizó, lo cual nos permitió realizar de una mejor manera los ensayos tanto mecánicos y químicos,
- Con la utilización de las normas internacionales y nacionales se pudo realizar la comprobación de las características que debe poseer el acero SAE1020, y comparar con los resultados obtenidos en cada ensayo.
- Respecto a los ensayos mecánicos y metalúrgicos, los ensayos de tracción en perfiles de acero SAE 1020 cumplen con los requerimientos exigidos por la norma INEN 2215, los distintos tamaños de grano, porcentajes de fases y morfologías de ferrita y perlita, nos dan la pauta para concluir que el enfriamiento en los perfiles nos es constante, ya que depende del espesor a fabricar.
- Las inclusiones más peligrosas observadas son de tipo sulfuros y óxidos globulares, los cuales pueden ubicarse en ciertos lugares provocando una elevada concentración de esfuerzos en el acero.
- Se estableció los cálculos de las cantidades necesarias de elementos aleantes en la chatarra que se fundió con el propósito de obtener una composición química aceptables y que se encuentre dentro de los rangos establecidos por la norma.
- La palanquilla se ha estado importando desde que la planta NOVACERO S.A. inicio hace unos 25 Años, se evaluó en el lapso de tres años anteriores la importación se tiene que a ingresado a la planta alrededor de 15484,73 toneladas de acero SAE 1020. Luego se compara con la producción desde enero del 2011 a enero 2012, después de implantar este, se tiene como tonelaje de producción 5547,2100 Toneladas anuales por lo que se reduce la importación en su totalidad, se produce en un año lo que se importaba en tres años, razón por la cual se dejó de importar palanquilla en acero SAE 1020.

6.8. RECOMENDACIONES DE LA PROPUESTA

- La óptima clasificación de la chatarra desde el momento que llega en los vehículos hasta que son descargados para los distintos procesos, como son corte, fragmentación, cizallamiento, compactación, clasificación.
- Seguir todos los procesos y métodos ya establecidos, con el fin obtener un acero sin impurezas y con el menor de los defectos superficiales e internos
- Realizar los cálculos adecuados para agregar las cantidades exactas de ferroaleaciones para evitar el consumo de energía en el proceso de fundición.
- La muestra que se utiliza para el ensayo químico debe estar bien pulida para que se tenga resultados confiables y poder afinar de una mejor manera la colada.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS Y MANUALES

- VELASQUEZ Ramón, RICARDO Antonio. (1988). Elementos de metalurgia. Editorial: Pueblo y educación (La Habana)
- FERNADEZ José, ARASTEGUI Retana. (1969). Introducción teórica a la metalurgia física. Editorial: Dossat(Madrid)
- UPADHYAYA G.S. K.K. Dube. (1979). Problemas de termodinámica y cinética en metalurgia. Editorial: Giminis (Buenos Aires)
- GULIAEV A.p.,(1990). Metalurgia T1. Editorial: Pueblo y educación (La Habana) 1990
- GULIAEV A.p.,(1990). Metalurgia T2. Editorial: Pueblo y educación (La Habana) 1990
- DUBOX J. Eduardo. Prácticas de metalurgia. Editorial: Marymar (México)

ASM Metal Handbook (Colección Completa)

- Volumen 01, Properties and Selection: Irons, Steels, and High Performance Alloys
Volume 02, Properties and Selection - Nonferrous Alloys and Special-Purpose
Volume 03, Alloy Phase Diagrams

- INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, CÓDIGO DE ENSAYOS MECÁNICOS (INEN 109) QUITO 2007-08-01

- **NORMAS INTERNACIONALES**

STANDARD SPECIFICATION FOR CARBON STRUCTURAL STEEL

ASTM A 36:2004

ESTÁNDAR SPECIFICATION FOR HIGH STRENGTH LOW ALLOY STRUCTURAL STEEL

ASTM A 242:1989

GENERAL CHARACTERISTICS AND HEAT TREATMENTS OF STEELS

SAE J 412: 1995

SAE J403 1020, 1015,

Norma ASTM E45

Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C., Norma Mexicana NMX-C-407- ONNCCE-2001, Industria de la Construcción - Varilla Corrugada de Acero Proveniente de Lingote y Palanquilla para Refuerzo de Concreto Especificaciones y Métodos de Prueba, México (2001).

- **NORMAS ECUATORIANAS**

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2215:99

Perfiles de Acero Laminados en Caliente (Primera Edición)

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2224:2008

Perfiles Angulares estructurales laminado en caliente (Primera Edición)

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 106

Acero al carbono, extracción y preparación de muestras

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 105

Palanquillas de acero para productos laminados de uso estructural

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 109:2009

Ensayos de tracción para materiales metálicos a temperatura ambiente

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 124:2009

Ensayos de dureza vickers para acero

LINKOGRAFÍA

- <http://www.scribd.com/doc/2252086/Tabla-de-Acero>
- <http://www.ferrocortes.com.co/index.php/acero-sae-1020-calibrados-yo-torneados-negros.html>
- <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3891/14/34039-14.pdf>
- <http://www.invenia.es/oepm:e95907243>
- <http://www.confemetal.es/aseral/guia.htm>
- http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/080htm/s ec_7.htm
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Siderurgia>
- http://es.encarta.msn.com/media_461530497/Producci%C3%B3n_de_acero.html
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Siderurgia>

- <http://es.wikipedia.org/wiki/Laminaci%C3%B3n>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Laminaci%C3%B3n>
- <http://www.gerdau.com.br/RelatorioGerdau/2006/esp/downloads/produccion-del-acero.pdf>
- http://www.carbueros.com/htm/your_business/Metals_Production_MeltingCasting.htm
- <http://www.ipac.es/acero/fabricacion.asp>

- Espectrómetro de emisión y absorción

ANEXO A

INEN

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2 215:99

PERFILES DE ACERO LAMINADOS EN CALIENTE.
REQUISITOS.

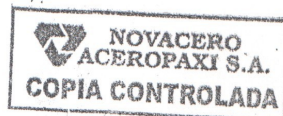
Primera Edición

HOT ROLLED STEEL PROFILES. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Productos de hierro y acero, acero estructural, placas metálicas, barras metálicas, secciones metálicas, fajas anchas, planos anchos, especificaciones, propiedades mecánicas, composición química, grados (calidad, ensayos, pruebas de aceptación, análisis químico, marcado, embalajes de entrega.

MC 06.04-417
CDU: 669.14.013
CIU: 3710
ICS: 77.140.60



ALMACEN

Norma Técnica
Ecuatoriana
Obligatoria

**PERFILES DE ACERO LAMINADOS EN CALIENTE.
REQUISITOS.**

**NTE INEN
2 215:99
1999-09**

1. OBJETO

1.1 Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos mecánicos y químicos que deben cumplir los perfiles estructurales de acero laminados en caliente.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma es aplicable a los perfiles de acero laminados en caliente que formarán parte de un sistema estructural.

3. DEFINICIONES

3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:

3.1.1 *Acero calmado*: Es el acero que ha sido completamente desoxidado, antes de ser colado.

3.1.2 *Análisis de colada*: Es el análisis representativo de la composición química de una colada de acero.

3.1.3 *Análisis químico sobre el material*: Es el análisis representativo de la composición química del acero proveniente de productos semiterminados o terminados.

3.1.4 *Colada*: Es el acero obtenido de una vaciada del horno de producción.

3.1.5 *Grado de acero*: Está dado por el rango de carbono y manganeso, así como el de otros elementos y por las propiedades mecánicas.

3.1.6 *Lote*: Es el conjunto de perfiles de acero del mismo grado y dimensiones provenientes del mismo orden de producción.

3.1.7 *Lote de muestreo*: Es el material proveniente de un lote y seleccionado para extraer las unidades de muestreo, a partir del mismo.

3.1.8 *Probeta*: Es el material extraído de la unidad de muestreo y preparado para un determinado ensayo.

3.1.9 *Unidad de muestreo*: Es el material extraído del lote de muestreo, destinado a someterse a los ensayos de recepción.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 Según el tipo de acero, los perfiles a los que se refiere esta norma se clasifican en los siguientes grados:

- E 185
- E 235
- E 275
- E 355

(Continúa)

ESCRITORES: Productos de hierro y acero, acero estructural, placas metálicas, barras metálicas, secciones metálicas, fajas anchas, planos anchos, especificaciones, propiedades mecánicas, composición química, grados de calidad, ensayos, pruebas de aceptación, análisis químico, marcado, condiciones de entrega.

4.1.1 La clasificación de los perfiles de acero está basada en el valor del límite de fluencia, R_e ; cuando el límite de fluencia R_e no es identificable, se tomará el alargamiento con carga 0,2%.

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos específicos

5.1.1 Proceso

5.1.1.1 Los perfiles estructurales de acero deben ser laminados en caliente y con un tratamiento de recocido o en estado equivalente, obtenido por un control de temperatura durante y después de la laminación

5.1.1.2 El proceso utilizado en la fabricación de los perfiles de acero debe adecuarse para conseguir las características físicas, mecánicas y químicas especificadas en la presente norma.

5.1.2 Estado de suministro

5.1.2.1 Después de la laminación, los perfiles de acero deben quedar libres de ondulaciones, grietas, pliegues, exfoliaciones o cualquier otro defecto que afecte su utilización.

5.1.3 Requisitos químicos

5.1.3.1 Composición

a) Los límites máximos de la composición química, del análisis de colada, están establecidos en la tabla 1 y debe ser informado por el fabricante.

TABLA 1. Composición química de colada

Grado	Calidad	Espesor en (mm)	Método de desoxidación 1)	Elementos de la composición química (% máx)				
				C	P	S	Mn	Si
E185	O	--		--	--	--	--	--
E235	A	e ≤ 16 16 < e ≤ 25 e ≤ 40 e > 40	--	0,22	0,050	0,050	--	--
	B		--	0,17	0,045	0,045	1,40	0,40
			--	0,20	0,045	0,045	1,40	0,40
	C		NE	0,17	0,045	0,045	1,40	0,40
	D		NE	0,20	0,045	0,045	1,40	0,40
			NE	0,17	0,040	0,040	1,40	0,40
			GF	0,17	0,035	0,035	1,40	0,40
E275	A	e ≤ 40 e > 40	--	0,24	0,050	0,050	--	--
	B		NE	0,21	0,045	0,045	1,50	0,40
			NE	0,22	0,045	0,045	1,50	0,40
	C		NE	0,20	0,040	0,040	1,50	0,40
	D		GF	0,20	0,035	0,035	1,50	0,40
E355	C	e ≤ 30 e > 30 e ≤ 30 e > 30	NE	0,20	0,040	0,040	1,60	0,55
			NE	0,22	0,040	0,040	1,60	0,55
			GF	0,20	0,035	0,035	1,60	0,55
			GF	0,22	0,035	0,035	1,60	0,55

NOTA 1: NE = No efervescente.

GF = Estos aceros deben tener un contenido suficientemente alto de elementos para producir una estructura de grano fino, por ejemplo Aluminio total ≥ 0,02%.

b) Las desviaciones permitidas en el análisis químico sobre el material están dadas en la tabla 2.

TABLA 2. Tolerancias para el análisis químico en producto.(*)

Elemento	Límites especificados (% ≤)	Variación permitida
C	0,24	+ 0,03
P	0,050	+ 0,01
S	0,050	+ 0,01
Mn	1,60	+ 0,10
Si	0,55	+ 0,05

(*): Cuando se especifique en la orden de compra del acero el contenido de Cobre debe ser mínimo 0,25% y máximo 0,40%.

5.1.4 Requisitos mecánicos

5.1.4.1 Las características mecánicas de los perfiles estructurales de acero a los que se refiere esta norma, se establecen en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos mecánicos

GRADO	CAU- DAD	R _{uH} MIN. MPa						R _m MPa	A _{min} (L _o = 5,65√S _o) %					IMPACTO		
		e < 16	16 < e < 40	40 < e < 63	63 < e < 80	80 < e < 100	100 < e < 150		150 < e < 200	e < 40	40 < e < 63	63 < e < 100	100 < e < 150	150 < e < 200	Tempe- ratura °C	Energía mín. J (*)
E 185 (Fe 310)		185	175	-	-	-	-	300-540	18	-	-	-	-	-	-	-
E 235 (Fe 360)	A	235	225	215	215	215	195	185	340-470	26	25	24	22	21	-	-
	B	235	225	-	-	-	-	-	340-470	28	-	-	-	-	+20	27
	B NF	235	225	215	215	215	195	185	340-470	26	25	24	22	21	0	27
	C	235	225	215	215	215	195	185	340-470	28	25	24	22	21	-20	27
E 275 (Fe 430)	D	235	225	215	215	215	195	185	340-470	26	25	24	22	21	-	-
	A	275	265	255	245	235	225	215	410-540	22	21	20	18	17	-	-
	B	275	265	255	245	235	225	215	410-540	22	21	20	18	17	+20	27
	C	275	265	255	245	235	225	215	410-540	22	21	20	18	17	0	27
E 355 (Fe 510)	D	275	265	255	245	235	225	215	410-540	22	21	20	18	17	-20	27
	C	355	345	335	325	315	295	285	490-640	22	21	20	18	17	0	27
	D	355	345	335	325	315	295	285	490-640	22	21	20	18	17	-20	27

R_{uH} = Esfuerzo de Fluencia superior
 R_m = Esfuerzo de Tracción
 A = Porcentaje de elongación después de fractura
 L_o = Longitud medida sobre la pieza de prueba

S_o = Área original de la longitud medida
 e = Espesor del producto de acero, en mm

(*): El resultado se informará como el promedio de tres ensayos. Ningún resultado individual será menor al 70% del valor establecido como requisito.

(Continúa)

b) Las desviaciones permitidas en el análisis químico sobre el material están dadas en la tabla 2.

TABLA 2. Tolerancias para el análisis químico en producto. (*)

Elemento	Límites especificados (% ≤)	Variación permitida
C	0,24	+ 0,03
P	0,050	+ 0,01
S	0,050	+ 0,01
Mn	1,60	+ 0,10
Si	0,55	+ 0,05

(*): Cuando se especifique en la orden de compra del acero el contenido de Cobre debe ser mínimo 0,25% y máximo 0,40%.

5.1.4 Requisitos mecánicos

5.1.4.1 Las características mecánicas de los perfiles estructurales de acero a los que se refiere esta norma, se establecen en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos mecánicos

GRADO	CALI- DAD	R _{el} MIN. MPa							R _m MPa	A _{min} (L _o = 5,65√S _o) %					IMPACTO	
		e < 16	16 < e < 40	40 < e < 63	63 < e < 80	80 < e < 100	100 < e < 150	150 < e < 200		e < 40	40 < e < 63	63 < e < 100	100 < e < 150	150 < e < 200	Tempe- ratura °C	Energía mín. J (*)
E 185 (Fe 310)		185	175	-	-	-	-	-	300-540	18	-	-	-	-	-	-
E 235 (Fe 360)	A	235	225	215	215	215	195	185	340-470	26	25	24	22	21	-	-
	B	235	225	-	-	-	-	-	340-470	26	-	-	-	-	+20	27
	B NF	235	225	215	215	215	195	185	340-470	26	25	24	22	21	0	27
	C	235	225	215	215	215	195	185	340-470	26	25	24	22	21	-20	27
E 275 (Fe 430)	D	235	225	215	215	215	195	185	340-470	26	25	24	22	21	-	-
	A	275	265	255	245	235	225	215	410-540	22	21	20	18	17	-	-
	B	275	265	255	245	235	225	215	410-540	22	21	20	18	17	+20	27
	C	275	265	255	245	235	225	215	410-540	22	21	20	18	17	0	27
E 355 (Fe 510)	D	275	265	255	245	235	225	215	410-540	22	21	20	18	17	-20	27
	C	355	345	335	325	315	295	285	490-640	22	21	20	18	17	0	27
									490-640	22	21	20	18	17	-20	27

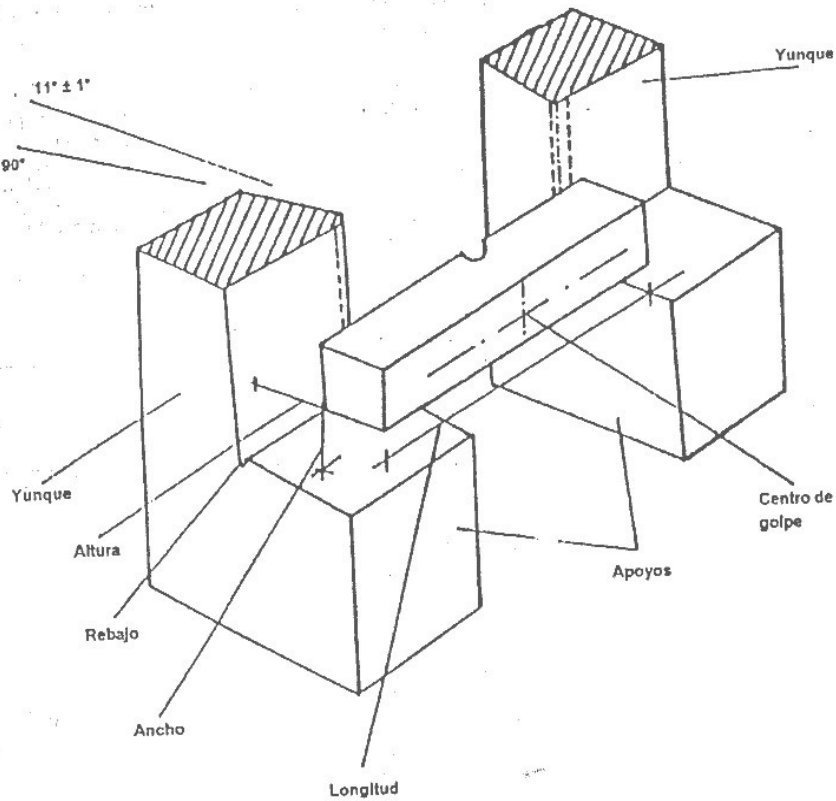
R_{el} = Esfuerzo de Fluencia superior
 R_m = Esfuerzo de Tracción
 A = Porcentaje de elongación después de fractura
 L = Longitud medida sobre la pieza de prueba

S_o = Área original de la longitud medida
 e = Espesor del producto de acero, en mm

(*): El resultado se informará como el promedio de tres ensayos. Ningún resultado individual será menor al 70% del valor establecido como requisito.

(Continúa)

FIGURA 2. Posición de la probeta para ensayo de impacto



- a) Para perfiles de espesores menores a 12 mm no se realizarán ensayos de impacto. Si existe acuerdo entre fabricante y comprador, las dimensiones de la pieza de prueba deben ser de 10 mm x e, siendo e el espesor del producto. El resultado del ensayo de impacto en el caso de piezas de sección reducida debe ser comparado con los valores establecidos en el Anexo B.
- b) Una conversión de dureza a tracción sólo se debe realizar en el caso de que no pueda utilizar el procedimiento de ensayo descrito en el literal 5.1.4.2, por ejemplo: porque no se dispone de ningún aparato adecuado para la realización del ensayo o porque la probeta no resulta adecuada para ser comprobada con el aparato de ensayos o bien porque resulta imposible sacar del trozo destinado a hacer probetas la probeta requerida para el ensayo de tracción

5.1.5 Requisitos complementarios

5.1.5.1 Los perfiles laminados en caliente no deben ser agrupados en cantidades tales que por peso propio se produzcan deformaciones.

5.1.5.2 Al momento del embarque y transporte debe cuidarse que no se ocasionen deformaciones a los perfiles por manejo o sobrepeso.

(Continúa)

5.1.5.3 Los aceros especificados en esta norma deben tener la aptitud para ser soldados utilizando cualquiera de los procesos conocidos, aplicables de acuerdo a su forma y dimensiones. Debe evitarse que luego de la soldadura se produzcan las grietas por enfriamiento de la zona soldada.

5.1.5.4 Si no se establece lo contrario la reducción de los espesores del material, luego de remover imperfecciones, antes de proceder a la soldadura, no excederá el 2% del espesor nominal en el sitio de la imperfección.

5.1.5.5 Las tolerancias en cuanto a las características dimensionales están establecidas en las tablas correspondientes a cada tipo de perfil.

6. INSPECCIÓN

6.1 Muestreo

6.1.1 *Tamaño de la muestra*

6.1.1.1 Lote de muestreo. Para ensayos dimensionales, mecánicos y químicos los lotes serán divididos en lotes de 50 toneladas o fracción similar.

6.1.1.2 De cada uno de los lotes de muestreo se extraerán al azar tres unidades de muestreo. Como testigo quedará una cantidad de material suficiente para preparar igual número de probetas.

6.1.2 *Toma de muestras*

6.1.2.1 Las muestras para los ensayos establecidos en esta norma serán extraídas de cualquier parte de la longitud del perfil. Las probetas para el ensayo de impacto se las extraerá de acuerdo a lo mostrado en el anexo A.

6.1.3 *Identificación de la muestra*

6.1.3.1 Las probetas extraídas de cada unidad de muestreo deben ser debidamente empacadas e identificadas.

6.1.3.2 Se suscribirá una acta de muestreo con la siguiente información:

- a) número de identificación del paquete,
- b) número de la NTE INEN de referencia,
- c) fecha de muestreo,
- d) nombre del fabricante,
- e) cantidad de material representado,
- f) número de probetas,
- g) nombres, firmas y direcciones de las partes representadas.

6.2 Aceptación o rechazo

6.2.1 *Lugar*

6.2.1.1 La inspección del material al que se refiere esta norma se efectuará en un lugar idóneo para tal efecto y aceptado por las partes.

6.2.2 *Rechazo individual del material.*

6.2.2.1 El material que presente rajaduras, laminaciones, astillamientos, o cualquier otro defecto que afecte su utilización será rechazado.

(Continúa)

6.2.3 Aceptación de lotes

6.2.3.1 Por ensayos dimensionales

- a) Si dos muestras no cumplen con cualquiera de las especificaciones, se tomará otra muestra con el mismo número de probetas que la primera vez. Si la nueva muestra no cumple con uno solo de los requisitos se eliminará el lote. Se establece el plan de muestreo doble para inspección normal, NCA = 10% (ver NTE INEN 255).

6.2.3.2 Por ensayos mecánicos

- a) A los lotes que no cumplen con dos cualquiera de los requisitos establecidos se procederá de acuerdo al numeral 6.2.3.1 literal a.
- b) Cuando por error de ejecución no se obtienen los resultados prescritos, el ensayo será anulado; en ese caso se reensayará en otra probeta de la misma unidad de muestreo. Por error de ejecución, se entiende un mecanismo defectuoso, montaje incorrecto en la máquina de ensayo, mal funcionamiento de ésta o cualquier otra anomalía (ver NTE INEN 111).

6.2.3.3 Por composición química

- a) Cuando el material perteneciente a una colada no cumple con dos requisitos químicos establecidos en esta norma se permitirá el remuestreo de la manera indicada en el numeral 6.2.3.1 literal a.

7. ROTULADO

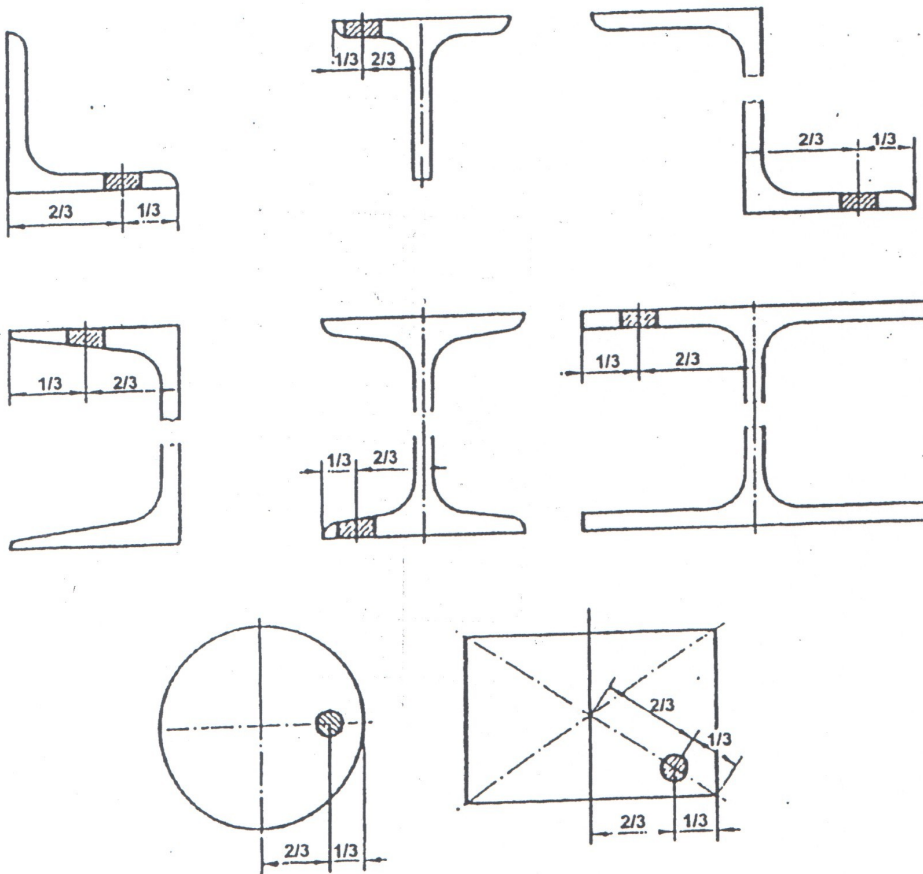
7.1 El material al que se refiere esta norma debe presentarse en paquetes firmemente amarrados y anexa una tarjeta de identificación que contenga la siguiente información:

- a) nombre del fabricante,
- b) tipo de acero,
- c) número de lote
- d) dimensiones y
- e) NTE INEN de referencia.

(Continúa)

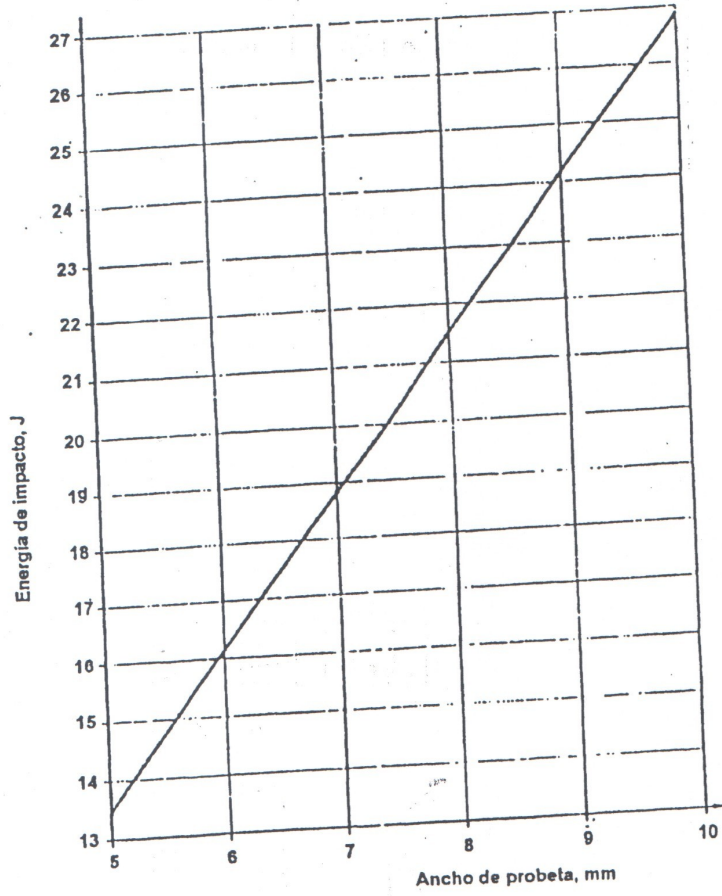
ANEXO A

Posición y orientación de las probetas.



(Continúa)

ANEXO B.
Valores de energía de impacto para probetas de tamaño reducido



(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 109:1975 *Ensayo de tracción para el acero.* ✓
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 111:1997 *Cilindros de acero soldados para gas licuado de petróleo G.L.P. Requisitos e inspección.*
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 121:1975 *Ensayos de tracción para planchas con espesor entre 0,5 mm y 3 mm.* ✓
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 130:1976 *Ensayo de impacto Charpy para planchas (entalle en U).*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma DIN EN 10025:1994. *Hot rolled unalloyed structural steel products.* Deutches Institut fur Nurmung. Berlín, 1994.

Norma ISO 630:1995. *Structural steel - plates, wide flats, bars, sections and profiles.* International Organization for Standardization. Ginebra, 1995.

ANEXO B

34 930

CDU 669.14.06.29.42

111111

0301

MT 02.01-201

Norma Ecuatoriana	ACERO AL CARBONO EXTRACCION Y PREPARACION DE MUESTRAS	INEN 106 1073-11 197
-------------------	----------------------------------------------------------	---------------------------------------

OBLIGATORIA

1. OBJETO

INSTITUTO ECUATORIANO
DE NORMALIZACION
BIBLIOTECA

1.1 Esta norma tiene por objeto establecer las operaciones por medio de las cuales serán extraídas muestras para ensayos mecánicos y análisis químicos, de los productos de acero al carbono.

1.1.1 Esta norma también incluye la extracción y preparación de muestras para análisis de cuchara, de lingotes de acero destinados a la laminación y de productos semiterminados como tochos, palanquillas, llantones, alambón, etc.

2. TERMINOLOGIA

2.1 *Análisis de cuchara.* Es el representativo de la composición química de una colada de acero.

2.2 *Análisis de comprobación.* Es el representativo de la composición química de los productos terminados o semiterminados de acero.

2.3 *Muestra.* Es un conjunto de unidades o una porción de material, extraída al azar de un conjunto mayor de unidades, o de una porción mayor de material y usada como información de la calidad de ese conjunto mayor de unidades o de esa porción mayor de material.

2.4 *Probeta de ensayo.* Es una muestra de material, debidamente preparada para un ensayo mecánico.

2.5 *Virutas de acero.* Son pedazos del material, desprendidos de una pieza mediante herramientas convenientes, con tamaño apropiado y destinados a ser analizados químicamente.

3. DISPOSICIONES GENERALES

3.1 *Selección de la muestra.* La muestra para los ensayos de calidad deberá ser seleccionada mediante el proceso especificado por la norma del producto.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3999-Ave. Colón 1663-Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

INSTITUTO

3.2 *Tamaño de la muestra.* La muestra deberá ser de un tamaño suficiente para que permita su correcta preparación.

3.3 *Identificación de la muestra.* La muestra deberá ser marcada de tal manera que en cualquier momento permita ser identificada con el producto de que procede, así como también su orientación y/o ubicación.

3.3.1 Si durante el curso de un ensayo, la remoción de marcas de identificación no puede ser evitada, se deberá remarcar la muestra tan pronto como sea posible. Esta remarcación deberá ser hecha en presencia del inspector si éste así se manifestare.

3.4 *Corte.* La muestra podrá ser removida del producto solamente después de que se haya finalizado con todos los procesos mecánicos y/o tratamientos térmicos al que deba someterse el producto antes de la entrega.

3.5 *Tratamientos.* En los casos excepcionales cuando la muestra no pueda permanecer unida al producto hasta que se hayan terminado todos los procesos o tratamientos propios, ésta deberá ser extraída de acuerdo a las especificaciones del producto.

3.5.1 El tratamiento que la muestra tenga que recibir a continuación debe ser, en lo posible, el mismo que el recibido por el producto.

3.5.2 En particular, si el tratamiento al que será sometida la muestra es un tratamiento térmico, éste deberá ser realizado en las mismas condiciones que los recibidos por el producto.

4. DISPOSICIONES ESPECIFICAS

4.1 Selección y preparación de muestras para ensayos mecánicos

4.1.1 *Selección de las probetas*

4.1.1.1 Las probetas para los ensayos mecánicos podrán ser obtenidas a partir de las muestras seleccionadas del producto.

4.1.1.2 En caso de ser necesarios cortes, éstos deben ser hechos de tal forma que no alteren las características de calidad originales del producto.

4.1.1.3 Las probetas serán extraídas del material, de las posiciones y lugares indicados en las figuras anexas.

4.1.2 *Enderezados*

4.1.2.1 En los casos que sea necesario enderezar la muestra para conseguir un correcto preparado de la probeta, ésta deberá efectuarse en frío o en caliente, de acuerdo a la especificación del producto.

4.1.3 *Maquinado*

4.1.3.1 Todas las probetas deberán ser maquinadas en frío, tomando precauciones para evitar cualquier recalentamiento o endurecimiento superficial.

4.1.3.2 Si después del maquinado, la probeta presenta marcas de herramienta, perjudiciales a las condiciones del ensayo, éstas deberán ser removidas de la superficie mediante esmerilado o pulido, respetando siempre las condiciones de forma, dimensiones y tolerancias dadas por la norma de ensayo correspondiente.

4.1.3.3 De acuerdo a la especificación del producto, la probeta podrá ser un pedazo de material en su estado original.

4.1.4 *Tratamientos*

4.1.4.1 Cualquier tratamiento que deba ser dado a la probeta en la etapa de preparación, deberá estar de acuerdo con la especificación del producto.

4.1.4.2 El material para elaborar la probeta podrá recibir tratamiento una sola vez. Cualquier reensayo deberá ser realizado en una nueva probeta.

4.1.5 *Identificación*

4.1.5.1 Cada probeta deberá ser marcada de tal manera, que en cualquier momento permita ser identificada con el producto de que procede.

4.2 Selección y preparación de muestras para análisis químico

4.2.1 *Muestras de una colada.*

4.2.1.1 Las muestras para análisis químico serán virutas del acero obtenidas de cada una de las cucharas seleccionadas.

4.1.2 *Enderezados*

4.1.2.1 En los casos que sea necesario enderezar la muestra para conseguir un correcto preparado de la probeta, ésta deberá efectuarse en frío o en caliente, de acuerdo a la especificación del producto.

4.1.3 *Maquinado*

4.1.3.1 Todas las probetas deberán ser maquinadas en frío, tomando precauciones para evitar cualquier recalentamiento o endurecimiento superficial.

4.1.3.2 Si después del maquinado, la probeta presenta marcas de herramienta, perjudiciales a las condiciones del ensayo, éstas deberán ser removidas de la superficie mediante esmerilado o pulido, respetando siempre las condiciones de forma, dimensiones y tolerancias dadas por la norma de ensayo correspondiente.

4.1.3.3 De acuerdo a la especificación del producto, la probeta podrá ser un pedazo de material en su estado original.

4.1.4 *Tratamientos*

4.1.4.1 Cualquier tratamiento que deba ser dado a la probeta en la etapa de preparación, deberá estar de acuerdo con la especificación del producto.

4.1.4.2 El material para elaborar la probeta podrá recibir tratamiento una sola vez. Cualquier reensayo deberá ser realizado en una nueva probeta.

4.1.5 *Identificación*

4.1.5.1 Cada probeta deberá ser marcada de tal manera, que en cualquier momento permita ser identificada con el producto de que procede.

4.2 *Selección y preparación de muestras para análisis químico*

4.2.1 *Muestras de una colada.*

4.2.1.1 Las muestras para análisis químico serán virutas del acero obtenidas de cada una de las cucharas seleccionadas.

4.2.2.6 *Forma.* Las virutas obtenidas deberán ser lo suficientemente pequeñas y uniformes para reducir al mínimo cualquier operación posterior de fragmentación:

- a) Se rechazarán las virutas que sean retenidas por un tamiz de 4 mm.
- b) Las virutas que sean destinadas a la determinación del carbón deberán pasar por un tamiz de 1,19 mm.

4.2.2.7 *Tamaño.*

- a) La cantidad de virutas extraídas no será menor de 300 g.
- b) La muestra para análisis químico será dividida en tres porciones iguales. La una se destinará al vendedor, otra al laboratorio de análisis y la tercera será usada en caso de discrepancia.

4.2.3 *Protección de la muestra*

4.2.3.1 La muestra deberá ser guardada de tal forma que evite cualquier contaminación.

4.2.3.2 La porción destinada al laboratorio deberá ser enviada tan pronto como sea obtenida.

4.2.4 *Almacenamiento e identificación*

4.2.4.1 Las muestras serán guardadas en recipientes de vidrio de boca ancha, provistos de su respectiva tapa, la cual será sellada. Cada recipiente debe contener una etiqueta con todos los datos de identificación de la muestra.

ANEXO A

EXTRACCION DE MUESTRAS PARA ENSAYOS MECANICOS

A.1 Ensayo de tracción.

- A.1.1 Los puntos de donde las probetas deben ser extraídas, se especifican en las figuras anexas.
- A.1.2 Para conservar todas las propiedades del material se deberá dejar en lo posible sin maquinación las superficies de laminación (ver figs. A.1, A.2, A.3, A.4, A.5 y A.6).
- A.1.3 En planchas (fig. A.1) con espesor superior a 32 mm, se debe procurar dejar al estado de laminación al menos una de las superficies.
- A.1.4 En planchas con espesor aproximado de 16 mm, se procurará no maquinar ninguna de las dos superficies en estado de laminación. Caso esto se muestre imposible, se procurará retirar la menor cantidad posible de material.
- A.1.5 Será permitido fabricar probetas redondas, partiendo de materiales planos (fig. A.1, ..., A.8) sólo cuando el espesor del producto sea superior a 28 mm.
- A.1.6 Las barras con diámetro o dimensión principal inferior a 28 mm, podrán ser ensayadas directamente al estado de laminación.
- A.1.7 Las barras con diámetro o dimensión principal entre 28 y 71 mm, deberán ser maquinadas simétricamente hasta alcanzar las dimensiones especificadas para la probeta.
- A.1.8 Para las barras con diámetro o dimensión principal superior a 71 mm, las probetas serán extraídas de las posiciones indicadas en las figuras A.7 y A.8.

A.2 Ensayo de doblado

- A.2.1 Los puntos de donde las probetas deben ser extraídas se especifican en las figuras anexas A.1, ..., A.6.
- A.2.2 Para perfiles, planchas y productos planos, el ensayo debe realizarse aprovechando todo el espesor.
- A.2.3 Salvo especificación contraria, las barras deben ser ensayadas al estado de laminación.

A.2.4 Para productos con espesor superior a 28 mm, se podrá remover el material por maquinado de uno de los lados al estado de laminación. La superficie al estado de laminación deberá quedar en el lado opuesto del doblado.

ANEXO A

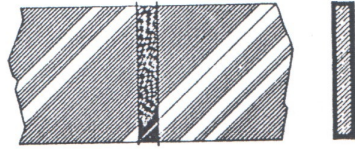


FIGURA A.1 Planchas, Llantones, Láminas

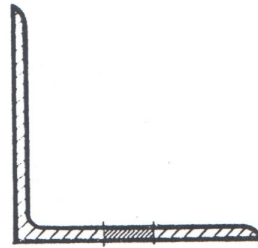


FIGURA A.2 Angulos

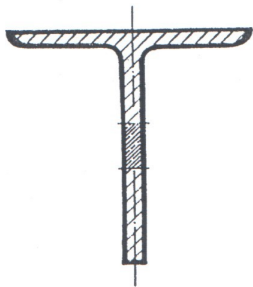


FIGURA A.3 Secciones "T"

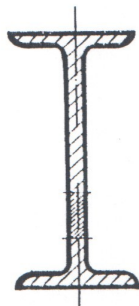


FIGURA A.4 Secciones "I"

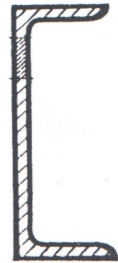


FIGURA A.5 Perfiles "C"

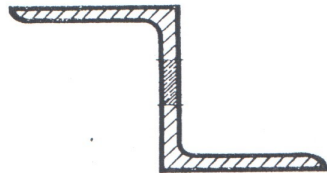


FIGURA A.6 Secciones "Z"

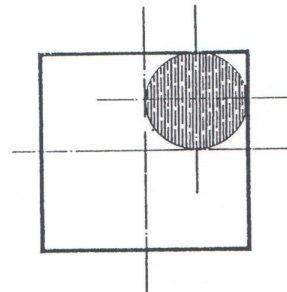


FIGURA A.7 Barras Cuadradas o Rectangulares

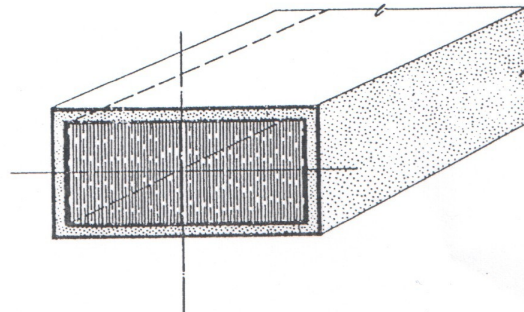
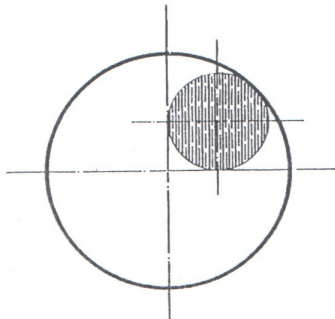


FIGURA A.9 Tochos, Lingotes, Palanquillas
(Continúa)

ANEXO B

EXTRACCION DE VIRUTAS PARA ANALISIS QUIMICOS

B.1 Las virutas, para los análisis químicos deberán ser extraídos del material, mediante maquinado apropiado, de los lugares indicados en las figuras anexas.

B.2 En lo posible se deberá eliminar las virutas pertenecientes a los puntos cercanos de las superficies al estado de laminación.

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Recomendación ISO R 377. *Selection and preparation of samples and test pieces for wrought steel*. International Organization for Standardization. Suiza, 1964.

Norma Chilena INDITECNOR 501-67. *Acero: Extracción y preparación de muestras para análisis químicos de acero al carbono y de sus productos*. Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización. Santiago, 1967.

Norma Hindú ISI: 226-1969. *Specification for structural steel (standard quality) Fourth revision*. Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1969.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

La Dirección General del INEN, dispuso la elaboración de esta Norma de fundamental importancia para el desarrollo de la industria Metal-Mecánica.

Las bases de estudio de esta Norma, han sido Normas Técnicas Internacionales que recogen el estado actual de la ciencia y de la técnica, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación y la posibilidad de ser eficazmente utilizada en el país.

Con el propósito de contar con la opinión de los sectores interesados y de capitalizar información, esta Norma fue sometida a Consulta Pública del 1973-06-24 al 1973-10-19 , y se tomaron en cuenta todas las observaciones recibidas.

La Norma Técnica INEN 106, fue aprobada por el Consejo Directivo del INEN en sesión del 1973-11-27.

El Sr. Ministro de Industrias, Comercio e Integración autorizó y oficializó esta Norma con el carácter de OBLIGATORIA, mediante Acuerdo No. 239 de 1975-02-20 , publicado en el Registro Oficial No. 769 de 1975-03-25.



ANEXO C

43

Norma Ecuatoriana

PALANQUILLAS DE ACERO AL CARBONO PARA PRODUCTOS LAMINADOS DE USO ESTRUCTURAL

INEN 105 1973-11

OBLIGATORIA

1975

Actualización

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN BIBLIOTECA

1. OBJETO

1.1 Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos para las palanquillas de acero al carbono destinadas a ser laminadas y formar productos de uso estructural.

2. TERMINOLOGIA

2.1 *Palanquilla*. Es un producto semiterminado de acero al carbono destinado a ser laminado cuya sección transversal debe ser inferior a los 15 625 mm². La relación entre ancho y espesor debe ser menor o igual a 2.

2.2 *Colada*. Es el acero que se obtiene de cada vaciada del horno de producción.

2.3 *Tamaño nominal*. Es el tamaño teórico de la sección transversal, por el cual es definida la palanquilla.

2.4 *Partida*. Es un conjunto de palanquillas del mismo tamaño nominal y longitud, que satisface totalmente un pedido.

2.5 *Lote*. Es un conjunto de palanquillas del mismo tamaño nominal y longitud, procedentes de una misma colada.

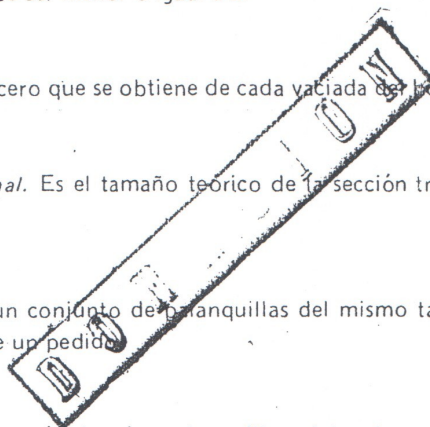
2.6 *Lote de muestreo*. Es un conjunto de unidades formado a partir de un lote o de una partida, el cual está destinado a la recepción técnica.

2.7 *Unidad de muestreo*. Es una palanquilla extraída del lote de muestreo que representa la calidad del mismo, y está destinada a la recepción.

2.8 Otros términos utilizados en el texto de esta norma se encuentran definidos en la Norma INEN 106.

(Continúa)

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3999-Ave. Colón, 1663-Quito-Ecuador—Prohibida la reproducción



3. REQUISITOS DEL PRODUCTO

3.1 Proceso

3.1.1 El acero de que estarán constituidas las palanquillas será fabricado por uno de los procesos de Solera Abierta, Bessemer, Thomas, Eléctrico, ácidos o básicos; básico al oxígeno o una combinación de estos procesos.

3.1.1.1 Cualquier otro proceso a ser empleado deberá ser aprobado previamente por el INEN.

3.2 Manufactura

3.2.1 Las palanquillas de acero al carbono se fabricarán por laminación de lingotes o por colada continua.

3.2.2 Las palanquillas serán laminadas en forma limpia hasta las dimensiones especificadas.

3.2.3 Después de la laminación, las palanquillas deberán quedar libres de defectos superficiales como rajaduras, grietas, esquinas imperfectas, etc.

3.2.3.1 Por acuerdo entre productor y comprador podrán repararse los defectos, por medio de soldadura.

3.3 Físicos

3.3.1 *Ancho*

3.3.1.1 Los tamaños nominales para el ancho de la sección transversal así como sus límites máximos y mínimos, están establecidos en la tabla 1.

3.3.1.2 La relación entre el ancho y el espesor, de la sección transversal de las palanquillas será menor o igual a dos.

3.3.2 *Longitud*

3.3.2.1 Las palanquillas serán entregadas con longitudes entre 3 y 13 metros, de acuerdo a la especificación del comprador.

(Continúa)

TABLA 1. Especificaciones físicas de las palanquillas

REQUISITO		ANCHO	
LIMITE		Máx.	Min.
UNIDAD		mm	mm
Diámetro nominal, en mm	50	51,5	48,5
	63	63,5	61,5
	71	72,5	69,5
	80	82,0	78,0
	90	92,0	88,0
	100	103,0	97,0
	125	128,0	122,0

3.3.2.2 La tolerancia en la longitud de las palanquillas será de ± 150 mm.

3.3.3 Aristas

3.3.3.1 Las aristas de las palanquillas serán redondeadas con un radio de curvatura igual al 15 % del ancho de la sección transversal.

3.3.4 Masa.

3.3.4.1 La masa de las palanquillas se calculará considerando una masa específica para el acero de $7,85 \text{ kg/dm}^3$.

3.3.4.2 La tolerancia en la masa calculada será de ± 5 %.

3.4 Mecánicos

3.4.1 Las características mecánicas del acero estarán de acuerdo a su composición química, al proceso y a la temperatura de laminación.

3.5 Químicos

3.5.1 La composición química del acero de que estarán constituidas las palanquillas será la que especifique el comprador (ver nota 1).

NOTA 1. La extracción de muestras para análisis químicos deberá ser realizada de acuerdo con la norma INEN 106.

(Continúa)

4. MUESTREO

**INSTITUTO ECUATORIANO
DE NORMALIZACIÓN
BIBLIOTECA**

4.1 El muestreo se realizará mediante selección al azar, de acuerdo a la norma establecida por el INEN.

4.2 Tamaño de la muestra

4.2.1 Para efectos de comprobación de los requisitos físicos y químicos, se dividirá la partida o el lote, en lotes de muestreo de 20 toneladas métricas cada uno. De cada lote de muestreo se seleccionará una unidad de muestreo. El número mínimo de unidades de muestreo por cada lote o partida será de dos.

4.2.2 El muestreo para efectos de comprobación de los defectos superficiales de las palanquillas, será del 100 %.

4.3 Inspección y recepción

4.3.1 La inspección y recepción del producto se efectuará en el lugar donde se encuentren almacenadas las palanquillas.

4.3.2 Rechazos

4.3.2.1 Toda la partida o el lote será rechazado cuando el 50 % o más de las unidades de muestreo no satisfagan los requisitos establecidos en los numerales 3.3 y 3.5. Si menos del 50 % de las unidades de muestreo no satisfacen dichos requisitos, se permitirá un remuestreo en cantidad del doble de las unidades de muestreo por cada requisito no satisfactorio, para proceder a nuevas determinaciones. Para aceptar la partida o el lote, todas las nuevas determinaciones deberán ser positivas.

4.3.2.2 Todas las palanquillas que presenten rajaduras, grietas, esquinas imperfectas u otros defectos superficiales que puedan afectar su utilización serán rechazadas.

5. REQUISITOS COMPLEMENTARIOS

5.1 En cada palanquilla deberá marcarse en un lugar visible, con pinturas adecuadas o por estampado, la información siguiente:

(Continúa)

- a) Nombre del fabricante o la marca comercial.
- b) Número de identificación de la colada.
- c) Identificación del grado o calidad del acero.

5.2 Los extremos de las palanquillas deberán ser pintadas con colores diferentes, para facilitar el reconocimiento del grado o calidad del acero.

(Continúa)

ANEXO A

A.1 El ancho de las palanquillas deberá ser determinado con instrumentos que puedan medir 0,01 mm.

A.2 La longitud de las palanquillas deberá ser determinada con instrumentos que puedan medir 1 mm.

A.3 La masa de las palanquillas se determinará en balanzas que puedan medir 0,01 kg.

(Continúa)

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

INEN 106. *Acero al carbono. Extracción y preparación de muestras.*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Recomendación CPANT R 13. *Tochos, palanquillas, planchones y llantones de acero al carbono para laminar productos de uso estructural.* Comité Panamericano de Normas Técnicas. Buenos Aires, 1962.

Norma Hindú ISI 2830. *Specification for carbon steel billets for re-rolling into structural steel (standard quality).* Indian Standards Institution. Nueva Delhi, 1964.

INFORMACION COMPLEMENTARIA

La Dirección General del INEN, dispuso la elaboración de esta Norma de fundamental importancia para el desarrollo de la industria Metal-Mecánica.

Las bases de estudio de esta Norma, han sido Normas Técnicas Internacionales que recogen el estado actual de la ciencia y de la técnica, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación y la posibilidad de ser eficazmente utilizada en el país.

Con el propósito de contar con la opinión de los sectores interesados y de capitalizar información, esta Norma fue sometida a Consulta Pública del 1973-06-24 al 1973-10-19, y se tomaron en cuenta todas las observaciones recibidas.

La Norma Técnica INEN 105, fue aprobada por el Consejo Directivo del INEN en sesión del 1973-11-27.

El Sr. Ministro de Industrias, Comercio e Integración autorizó y oficializó esta Norma con el carácter de OBLIGATORIA, mediante Acuerdo No. 238 de 1975-02-20, publicado en el Registro Oficial No. 769 de 1975-03-25.



ANEXO D



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 109:2009
Primera revisión

ENSAYO DE TRACCION PARA MATERIALES METALICOS A TEMPERATURA AMBIENTE.

Primera Edición

TRACTION TEST FOR METALLIC MATERIALS TO AMBIENT TEMPERATURE.

First Edition

DESCRIPTORES: Productos metálicos, metales, ensayos, ensayos mecánicos, ensayo de tracción, determinación, elongación, extensión
probetas

MC 01.02.301
CDU: 669.14:620.17
CIU: 3710
ICS: 77.040.10

1. OBJETO

1.1 Esta norma especifica el método para el ensayo de tracción de materiales metálicos y define las propiedades mecánicas que se pueden determinar a temperatura ambiente.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica al ensayo de tracción de todos los productos de acero de sección transversal constante.

2.2 Para ciertos materiales metálicos y aplicaciones particulares, el ensayo de tracción debe estar sujeto a normas específicas o requerimientos particulares.

3. DEFINICIONES

3.1 Para los efectos de esta norma se aplican las siguientes definiciones:

3.1.1 *Longitud calibrada (L)*. Es la longitud de la sección cilíndrica o prismática de la probeta de ensayo en la que se va a medir la elongación en cualquier momento durante el ensayo.

3.1.2 *Longitud calibrada inicial (L₀)*. Longitud calibrada antes de la aplicación de la carga.

3.1.2.1 *Longitud calibrada final (L_u)*. Longitud calibrada después de la rotura de la probeta ensayo (ver numeral 10.1)

3.1.3 *Longitud paralela (L_p)*. Longitud de la sección reducida paralela de la probeta de ensayo (ver nota 1).

3.1.4 *Elongación*. Incremento de la longitud calibrada inicial (L₀) en cualquier instante del ensayo.

3.1.4.1 *Porcentaje de elongación*. Alargamiento expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀).

3.1.4.2 *Porcentaje de elongación permanente*. Incremento de la longitud calibrada inicial en una probeta de ensayo después de eliminar el esfuerzo especificado (ver numeral 3.11), expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀) (ver nota 1).

3.1.4.3 *Porcentaje de elongación después de la rotura (A)*. Elongación permanente de la longitud calibrada inicial (ver nota 2) después de la rotura (L_u - L₀) expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L₀).

NOTA 1: El concepto de longitud paralela es reemplazado por el concepto de distancia entre mordazas para probetas no maquinadas.

NOTA 2. En el caso de las probetas de ensayo proporcionales, solamente si la longitud calibrada inicial es diferente de $5,65 \sqrt{S_0}^1$ en donde S₀ es el área de la sección transversal inicial de la longitud paralela, el símbolo A se complementa con un índice que indica el coeficiente de proporcionalidad usado, por ejemplo:

A_{11,3} = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L₀) de $11,3 \sqrt{S_0}$

En el caso de probetas de ensayo no proporcionales, el símbolo A se complementa con un índice que indica la longitud calibrada inicial usada, expresada en milímetros, por ejemplo:

A_{80 mm} = porcentaje de elongación en una longitud calibrada (L₀) de 80 mm.

$$^1 5,65 \sqrt{S_0} = 5 \sqrt{\frac{4S_0}{\pi}}$$

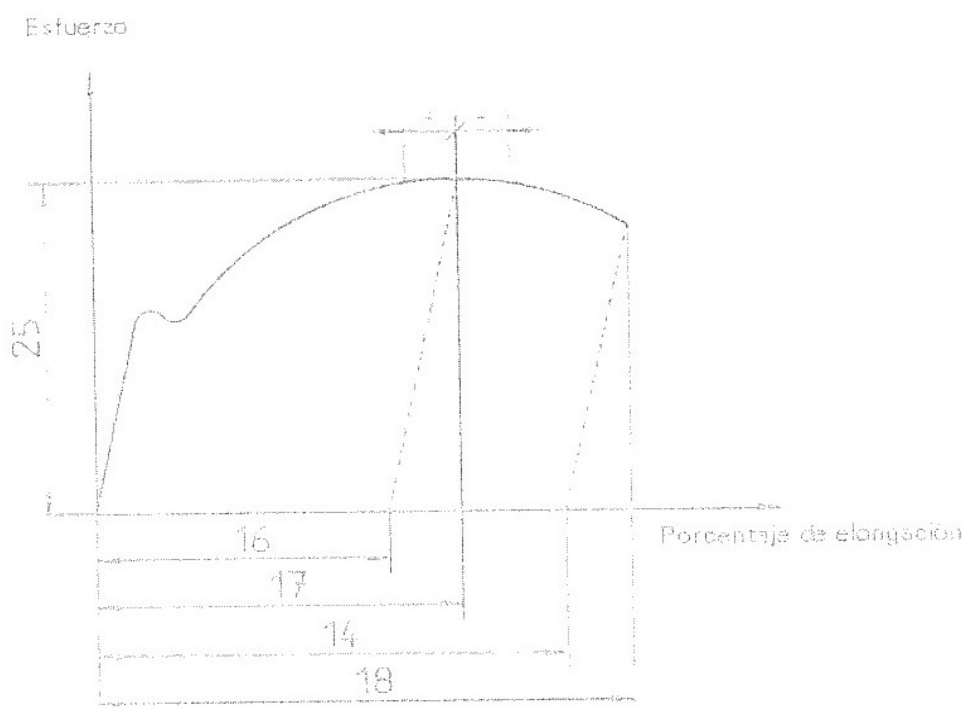
(Continúa)

DESCRIPTORES: Productos metálicos, metales, ensayos, ensayos mecánicos, ensayo de tracción, determinación, elongación, extensión probetas.

3.1.4.4 *Porcentaje de elongación total a la rotura (A_t)*. Es el alargamiento total (elongación elástica más elongación plástica) de la longitud calibrada en el momento de la rotura, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0).

3.1.4.5 *Porcentaje de elongación al esfuerzo máximo*. Es el aumento en la longitud calibrada inicial de la probeta cuando la fuerza es máxima, expresado como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0). Se hace una distinción entre el porcentaje de elongación total a la carga máxima (A_{gt}) y el porcentaje de elongación no proporcional a la carga máxima (A_g) (ver figura 1).

FIGURA 1. Definiciones de elongación (ver nota 3)



3.1.5 *Longitud calibrada del extensómetro (L_e)*. Longitud de la sección paralela de la probeta de ensayo usada para la medición del alargamiento por medio de un extensómetro.

3.1.5.1 Se recomienda la medición del límite de fluencia y el esfuerzo de prueba, para el parámetro

$$L_e \geq \frac{L_0}{2}$$

3.1.5.2 Además se recomienda que para las medidas de los parámetros durante y después de la fuerza máxima, L_e será aproximadamente igual a L_0 .

3.1.6 *Extensión*. Incremento de la longitud calibrada (L_0) del extensómetro en un momento dado del ensayo.

3.1.6.1 *Porcentaje permanente de extensión*. Incremento de la longitud calibrada en el extensómetro después de suspender un esfuerzo especificado en la probeta de ensayo, se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro (L_e).

NOTA 3: Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados.

(Continúa)

3.1.6.2 Porcentaje de extensión en el límite de fluencia (A_e). En materiales que presentan fluencia discontinua, el alargamiento entre el inicio de la fluencia dada por una deformación localizada y el comienzo de la deformación permanente dada por un uniforme trabajo de endurecimiento. Se expresa como un porcentaje de la longitud calibrada del extensómetro (L_e).

3.1.7 Porcentaje de reducción de área (Z): Cambio máximo en el área de la sección transversal que ha ocurrido durante el ensayo ($S_o - S_u$) expresado como un porcentaje del área de la sección transversal inicial (S_o).

3.1.8 Carga máxima (F_m): Es la carga más alta que ha resistido la probeta durante el ensayo, una vez que ha sido superado el límite de fluencia. Para materiales que no presentan puntos de fluencia este es el máximo valor durante el ensayo.

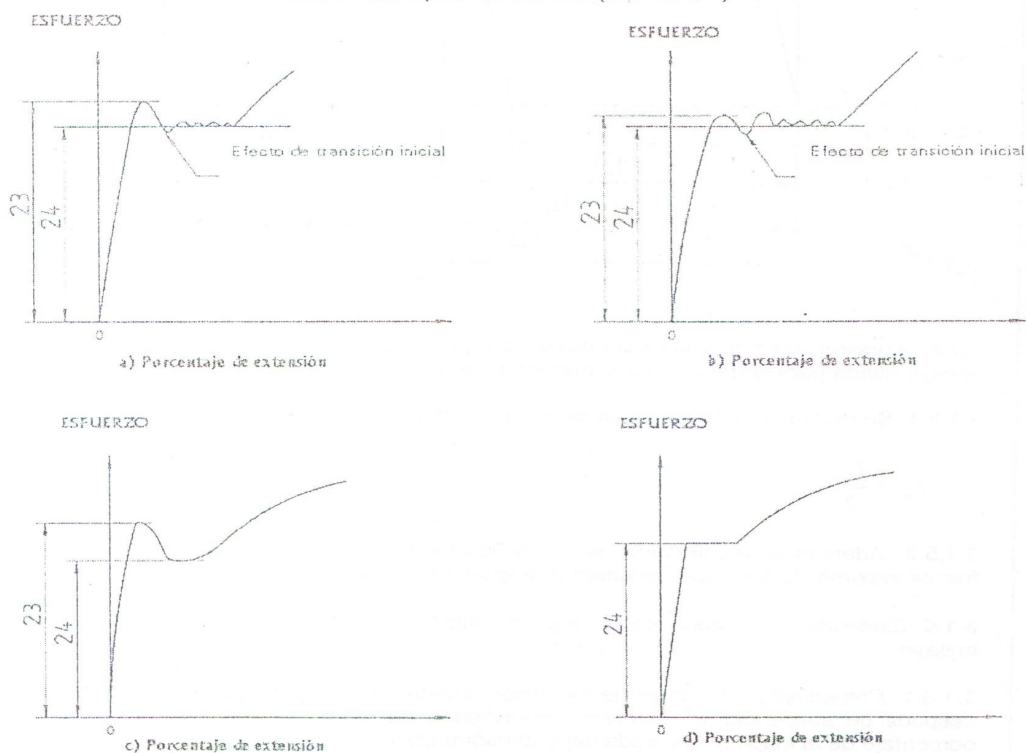
3.1.9 Esfuerzo. Carga en cualquier momento del ensayo dividida por el área de la sección transversal inicial (S_o) de la probeta de ensayo.

3.1.9.1 Resistencia a la tracción (R_m). Esfuerzo correspondiente a la carga máxima (F_m).

3.1.9.2 Resistencia a la fluencia (límite de fluencia). Cuando el material metálico muestra un fenómeno de fluencia, se alcanza un punto durante el ensayo en el cual la deformación plástica se produce sin ningún incremento en la carga. Se hace una distinción entre:

a) **Límite de fluencia superior (R_{eH}).** Valor del esfuerzo en el momento en que se observa el primer decrecimiento de la carga (ver figura 2).

FIGURA 2. Definiciones de límite de fluencia superior y límite de fluencia inferior para diferentes tipos de curvas (ver nota 4)



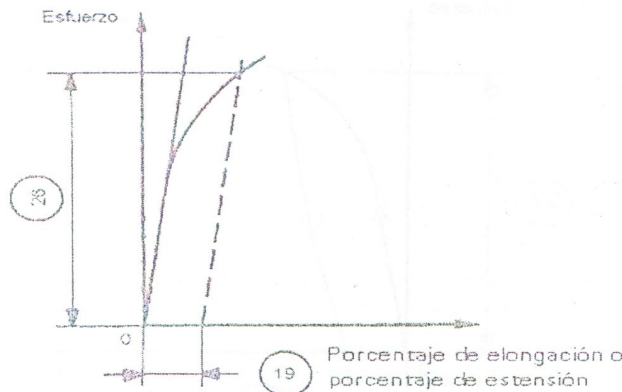
NOTA 4: ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

b) *Límite de fluencia inferior (R_{eL})*. El valor más bajo del esfuerzo en el campo plástico, ignorando cualquier efecto transitorio (ver figura 2).

3.1.9.3 *Esfuerzo de prueba con alargamiento no proporcional (R_p)*: El esfuerzo al cual la extensión no proporcional es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e) (ver figura 3). El símbolo que se usa es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada del extensómetro, por ejemplo $R_{p0,2}$

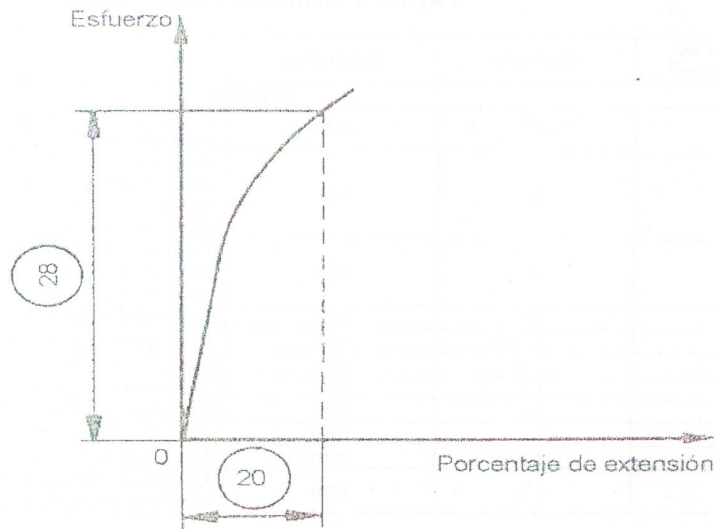
FIGURA 3. Prueba de resistencia con alargamiento no proporcional (R_p) (ver nota 5)



NOTA 5. Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

3.1.9.4 *Esfuerzo de prueba con extensión total (R_t)*: El esfuerzo al cual la extensión total (extensión elástica más extensión plástica) es igual al porcentaje especificado en la longitud calibrada del extensómetro (L_e) (ver figura 4). El símbolo es seguido por un sufijo que indica el porcentaje prescrito de la longitud calibrada inicial del extensómetro por ejemplo: $R_{t0,5}$

FIGURA 4. Esfuerzo de prueba, extensión total (R_t) (ver nota 6)

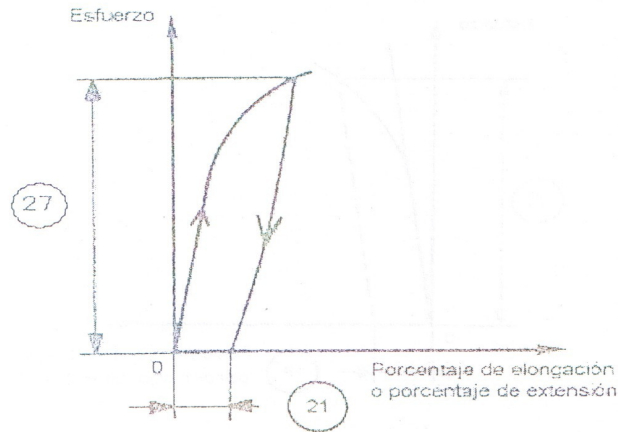


NOTA 6: Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

3.1.9.5 *Esfuerzo a la deformación permanente (R_r):* Es el esfuerzo al cual, después de eliminar la carga, una elongación o extensión permanente especificada, expresada como un porcentaje de la longitud calibrada inicial (L_0) o una longitud calibrada del extensómetro (L_e), respectivamente, no ha sido excedido (ver figura 5). El símbolo utilizado es seguido por un sufijo que indica el porcentaje especificado de la longitud calibrada inicial (L_0), o de la longitud calibrada del extensómetro (L_e), por ejemplo $R_{r,0,2}$

FIGURA 5. Esfuerzo a la deformación permanente (R_r) (ver nota 7)



4. SIMBOLOGÍA Y DESIGNACIONES

4.1 En el contenido de esta norma se utilizarán los símbolos y sus correspondientes designaciones que se establecen en la tabla 1.

TABLA 1. Símbolos y designaciones.

Número de Referencia ¹⁾	Símbolo	Unidades	Designación
Probeta			
1	$a^{2)}$	mm	Espesor de la probeta de ensayo plana o de la pared de un tubo
2	b	mm	Ancho de la longitud paralela de la probeta de ensayo plana o ancho promedio de una tira longitudinal tomada de un tubo o ancho de un alambre plano
3	d	mm	Diámetro de la longitud paralela de una probeta circular o diámetro de un alambre redondo o diámetro interno de un tubo
4	D	mm	Diámetro externo de un tubo
5	L_0	mm	Longitud calibrada inicial
-	L'_0	mm	Longitud calibrada inicial para determinar A_g
6	L_c	mm	Longitud paralela
-	L_e	mm	Longitud calibrada del extensómetro
7	L_t	mm	Longitud total de la probeta
8	L_u	mm	Longitud final calibrada después de la rotura
-	L'_u	mm	Longitud calibrada final después de la rotura para determinar A_g (Ver anexo H)

NOTA 7. Ver la tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

(Continuación tabla 1)

Número de Referencia ¹⁾	Símbolo	Unidades	Designación
Probeta			
9	S_o	mm ²	Área de la sección transversal inicial de la longitud paralela.
10	S_u	mm ²	Área mínima de la sección transversal después de la rotura.
	k		Coefficiente de proporcionalidad
11	Z	%	Porcentaje de reducción de área $\frac{S_o - S_u}{S_o} \times 100$
12	-	-	Superficie de agarre de la probeta para las mordazas
Elongación			
13	-	mm	Elongación después de la rotura $L_u - L_o$
14	$A^{3)}$	%	Porcentaje de elongación después de la rotura $\frac{L_u - L_o}{L_o} \times 100$
15	A_e	%	Porcentaje de extensión en el punto de fluencia
	ΔL_m	mm	Extensión a la carga máxima
16	A_g	%	Porcentaje de elongación no proporcional, a la carga máxima (F_m)
17	A_{gt}	%	Porcentaje de elongación total, a la carga máxima (F_m)
18	A_t	%	Porcentaje de elongación total, a la rotura
19	-	%	Porcentaje especificado de extensión no proporcional
20	-	%	Porcentaje de extensión total. (Ver 28)
21	-	%	Porcentaje especificado de extensión a la deformación permanente o elongación.
Carga			
22	F_m	N	Carga Máxima
Límite de fluencia – Esfuerzo de prueba – Resistencia a la Tracción			
23	R_{eH}	MPa	Límite de fluencia superior ³⁾
24	R_{eL}	MPa	Límite de fluencia inferior
25	R_m	MPa	Resistencia a la tracción
26	R_p	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión no proporcional
27	R_r	MPa	Esfuerzo a la deformación permanente
28	R_t	MPa	Esfuerzo de prueba con extensión total
-	E	MPa	Módulo de elasticidad
1)	Ver figuras de la 1 a la 13		
2)	El símbolo T también se usa en tubos de acero, productos estándar.		
3)	Ver 3.1.4.3		
4)	1 N/mm ² = 1 MPa		

5. FUNDAMENTO

5.1 El ensayo comprende el estiramiento de una probeta por una fuerza axial de tracción proporcional a sus dimensiones, mediante una máquina para ensayo de tracción para determinar durante su deformación una o más características mecánicas definidas en el punto 3.

5.1.1 El ensayo se llevara a cabo a temperatura ambiente comprendida entre + 10°C y + 35°C, a menos que se especifique de otra manera.

5.2 Instrumental

5.2.1 *Máquina para ensayo de tracción.*

5.2.1.1 *Precisión de las máquinas de ensayo.* Las máquinas de ensayo deben ser verificadas de acuerdo a las NTE INEN 1 502 y la NTE INEN 1 503.

(Continúa)

5.2.1.2 El extensómetro debe ser de Clase 1 para la determinación de los límites de fluencia inferior y superior y resistencia de prueba (extensiones no proporcionales); para otras características (con mayor extensión) se pueden usar un extensómetro Clase 2.

5.2.1.3 *Características de la máquina.*

- a) Debe estar provista de dispositivos que aseguren la aplicación axial de los esfuerzos en la probeta.
- b) Debe permitir la aplicación de las cargas progresivamente, sin choques ni vibraciones.
- c) Debe estar provista de dispositivos de regulación y comando que permitan ejecutar el ensayo, con las velocidades especificadas en el numeral 7.1.
- d) Debe permitir un error máximo del 1% de la carga indicada.

6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

6.1 Forma y dimensiones de las probetas

6.1.1 Generalidades

6.1.1.1 La forma y las dimensiones de las probetas, dependen de la forma y dimensiones de los productos metálicos de los cuales se tomó la probeta y de las propiedades mecánicas que se van a determinar.

6.1.1.2 La probeta, se obtiene generalmente por maquinado de una muestra del producto, de un elemento estampado o de un elemento fundido. Sin embargo, los productos de sección transversal uniforme (perfiles, barras, alambres, etc.) y también los elementos fundidos (fundiciones de hierro y aleaciones no ferrosas) pueden ser sometidas a ensayo sin maquinado.

6.1.1.3 La sección transversal de las probetas puede ser circular, cuadrada, rectangular, anular o en casos especiales de alguna otra forma.

6.1.1.4 Las probetas cuya longitud calibrada inicial se relaciona con el área inicial de la sección transversal por la ecuación $L_0 = k\sqrt{S_0}$, son llamadas probetas proporcionales. El valor adoptado para esta norma es $k = 5,65$. La longitud calibrada inicial no debe ser menor de 20 mm. Cuando el área de la sección transversal inicial de la probeta es demasiado pequeña es necesario convenir un valor del coeficiente k más alto (preferiblemente 11,3) o se puede usar una probeta no proporcional.

6.1.1.5 En el caso en que se usen probetas no proporcionales, la longitud calibrada inicial (L_0) se toma independientemente del área de la sección transversal inicial (S_0).

6.1.1.6 Las tolerancias dimensionales de las probetas deben estar de acuerdo con los anexos referenciados (ver numeral 6.2).

6.1.2 *Probetas maquinadas.*

6.1.2.1 Las probetas maquinadas deben tener una curva de transición entre las superficies de agarre de las mordazas y la longitud paralela si estas son de diferentes dimensiones. Las dimensiones de este radio de transición pueden ser importantes y se recomienda que se definan en la especificación del material, si no están especificadas en el anexo indicado (ver numeral 6.2).

6.1.2.2 Las superficies de agarre pueden ser de cualquier forma, siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción.

6.1.2.3 El eje de la probeta deberá coincidir con o ser paralelo al eje de aplicación de la fuerza.

(Continúa)

6.1.2.4 La longitud paralela (L_c) o en el caso en donde la probeta no tiene curva de transición, la longitud libre entre las mordazas siempre debe ser mayor que la longitud inicial calibrada. (L_0).

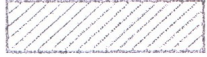

6.1.3 Probetas no maquinadas.

6.1.3.1 Si la probeta es de una longitud no maquinada del producto o una barra de ensayo sin maquinar, la longitud libre entre las mordazas debe ser suficiente para que las marcas calibradas queden a una distancia razonable de las mordazas (ver anexo A y D).

6.1.3.2 Las probetas de ensayo fundidas, incorporarán un radio de transición entre las superficies de agarre y la longitud paralela. Las dimensiones de este radio de transición son importantes y se recomienda que se definan en la norma del producto. Las superficies de agarre pueden tener cualquier forma siempre y cuando se adapten a las mordazas de la máquina de tracción. La longitud paralela (L_c) siempre debe ser mayor que la longitud calibrada inicial (L_0).

6.2 Tipos de probetas. Los principales tipos de probetas de ensayo están definidos en los anexos A-D de acuerdo con la forma y tipo del producto, como se indica en la tabla 2. Se pueden especificar otros tipos de probetas según las normas de producto.

TABLA 2. Tipos de producto

Tipo de producto		Anexos correspondientes
Laminas - Planos 	Alambres - Barras - Secciones 	
Espesor "e" en mm	Diámetro o lado en mm	
$0,1 \leq e < 3$	-----	A
---	< 4	B
≥ 3	≥ 4	C
	Tubos	D

6.3 Preparación de probetas para ensayo. Las probetas de ensayo se deben tomar y preparar de acuerdo con los requerimientos de las normas para los diferentes materiales que se indica en la Norma ISO - INEN 377.

6.4 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_0). El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones apropiadas. La precisión de estos cálculos depende de la naturaleza y del tipo de la probeta. Esta se indica en los anexos A - D para los diferentes tipos de probetas.

6.5 Marcado de la longitud calibrada inicial (L_0)

6.5.1 Cada extremo de la longitud calibrada inicial se debe marcar por medio de marcas finas o rayaduras, pero no por medio de indentaciones que puedan producir fracturas prematuras.

6.5.2 Para probetas proporcionales, el valor calculado de la longitud calibrada inicial puede aproximarse al múltiplo más cercano de 5 mm, cuidando que la diferencia entre la longitud calibrada inicial calculada y la marcada sea menor del 10% de L_0 . La longitud calibrada inicial se debe marcar con una precisión de $\pm 1\%$. El anexo F indica un nomograma para determinar la longitud calibrada inicial correspondiente a una probeta de sección transversal inicial rectangular.

6.5.3 Si la longitud paralela (L_c) es mucho mayor que la longitud calibrada inicial, como por ejemplo en probetas no maquinadas, se pueden marcar una serie de longitudes calibradas, algunas de ellas se pueden extender hasta las mordazas.

6.5.4 En algunos casos, puede ser útil marcar sobre la superficie total de la probeta, en una línea paralela al eje longitudinal:

(Continúa)

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Velocidad de la máquina. A menos que se especifique lo contrario, en la norma del producto, la velocidad de la máquina debe ajustarse a los siguientes requerimientos que dependen de la naturaleza del material.

7.1.1 Límite de fluencia y esfuerzo de prueba

7.1.1.1 Límite de fluencia superior (R_{eH})- Dentro del campo elástico y hasta el límite de fluencia superior, la relación de separación de los cabezales de la máquina debe mantenerse constante hasta donde sea posible, dentro de los límites correspondientes a la relación de esfuerzos indicados en la tabla 3.

TABLA 3. Relación de aplicación de esfuerzos

Modulo de elasticidad del material (E) MPa	Relación de aplicación de esfuerzos MPa/s	
	mín	máx
< 150000	2	20
≥ 150000	6	60

7.1.1.2 Límite de fluencia inferior (R_{eL})

- a) Si se va a determinar solamente el límite de fluencia inferior, la relación de aplicación del esfuerzo durante la fluencia de la longitud paralela de la probeta de ensayo debe estar entre 0,00025/s y 0,0025/s. La relación de esfuerzos se debe mantener constante, hasta donde sea posible. Si esta velocidad no se puede regular directamente, se debe fijar por regulación de la relación de esfuerzos justamente antes de que la fluencia empiece, los controles de la máquina no se deben ajustar posteriormente hasta completar la fluencia.
- b) En ningún caso, la relación de aplicación de esfuerzos en el campo elástico debe exceder las relaciones de esfuerzo máximas dadas en la tabla 3.

7.1.1.3 Límites de fluencia superior e inferior (R_{eH} y R_{eL}) - Si los dos límites de fluencia son determinados durante el mismo ensayo, las condiciones para determinar el límite inferior deben cumplir con (ver numeral 7.1.1.2.)

7.1.1.4 Esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) y esfuerzo de prueba (extensión total) (R_p y R_f). La relación de aplicación de esfuerzos debe estar entre los límites dados en la tabla 3. En el campo plástico y hasta la resistencia de prueba (extensión no proporcional o extensión total) la relación de aplicación de los esfuerzos no debe exceder de 0,0025/s.

7.1.1.5 Relación de separación. Si la máquina de tracción no es capaz de medir o controlar la relación de esfuerzos, una velocidad de separación de las mordazas equivalente a la relación de aplicación de esfuerzos dada en la tabla 3, debe ser usada hasta completar la fluencia.

7.1.2 Resistencia a la tracción (R_m)

7.1.2.1 En el rango plástico.- La relación de aplicación de esfuerzos en la longitud paralela no debe exceder de 0,008/s.

7.1.2.2 En el rango elástico.- Si el ensayo no incluye la determinación del esfuerzo de fluencia (o esfuerzo de prueba) la velocidad de la máquina puede alcanzar el máximo permitido en el rango plástico.

(Continúa)

7.2 Método de agarre

7.2.1 Las probetas de ensayo se deben adaptar por medios apropiados tales como cuñas, mordazas roscadas, etc.

7.2.2 Cada adaptación debe ser fabricada de tal manera que asegure que las probetas de ensayo estén agarradas de tal manera, que la fuerza se aplique tan axialmente como sea posible. Esto es de particular importancia cuando se ensayan materiales frágiles o cuando se vayan a determinar esfuerzos de prueba (elongación no proporcional) o esfuerzos de prueba (elongación total) o límite de fluencia.

7.3 Determinación del porcentaje de elongación después de la rotura (A)

7.3.1 El porcentaje de elongación después de la rotura debe ser determinado de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.4.3.

7.3.2 Para este propósito, los dos pedazos rotos de la probeta se deben encajar cuidadosamente de tal manera que sus ejes permanezcan en una línea recta.

7.3.3 Se deben tomar precauciones especiales para asegurar un contacto apropiado entre las partes rotas de la probeta de ensayo, cuando se vaya a medir la longitud calibrada final. Esto es particularmente importante en el caso de probetas de ensayo de sección transversal pequeña y probetas de ensayo que tengan valores de elongación bajos.

7.3.4 La elongación después de la rotura ($L_u - L_o$) se debe determinar a un valor lo más próximo a 0,25 mm utilizando un aparato de medida con una resolución de 0,1 mm, y los valores de los porcentajes de elongación después de la rotura se deben redondear o aproximar al 0,5%. Si el porcentaje de elongación mínimo especificado es menor del 5%, se recomienda tomar precauciones especiales para determinarlo (ver anexo E).

7.3.5 Esta medición, es en principio válida solamente si la distancia entre la rotura y la marca más cercana no es menor que una tercera parte de la longitud calibrada inicial (L_o). Sin embargo, la medida es válida, sin importar la posición de la rotura, si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor que el valor especificado.

7.3.6 Para máquinas con capacidad de medir el alargamiento a la rotura usando un extensómetro, no es necesario marcar las longitudes calibradas. La elongación es medida como el alargamiento total a la rotura, y por consiguiente es necesario deducir la extensión elástica con el fin de obtener el porcentaje de elongación después de la rotura.

7.3.7 En principio, esta medición es válida solamente si la rotura ocurre dentro de la longitud calibrada (L_e). La medición es válida en cuanto a la posición de la sección transversal de la rotura si el porcentaje de elongación después de la rotura es igual o mayor al valor especificado (ver nota 8).

7.3.8 Si la elongación es medida sobre una longitud fija dada, puede ser convertida a una longitud calibrada proporcional usando fórmulas de conversión o tablas acordadas antes de empezar el ensayo (por ejemplo ISO 2566-1, ISO 2566-2 y UNE 7-264-72).

7.3.9 Las comparaciones de porcentajes de elongación son posibles cuando la longitud calibrada del extensómetro, el perfil y el área de la sección transversal son las mismas, o cuando el coeficiente de proporcionalidad (k) es el mismo.

7.3.10 Con el objeto de evitar el rechazo de probetas de ensayo, en las cuales puede ocurrir la rotura por fuera de los límites especificados en el numeral 3.1.4.3, se puede usar el método basado en la subdivisión de L_o en N partes iguales, tal como se describe el Anexo G.

7.4 Determinación del porcentaje de elongación total a fuerza máxima (A_{gt})

7.4.1 Este método consiste en determinar el diagrama fuerza – extensión obtenida con un extensómetro, la extensión a la fuerza máxima (ΔL_m)

NOTA 8. Si la norma del producto especifica la determinación del porcentaje de elongación después de la rotura para una longitud dada, la longitud calibrada del extensómetro debe ser igual a esa longitud.

7.4.2 Algunos materiales exhiben una meseta plana a la fuerza máxima. Cuando esto ocurre el porcentaje total de elongación a la fuerza máxima es tomada del punto medio de la meseta plana (ver figura 1).

7.4.3 La longitud calibrada del extensómetro debe ser registrada en el reporte de ensayo.

7.4.4 El porcentaje total de elongación al aplicar una fuerza máxima se calcula con la siguiente fórmula:

$$Agt = \frac{\Delta Lm}{Le} \times 100$$

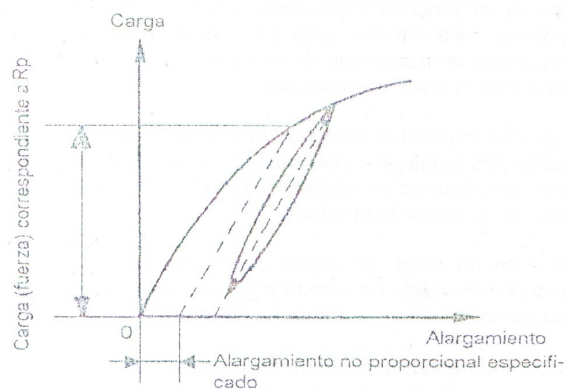
7.4.5 Si el ensayo de tracción es realizado en una maquina de ensayo controlada por computadora que tiene un sistema de adquisición de datos, la elongación es directamente determinada a la fuerza máxima.

7.4.6 Para información, un método manual se describe en el Anexo H.

7.5 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión no proporcional (R_p)

7.5.1 El esfuerzo de prueba (extensión no proporcional) es determinado a partir del diagrama fuerza/extensión, trazando una línea paralela a la parte recta de la curva a una distancia equivalente descrita al porcentaje no proporcional prescrito, por ejemplo 0,2%. El punto en el cual esta línea intersecta a la curva da la fuerza correspondiente a la resistencia de prueba deseada (extensión no proporcional). Esta última se obtiene dividiendo la fuerza para el área de la sección transversal inicial de la probeta de ensayo (S_0) (ver figura 6).

FIGURA 6. Esfuerzo de prueba, extensión no proporcional (R_p) (ver numeral 7.5.1) (ver nota 9)



7.5.2 Es esencial la exactitud del trazado del diagrama fuerza/extensión.

7.5.3 Si la parte recta del diagrama fuerza/extensión no está claramente definida, para eso se prevé un trazado de la línea paralela con suficiente precisión, se recomienda el siguiente procedimiento (ver figura 6).

NOTA 9. Ver tabla 1. Para la explicación respectiva a los números indicados.

(Continúa)

7.5.4 Cuando el esfuerzo de prueba presumido ha sido excedido, la fuerza se reduce a un valor igual o cercano al 10% de la fuerza obtenida. La fuerza se incrementa de nuevo hasta exceder el valor obtenido originalmente. Para determinar el esfuerzo de prueba deseado, se traza una línea a través del lazo de histéresis. Se traza una línea paralela a esta línea, a una distancia de la curva original, medida a lo largo de la abscisa, igual al porcentaje no proporcional prescrito. La intersección de esta línea paralela y la curva de fuerza/extensión dan el esfuerzo correspondiente a la resistencia de prueba. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza por el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0) (ver figura 6). La corrección del origen de la curva puede ser realizada por varios métodos, el siguiente método es utilizado generalmente: dibujar una línea paralela a la línea definida por el lazo de histéresis que cruza la parte elástica ascendente del diagrama, cuya pendiente es la más cercana al lazo. El punto al cual esta línea intercepta a la abscisa da el origen corregido de la curva.

7.5.5 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.6 Determinación del esfuerzo de prueba, extensión total (R_t)

7.6.1 El esfuerzo de prueba (extensión total) se determina con ayuda del diagrama de esfuerzo/extensión trazando una línea paralela al eje de la ordenada (eje de esfuerzos) y a una distancia desde su equivalente al porcentaje de extensión total prescrito. El punto en que la línea que intersecta a la curva da la fuerza correspondiente al esfuerzo de prueba deseado. Este último se obtiene dividiendo esta fuerza para el área de la sección transversal inicial de la probeta (S_0) (ver figura 4).

7.6.2 La propiedad puede ser obtenida sin dibujar la curva fuerza/extensión, mediante el uso de dispositivos automáticos (microprocesador, etc.)

7.7 Método de Verificación del esfuerzo fijado permanente (R_p).

7.7.1 La probeta es sometida a cargas durante 10 s a 12 s correspondientes al esfuerzo especificado y entonces se confirma, después de quitar la carga, la elongación o extensión fijada permanente no es más que el porcentaje especificado para la longitud calibrada inicial.

7.8 Determinación del porcentaje de reducción de área (Z)

7.8.1 La reducción del porcentaje de área se determinará de acuerdo con la definición dada en el numeral 3.1.7.

7.8.2 Los dos pedazos rotos de la probeta son encajados correctamente para que sus ejes queden alineados. La sección mínima del área transversal después de la rotura (S_u) se medirá a una exactitud de $\pm 2\%$ (vea anexos A y D). La diferencia entre el área (S_u) y el área transversal de la sección inicial (S_0) expresada en porcentaje del área inicial, indica reducción del porcentaje de área.

7.9 Exactitud de los resultados.

7.9.1 La exactitud de resultados depende de varios parámetros que pueden separarse en dos categorías:

- a) los parámetros metrológicos como clase de máquina, extensómetro y la exactitud de las dimensiones de la probeta;
- b) los parámetros del material y los de ensayo tales como, naturaleza de material, geometría y preparación de la probeta, temperatura, técnicas de adquisición y análisis de datos.

7.9.2 En la ausencia de datos suficientes sino es posible de todos los materiales, en ese instante fijar los valores de exactitud para las diferentes propiedades medidas en el ensayo de tracción.

7.9.3 Anexo J provee una guía para la determinación de incertidumbre relacionada a los parámetros metrológicos.

(Continúa)

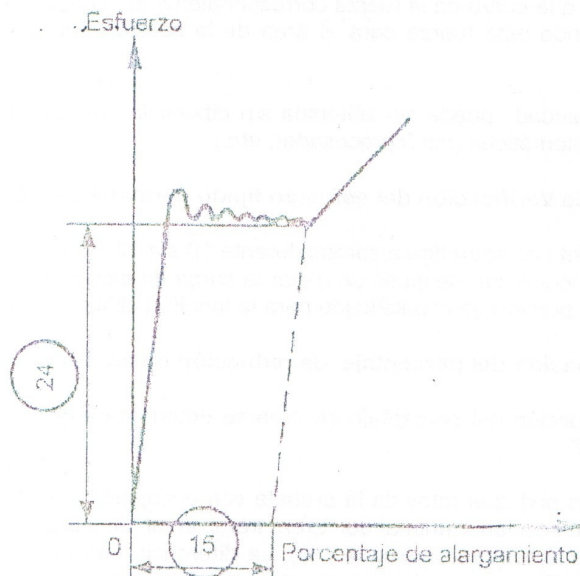
7.9.4 Anexo K provee valores obtenidos de los ensayos interlaboratorios de un grupo de aleaciones de aceros y de aluminio.

8. INFORME DE RESULTADOS

8.1 El informe de resultados debe contener, como mínimo, la siguiente información:

- Referencia a ésta NTE INEN 109
- Identificación de la probeta
- Naturaleza del material, si se conoce
- Tipo de probeta
- Localización y dirección del muestreo de las probetas
- Propiedades medidas y resultados.

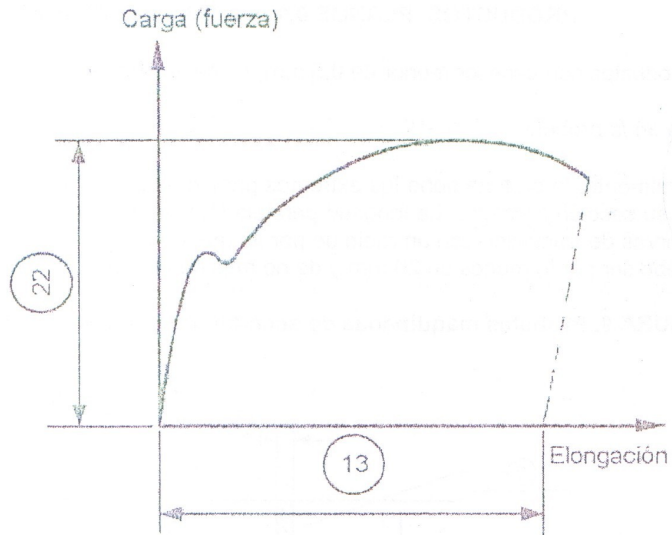
FIGURA 7. Porcentaje de extensión en el punto de fluencia (A_e)



NOTA 10. Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados

(Continúa)

FIGURA 8. Fuerza máxima (F_m)



NOTA 11. Ver tabla 1 para efectos de la explicación de los números indicados

(Continúa)

ANEXO A
(Normativo)

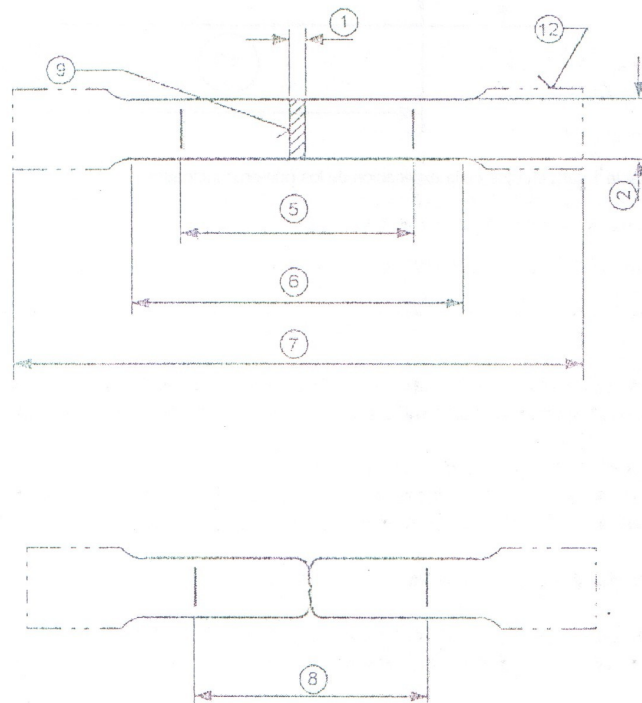
TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYO PARA PRODUCTOS DELGADOS: LÁMINAS, FLEJES Y PRODUCTOS PLANOS 0,1 mm Y 3,0 mm DE ESPESOR

A.1 Para productos con espesor menor de 0,5 mm, es necesario tener precauciones especiales.

A.1.1 Forma de la probeta

A.1.1 Generalmente, la probeta tiene los extremos para sujetarse a las mordazas, con extremos más anchos que su sección paralela. La longitud paralela (L_0) se une con los extremos de la probeta por medio de curvas de transición con un radio de por lo menos 20 mm (ver figura 9). El ancho de estos extremos debe ser por lo menos de 20 mm y de no más de 40 mm.

FIGURA 9. Probetas maquinadas de sección transversal rectangular (ver notas)



A.1.2 Por acuerdo la probeta también puede consistir de un fleje con caras paralelas. Para productos de ancho igual o menor que 20 mm, el ancho de la probeta debe ser el mismo que el del producto.

A.2 Dimensiones de la probeta

A.2.1 Probetas no proporcionales

A.2.1.1 La longitud paralela no debe ser inferior de $L_0 + \frac{b}{2}$

A.2.1.2 En caso de desacuerdo, siempre se debe usar una longitud de $L_0 + 2b$ a menos que el material sea insuficiente.

A.2.1.3 En caso de probetas de lados paralelos de menos de 20 mm de ancho, y a menos que la norma del producto especifique otra cosa, la longitud calibrada inicial (L_0) debe ser igual a 50 mm. Para este tipo de probetas, la longitud libre entre las mordazas debe ser igual a $L_0 + 3b$.

(Continúa)

A.2.1.4 Existen dos tipos de probetas no proporcionales cuyas dimensiones se establecen en la tabla A.1.

TABLA A.1 Dimensiones de las probetas (mm)

Tipo de probeta	Ancho b	Longitud calibrada inicial L_0	Longitud paralela L_c	Mínima longitud libre entre las mordazas para probetas de lados paralelos
1	12,5 ±1	50	75	87,5
2	20 ±1	80	120	140

A.2.1.5 Cuando se determinan las dimensiones de las probetas, se aplican las tolerancias dadas en la tabla A.2.

TABLA A.2 Tolerancias en el ancho de la probeta (mm)

Ancho nominal de la probeta	Tolerancias de maquinado ¹⁾	Tolerancias de forma ²⁾
12,5	± 0,09	± 0,043
20	± 0,105	± 0,052

¹⁾ Tolerancias js 12. Estas tolerancias están en concordancia con la ISO 286-2, son aplicables si el valor nominal del área transversal (S_0), se incluye en el cálculo sin necesidad de medir su valor.

²⁾ Tolerancias IT 9. (Ver ISO 286-2). Máxima desviación entre la medida del ancho a a lo largo de toda la longitud paralela (L_c) de la probeta.

A.2.1.6 En el caso en que las probetas sean del mismo ancho del producto, el área inicial de la sección transversal (S_0) se debe calcular en base de las dimensiones medidas de la probeta.

A.2.1.7 Se puede tomar como ancho nominal de la probeta el que resulte del maquinado con sus tolerancias, siempre y cuando cumpla las tolerancias de forma que se dan en la tabla A.2, con el fin de tener la medida del ancho de la probeta para efectos del ensayo.

A.3 Preparación de las probetas

A.3.1 Las probetas se deben preparar de tal manera, que no afecten las propiedades del metal. Si algunas áreas se han endurecido por efectos de corte o prensado, se deben eliminar por maquinado.

A.3.2 Para materiales muy delgados, se recomienda que las piezas del mismo ancho se corten ensambladas formando un paquete con separadores intermedios de papel que sea resistente al aceite de corte. Se recomienda que cada paquete se ensamble con sujetadores a cada lado antes del maquinado para darle las dimensiones finales a las probetas.

A.3.3 El valor dado en A.2, por ejemplo ±0,09 mm para un ancho nominal de 12,5 mm significa que ninguna probeta debe tener un ancho fuera de los dos valores dados abajo, si el valor nominal del área de la sección transversal inicial (S_0) es incluido sin tener que medirlo:

$$12,5 + 0,09 = 12,59 \text{ mm}$$

$$12,5 - 0,09 = 12,41 \text{ mm}$$

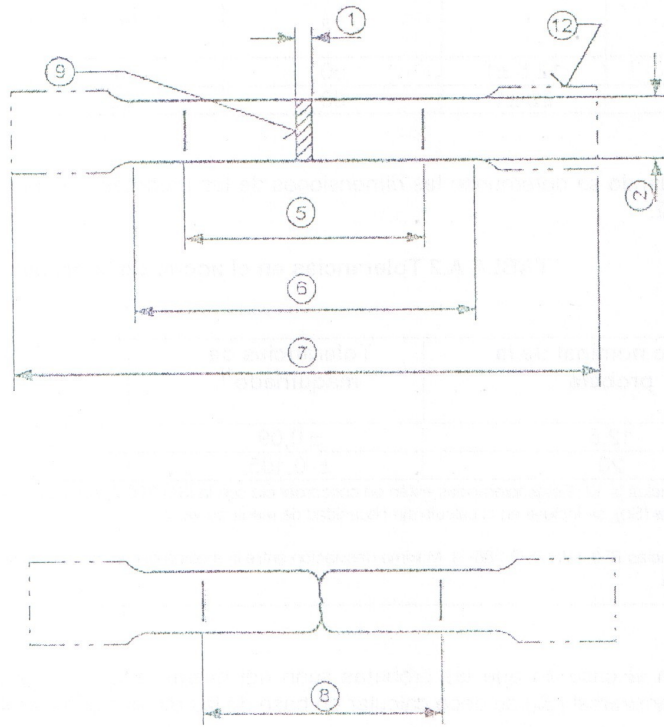
A.4 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_0)

A.4.1 El área de la sección transversal inicial se calcula a partir de las medidas de las dimensiones de la probeta.

(Continúa)

A.4.2 El error en la determinación del área de la sección transversal inicial de la probeta no debe ser mayor de $\pm 2\%$. La mayor parte de este error, generalmente se debe a la medición de los espesores de la probeta, el error en la medición del ancho no debe ser mayor de $\pm 0,2\%$.

Figura 9. Probetas maquinadas de sección transversal rectangular



NOTA A.1: La forma de la cabeza de la probeta se indica a manera de guía.
 NOTA A.2: Ver tabla 1 para la explicación de los números indicados

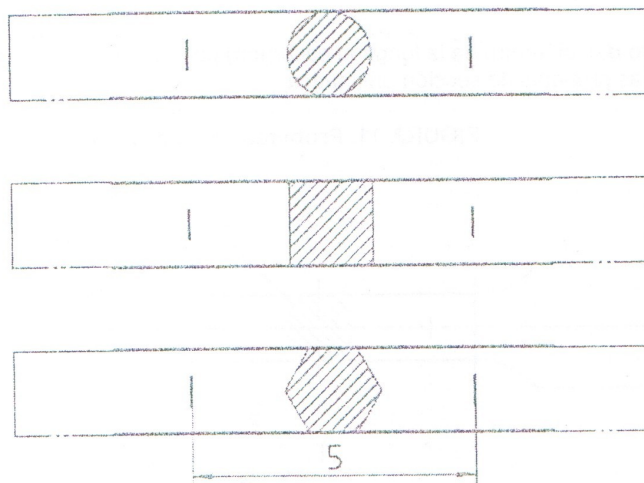
(Continúa)

ANEXO B
(Normativo)

TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYO PARA ALAMBRES, BARRAS Y SECCIONES DE DIÁMETRO O ESPESOR INFERIOR A 4 mm.

B.1 Forma de la probeta. La probeta generalmente consiste de una porción no maquinada del producto (ver figura 10).

FIGURA 10. Probetas que comprenden una porción no maquinada del producto (ver notas)



B.2 Dimensiones de la probeta. La longitud calibrada inicial (L_0) debe ser tomada como $200 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ ó $100 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$. La distancia entre mordazas de la máquina debe ser por lo menos igual a $L_0 + 50 \text{ mm}$, ejemplo 250 mm y 150 mm respectivamente, excepto cuando se trata de alambres de diámetro pequeño en los que esta distancia puede ser igual a L_0 . En los casos cuando el porcentaje de elongación después de la rotura no es determinado, se debe usar una distancia entre mordazas de por lo menos 50 mm .

B.3 Preparación de las probetas.- Si el producto se suministra en rollos, se debe tener cuidado de enderezarlo.

B.4 Determinación del área transversal inicial (S_0)

B.4.1 El área de la sección inicial de la probeta (S_0) se debe medir con una exactitud de $\pm 1\%$.

B.4.2 Para productos de sección transversal circular, el área de la sección transversal inicial debe ser calculada de la media aritmética de dos mediciones tomadas en dos direcciones perpendiculares.

B.4.3 El área de la sección transversal inicial se puede determinar a partir de la masa de una longitud conocida y su densidad.

NOTA B.1. La forma de la cabeza de la probeta se indica a manera de guía.

NOTA B.2. Ver tabla 1 para la explicación de los números indicados

(Continúa)

ANEXO C
(Normativo)

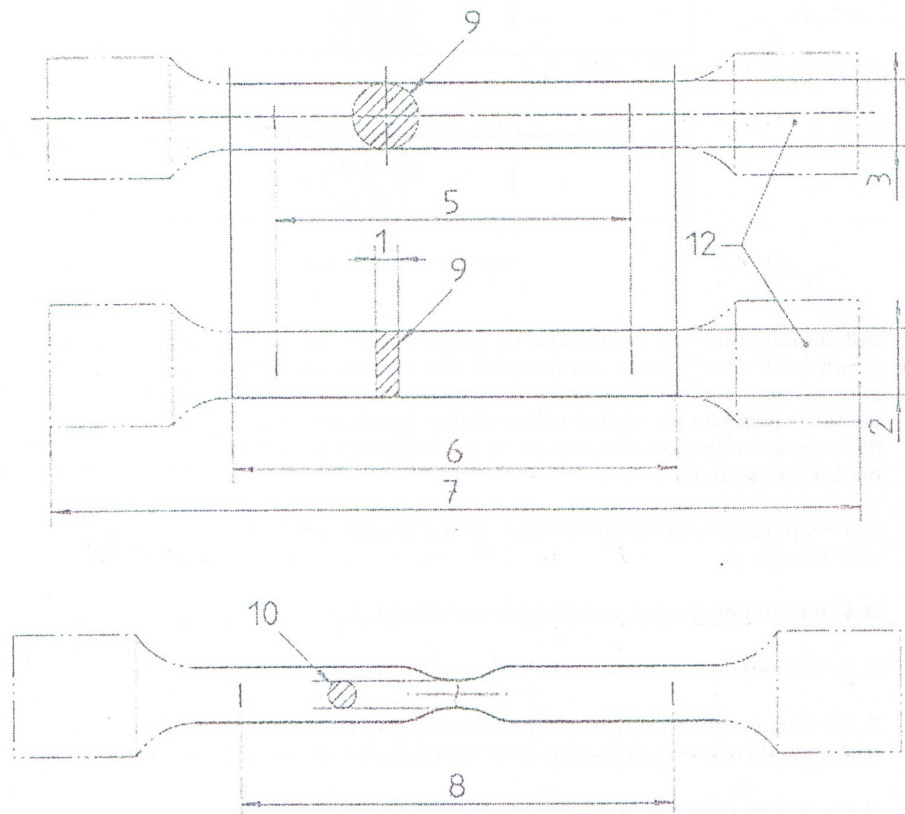
**TIPOS DE PROBETAS USADAS PARA LAMINAS Y PLACAS, PRODUCTOS PLANOS DE
ESPESOR IGUALES O MAYOR QUE 3 mm, ALAMBRES, BARRAS Y SECCIONES DE
DIÁMETRO O ESPESOR IGUAL O MAYOR QUE 4 mm.**

C.1 Forma de la probeta

C.1.1 En general la probeta es maquinada y la longitud paralela debe enlazarse por medio de curvas de transición en los extremos de agarre, que deben tener una forma adecuada para agarrarse de las mordazas de la máquina de ensayo (ver figura 11). El radio de transición mínimo debe tener por lo menos:

- 0,75 d (Siendo d el diámetro de la longitud calibrada) para las probetas cilíndricas;
- 12 mm para las probetas de sección prismática

FIGURA 11. Probetas proporcionales



C.1.2 Si es necesario las secciones, las barras, etc. se pueden ensayar sin necesidad de maquinado.

C.1.3 La sección transversal de la probeta puede ser circular, cuadrada, rectangular o en casos especiales, de cualquier forma.

C.1.4 Para piezas de sección transversal rectangular, se recomienda que no excedan de una relación de 8:1 entre el ancho y el espesor de la probeta.

NOTA C.1. La forma de las cabezas de la probeta se da solamente a manera de guía.

NOTA C.2. Ver la tabla 1 para la explicación de los números de referencia.

(Continúa)

C.1.5 Generalmente, el diámetro en la longitud paralela de las probetas cilíndricas maquinadas no debe ser inferior de 4 mm.

C.2 Dimensiones de la probeta

C.2.1 Longitud paralela de la probeta maquinada. La longitud paralela (L_c) debe ser por lo menos igual a:

- a) $L_o + \frac{d}{2}$ para probetas de sección transversal circular
 b) $L_o + 1,5\sqrt{S_o}$ para probetas de sección transversal prismática.

C.2.1.2 En caso de desacuerdo y dependiendo del tipo de probeta, se deben utilizar las longitudes $L_o + 2d$ ó $L_o + 2\sqrt{S_o}$, a menos que el material sea insuficiente.

C.2.2 Longitud de la probeta sin maquinar. La longitud libre entre las mordazas de la máquina debe ser la adecuada para que las marcas de calibración estén a una distancia razonable desde estas mordazas.

C.2.3 Longitud calibrada inicial (L_o)

C.2.3.1 Probetas proporcionales. Como regla general, las probetas proporcionales se utilizan cuando la longitud calibrada (L_o) se relaciona con el área inicial de la sección transversal (S_o) por medio de la ecuación:

$$L_o = k\sqrt{S_o}$$

Donde:

$$k = 5,65.$$

- a) Las probetas de sección transversal circular preferiblemente deben tener las dimensiones dadas en la tabla C.1.

TABLA C.1 Probetas de sección transversal circular

k	Diámetro d mm	Área transversal inicial (S_o) mm ²	Longitud calibrada inicial $L_o = k\sqrt{S_o}$ mm	Longitud paralela mínima L_c mm	Longitud total L_t mm
5,65	20 ± 0,15	314	100 ± 1	110	Dependen del método de fijación de la probeta en las mordazas de la máquina. En principio: $L_t > L_c + 2d$ ó $4d$
	10 ± 0,075	78,5	50 ± 0,5	55	
	5 ± 0,04	19,6	25 ± 0,25	28	

- b) La escala dada en el Anexo F hace más fácil determinar la longitud calibrada inicial (L_o) correspondiendo a las dimensiones de las probetas de sección transversal rectangular.

C.2.3.2 Probetas no proporcionales. Las probetas no proporcionales se pueden usar si se especifican en la norma del producto.

(Continúa)

C.3 Preparación de las probetas. Las tolerancias en las dimensiones transversales de las probetas maquinadas se dan en la tabla C.2.

C.3.1 A continuación se da un ejemplo de la aplicación de estas tolerancias:

a) *Tolerancias de maquinado.* Se toma el valor de la tabla C.2, por ejemplo $\pm 0,075$ mm para un diámetro nominal de 10 mm significa que el diámetro de la probeta no debe variar dentro de los valores dados abajo. Si el valor nominal del área de la sección transversal inicial (S_0) se incluye en el cálculo sin haberla medido:

$$10 + 0,075 = 10,075 \text{ mm}$$

$$10 - 0,075 = 9,925 \text{ mm}$$

b) *Tolerancia de forma.* El valor dado en la tabla C.2 significa que, para probetas con un diámetro nominal de 10 mm que satisfacen las condiciones del maquinado dadas anteriormente, la desviación entre el mayor y el menor valor del diámetro medido no exceda de 0,04 mm.

Por consiguiente, si el diámetro mínimo de la probeta es 9,99 mm, su diámetro máximo no debe ser mayor de $9,99 + 0,04 = 10,03$ mm.

C.4 Determinación del área transversal (S_0). El diámetro nominal puede usarse para calcular el área transversal de la sección inicial de las probetas de sección transversal circular que cumplen las tolerancias dadas en la tabla C.2. Para todas las otras formas de probetas, el área de la sección transversal inicial se debe calcular a partir de mediciones de las dimensiones apropiadas, con un error que no exceda de $\pm 0,5\%$ en cada dimensión.

TABLA C.2 Tolerancias relacionadas con las dimensiones transversales de las probetas
Dimensiones y tolerancias en milímetros.

Designación	Dimensión Transversal nominal	Tolerancia de maquinado en la dimensión nominal	Tolerancia de la forma
Diámetro de maquinado de probetas de sección transversal	3	$\pm 0,05$	0,025 ²⁾
	>3 ≤ 6	$\pm 0,06$	0,03 ²⁾
	>6 ≤ 10	$\pm 0,075$	0,036 ²⁾
	>10 ≤ 18	$\pm 0,09$	0,043 ²⁾
	>18 ≤ 30	$\pm 0,105$	0,052 ²⁾
Dimensiones transversales de probetas de sección rectangular maquinadas por todos sus cuatro lados		Las mismas tolerancias que las probetas de sección transversal circular	
Dimensiones transversales de probetas de sección rectangular, maquinadas solamente en dos lados opuestos	3		0,14 ³⁾
	>3 ≤ 6		0,18 ³⁾
	>6 ≤ 10		0,22 ³⁾
	>10 ≤ 18		0,27 ³⁾
	>18 ≤ 30		0,33 ³⁾
	>30 ≤ 50		0,39 ³⁾
	1) Las tolerancias js12 estarán en concordancia con la ISO 286-2, estas tolerancias son aplicables para el valor nominal del área de la sección transversal inicial (S_0) esta incluido en el cálculo sin tener que medirlo. 2) Tolerancias IT9 3) Tolerancias IT13		
		La desviación máxima entre las mediciones de una dimensión transversal especificada a lo largo de toda la longitud paralela (L_z) de la probeta	

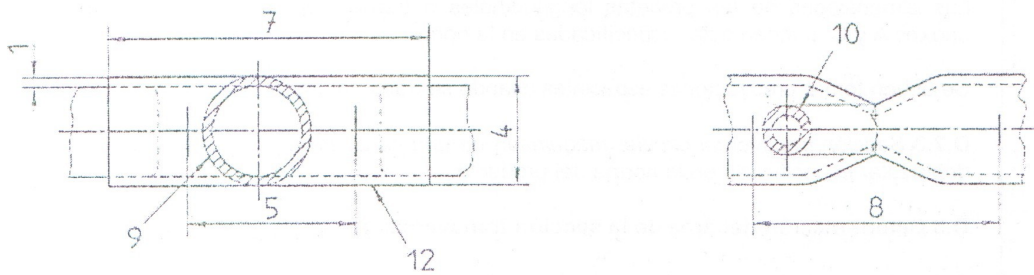
(Continúa)

ANEXO D
(Normativo)

TIPOS DE PROBETAS DE ENSAYOS A SER USADAS PARA TUBOS

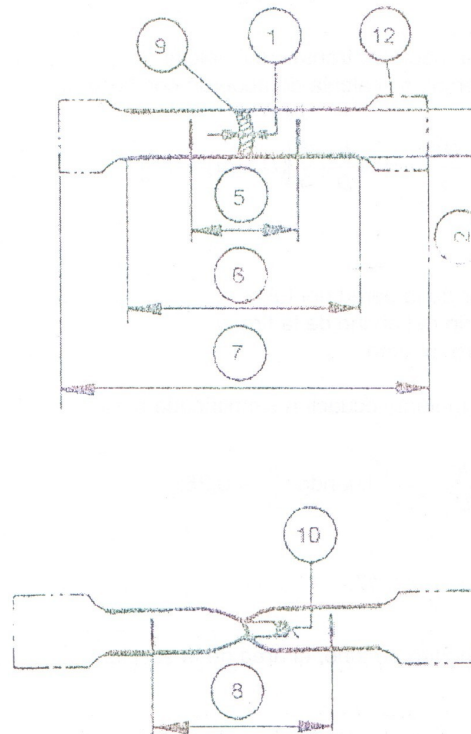
D.1 Forma de las probetas. La probeta consiste ya sea de una longitud del tubo o un tira longitudinal o transversal cortada del tubo y que tenga el espesor completo de la pared del tubo (ver figuras 12 y 13), o de una probeta de sección trasversal circular maquinada de la pared del tubo. Las probetas maquinadas transversales, longitudinales y de sección transversal circular se describen en el anexo A para tubos de pared inferior a 3 mm y en el anexo C para espesores iguales o mayores a 3 mm. La tira longitudinal es generalmente utilizada para tubos con un espesor de pared mayor que 0,5 mm.

FIGURA 12. Probetas que comprenden una longitud de tubo



NOTA D.1. Ver tabla 1 para la explicación de los números de referencia.

FIGURA 13. Probetas cortadas de un tubo



NOTA D.2. La forma de las cabezas de la probeta se da solamente como guía.
NOTA D.3. Ver tabla 1 para la explicación de los números de referencia.

D.2 Dimensiones de la probeta

D.2.1 Longitud del tubo. La longitud del tubo puede ser conectada en ambos extremos. La longitud libre entre cada conector y la marca de calibración mas cercana debe exceder a $\frac{D}{4}$. En caso de discrepancia, el valor D utilizado, será tan largo como se disponga de material suficiente.

La longitud del conector proyectante relacionada a las mordazas de la máquina en dirección de las marcas calibradas no debe exceder D , y su forma debe ser tal que no interfiera con la deformación de la longitud calibrada

D.2.2 Tira longitudinal o transversal. La longitud paralela (L_c) de las tiras longitudinales no deben ser aplanadas, pero los extremos que se sujetan a las mordazas pueden aplanarse para el agarre con las mordazas en la máquina de ensayo.

Las dimensiones de las probetas longitudinales o transversales, diferentes de las dadas en los anexos A y C pueden estar especificadas en la norma del producto.

Se deben tomar precauciones especiales cuando se trabajen probetas transversales.

D.2.3 Sección transversal circular maquinada de una pared de un tubo. El muestreo de las probetas debe estar especificado en la norma del producto.

D.3 Determinación del área de la sección transversal inicial (S_o)

D.3.1 El área de la sección transversal inicial de la probeta se debe calcular con una precisión de $\pm 1\%$.

D.3.2 El área de la sección transversal inicial de una longitud dada de un tubo, o una tira longitudinal o transversal se pueden determinar a partir de la masa de la probeta, de su longitud y de su densidad.

D.3.3 El área de la sección transversal inicial (S_o) de una probeta que consiste de una tira longitudinal o transversal, se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$S_o = \frac{b}{4}(D^2 - b^2)^{1/2} + \frac{D^2}{4} \arcsen \frac{b}{D} - \frac{b}{4} \left[(D - 2a)^2 - b^2 \right]^{1/2} - \left(\frac{D - 2a}{2} \right)^2 \arcsen \frac{b}{D - 2a}$$

Donde:

- a = es el espesor de la pared del tubo;
- b = es el promedio del ancho de la tira; y
- D = es el diámetro externo.

Se puede utilizar la siguiente ecuación simplificada para las probetas longitudinales o transversales:

$$S_o = ab \left[1 + \frac{b^2}{6D(D - 2a)} \right] \text{ cuando } \frac{b}{D} < 0,25;$$

$$S_o = ab \text{ cuando } \frac{b}{D} < 0,17.$$

En el caso de una longitud de tubo, el área de la sección transversal inicial (S_o) se puede calcular de la siguiente manera:

$$S_o = \pi a(D - a)$$

(Continúa)

ANEXO E
(Informativo)

PRECAUCIONES A SER TOMADAS AL MEDIR EL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DESPUÉS DE LA ROTURA, SI EL VALOR ESPECIFICADO ES MENOR QUE EL 5%

E.1 Uno de los métodos recomendados se indica a continuación:

E.1.1 Antes de la prueba debe hacerse una marca muy pequeña en uno de los extremos de la longitud paralela. Utilizando un juego de rayadores puntiagudos dividiendo a la longitud medida, un arco es descrito con una marca en el centro. Después de la rotura, el pedazo de la prueba roto debe ponerse en una prensa fija y aplicar una fuerza axial compresiva, preferentemente por medio de un tornillo, suficiente para unir los pedazos durante la medida. Un segundo arco del mismo radio debe ser entonces descrito del centro original, y la distancia entre las dos marcas medidas por medio de un microscopio u otro instrumento conveniente. Para observar las marcas finas más fácilmente, puede aplicarse una película del tinte conveniente al pedazo de la prueba antes de probar.

(Continúa)

ANEXO F
(Informativo)

NOMOGRAMA PARA CALCULAR LAS LONGITUDES CALIBRADAS DE PROBETAS DE SECCIÓN TRANSVERSAL RECTANGULAR

F.1 Este nomograma ha sido construido usando el método de alineación.

F.1.1 *Método de uso.* Lleve a cabo los pasos siguientes:

- a) Para valores fuera de escala, seleccione los puntos a y b que representan el espesor y el ancho de una probeta rectangular;
- b) Una estos dos puntos con una línea (longitud de hilo o borde de una regla);
- c) Leer la longitud calibrada correspondiente del lado izquierdo de la escala central.

Ejemplo de uso: (ver notas)

$$b = 21 \text{ mm}$$

$$a = 15,5 \text{ mm}$$

$$L_0 = 102 \text{ mm}$$

F.2 Construcción del nomograma

F.2.1 Dibujar tres líneas paralelas equidistantes las mismas que son las ordenadas de las graduaciones logarítmicas. Éstas deben ser graduadas logarítmicamente tal que el $\lg 10$ es representado por 250 mm; las tres escalas se incrementan hacia la parte superior de la página. Los puntos (20) y (10) deben ponerse aproximadamente en el centro de la página de las escalas laterales. Unir los dos puntos (10) de las escalas laterales.

La intersección de esta línea y la escala central da el punto 56,5 del lado izquierdo de la graduación de la escala central L_0 .

F.2.2 La escala del área S_0 esta en el lado derecha de la línea central. Este mismo punto 56,5 es el punto 100 en la escala de áreas; la graduación debe estar trazada a una escala que es la mitad de la precedente, a saber:

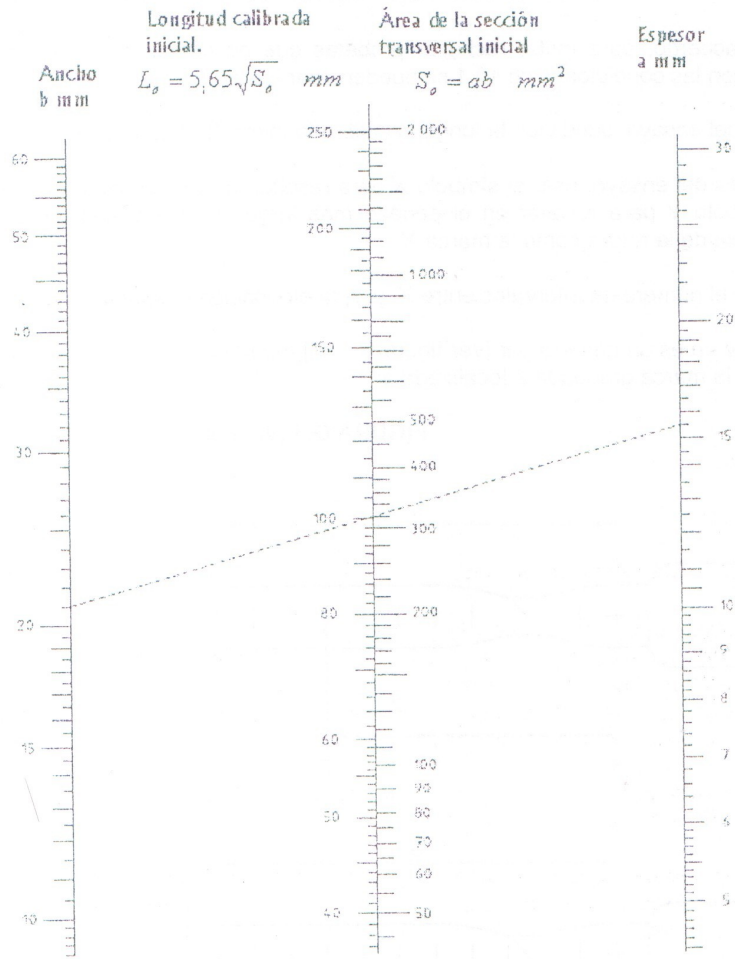
$$\lg 10 = 125 \text{ mm}$$

NOTAS:

F.1. Un error en la lectura L_0 menor o igual que $\pm 1\%$ significa que este nomograma puede usarse sin cálculos adicionales en todos los casos.

F.2. Un error en la lectura L_0 mayor que 1%, significa que en algunos casos la precisión deseada no es obtenida; es entonces preferible calcular el producto de a y b directamente.

(Continúa)



(Continúa)

ANEXO G

MEDICIÓN DEL PORCENTAJE DE ELONGACIÓN DESPUÉS DE LA ROTURA BASADA EN LA SUBDIVISIÓN DE LA LONGITUD CALIBRADA INICIAL

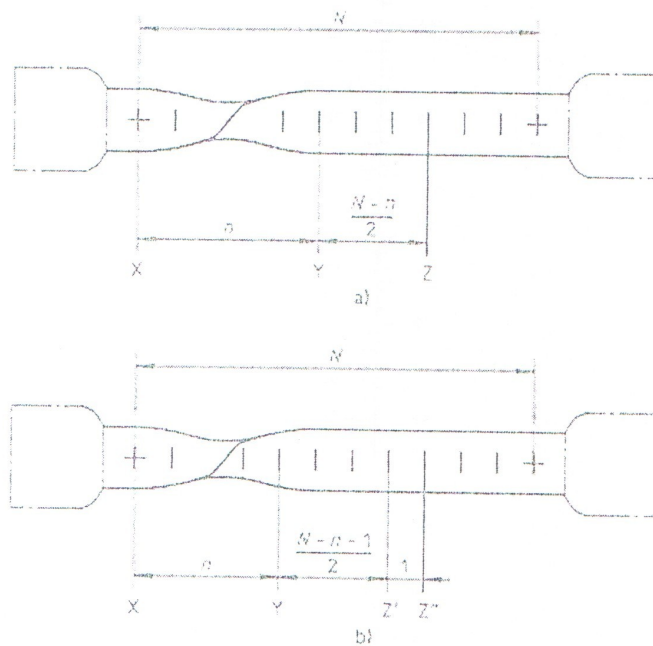
G.1 Por acuerdo, para evitar rechazar probetas que no cumplan con la posición de la rotura de acuerdo con las condiciones de 10.1 se pueden usar los siguientes métodos:

- Antes del ensayo, subdividir la longitud calibrada inicial (L_0) en N partes iguales.
- Después del ensayo, usar el símbolo X para resaltar la marca calibrada en el pedazo más corto y el símbolo Y para resaltar en el pedazo más largo, la subdivisión de la cual esta a la misma distancia de la rotura como la marca X

Si n es el número de intervalos entre X y Y , la elongación después de la rotura se determina así:

- Si $N - n$ es un número par [ver figura G.1 a)], medir la distancia entre X y Y y la distancia desde Y a la marca graduada Z localizada a:

FIGURA G.1 (ver nota)



$\frac{N-n}{2}$ intervalos más allá de Y ;

Calcular el porcentaje de elongación después de la rotura usando la ecuación:

$$A = \frac{XY + 2YZ - L_0}{L_0} \times 100$$

NOTA G.1. La forma de la cabeza de las probetas se proporciona solo como guía.

(Continúa)

- 2) Si $N - n$ es un número impar [ver figura G.1 b)], medir la distancia entre X y Y y la distancia desde Y a las marcas graduadas Z' y Z'' localizadas respectivamente a:

$$\frac{N-n-1}{2} \quad \text{y} \quad \frac{N-n+1}{2} \quad \text{Intervalos mas allá de } Y;$$

Calcular el porcentaje de elongación después de la rotura usando la ecuación;

$$A = \frac{XY + YZ' + YZ'' - L_0}{L_0} \times 100$$

(Continúa)

ANEXO H (Informativo)

MÉTODO MANUAL PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE TOTAL DE ELONGACIÓN A LA FUERZA MÁXIMA PARA LOS PRODUCTOS LARGOS COMO BARRAS, ALAMBRE, VARILLAS

H.1 El método del extensómetro definido en el punto 11 puede ser reemplazado por el siguiente método manual. En caso de desacuerdo, el método del extensómetro debe ser aplicado.

H.2 El método consiste en medir, en la parte más larga de la probeta que se ha sometido a una prueba de tracción, la elongación no-proporcional a la fuerza máxima, a partir de la cual se calcula el porcentaje total de elongación.

H.2.1 Antes de la prueba, se hacen marcas equidistantes en la longitud calibrada medida, la distancia entre 2 marcas sucesivas siendo iguales a un submúltiplo de la longitud calibrada inicial (L'_0). El marcado de la longitud calibrada inicial (L'_0) debe tener una precisión de $\pm 0,5$ mm.

H.2.2 Esta longitud la cual es una función del valor del porcentaje total de elongación debe estar definida en la norma del producto.

La medida de la longitud calibrada final después de la rotura (L'_u) se realiza en la parte rota más larga de la probeta y debe tener una precisión dentro de 0,5 mm.

Para que la medida sea válida, las siguientes dos condiciones deben respetarse:

- Los límites de la zona de medición debe ser localizados al menos a $5 d$ desde la sección de rotura y por lo menos a $2,5 d$ desde la mordaza;
- La longitud calibrada de medición debe ser por lo menos igual al valor especificado en la norma del producto.

H.2.3 El porcentaje de elongación no-proporcional a la fuerza máxima se calcula con la siguiente fórmula:

$$A_g = \frac{L'_u - L'_0}{L'_0} \times 100$$

El porcentaje de elongación total a la fuerza máxima se calcula por la siguiente fórmula:

$$A_{gt} = A_g + \frac{R_m}{E} \times 100$$

(Continúa)

ANEXO J
(Informativo)

UNA APROXIMACIÓN AL "ERROR ESTIMADO" DE LA INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN EN EL ENSAYO DE TRACCIÓN

J.1 Introducción

J.1.1 Una aproximación para estimar la incertidumbre de mediciones se perfilan basadas en el concepto del "error estimado" usando las tolerancias de la medida especificadas en los ensayos y estándares de calibración.

J.1.2 Notar que no es posible calcular un único valor para la incertidumbre de la medida para todos los materiales ya que estos exhiben diversas características de respuesta a algunos de los parámetros de control especificados, ejm. La proporción de deformación o la proporción de los esfuerzos^[3].

J.1.3 El error estimado presentado aquí se puede considerar como límite superior a la incertidumbre de la medida para un ensayo realizado en un laboratorio de acuerdo con esta norma (máquina y extensómetro de clase 1).

J.1.4 Notar que al evaluar la dispersión total en resultados experimentales la incertidumbre en la medición se debe considerar además de la dispersión inherente debido a la falta de homogeneidad del material. La aproximación estadística al análisis de los ejercicios de la intercomparación (experimentos Round Robin) dados en el apéndice K, no elimina las dos causas que contribuyen a la dispersión. Otra aproximación útil para estimar la dispersión entre laboratorios es emplear un material de referencia certificado (CRM), el cual tiene propiedades del material certificado. La selección de los materiales propuestos para el ensayo de tracción a temperatura ambiente CRM se ha discutido en otra parte [3] y de 1 tonelada de un material (Nimonic 75) bajo la forma de barra de 14 milímetros de diámetro está en curso de ser certificado en un proyecto bajo supervisión de la Oficina de la Comunidad de Referencia (BCR).

J.2 Estimación de incertidumbre

J.2.1 *Parámetros independientes del material.* La manera en la cual los errores provenientes de una variedad de fuentes deben ser añadidos juntos, ha sido considerada a detalle^[4] y más recientemente se han dado guías para la determinación de la precisión e incertidumbre en dos documentos ISO, ISO 5725-2 y la Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición.

J.2.2 En el análisis siguiente se ha utilizado la aproximación de los mínimos cuadrados. Las tolerancias para varios parámetros de prueba para las propiedades de tracción están establecidas en la tabla J.1, junto con la incertidumbre esperada. Debido a la forma de la curva esfuerzo - deformación, algunas de las propiedades de la tracción en principio pueden ser determinadas con un grado más alto de precisión que otras. Ejemplo; el esfuerzo de fluencia superior R_{eH} depende solamente de las tolerancias para la medición de la fuerza y el área de la sección transversal, aunque el esfuerzo de prueba, R_p , dependa de la fuerza, deformación (desplazamiento), la longitud calibrada y el área de la sección transversal. En el caso de la reducción de área, Z la tolerancia de medida para el área de la sección transversal juntas antes y después de la rotura necesitan ser consideradas.

TABLA J.1 - Resumen de las incertidumbres máximas admisibles de medición para determinar los datos del ensayo a tracción.

Parámetros	Propiedades de tracción, % de error					
	R_{eH}	R_{eL}	R_m	R_p	A	Z
Fuerza	1	1	1	1		
Tension ¹⁾ (desplazamiento)	-	-	-	1	1	-
Longitud calibrada, L_o ¹⁾	-	-	-	1	1	-
S_o	1	1	1	1	-	1
S_u	-	-	-	-	-	2
Incertidumbre esperada	$\pm \sqrt{2}$	$\pm \sqrt{2}$	$\pm \sqrt{2}$	$\pm \sqrt{4}$	$\pm \sqrt{2}$	$\pm \sqrt{5}$
(error acumulado usando los mínimos cuadrados)						
¹⁾ Asumiendo un extensómetro clase 1 calibrado según ISO 9513						

J.2.3 Parámetros que dependen del material

J.2.3.1 Para el ensayo de tracción a temperatura ambiente, las únicas propiedades de tracción que dependen significativamente de la respuesta de los materiales a los parámetros de control de la proporción de deformación (ó proporción de esfuerzo) son R_{eH} , R_{eL} y R_p . El esfuerzo a la tracción, R_m , puede también ser dependiente de la proporción de la deformación, sin embargo en la práctica es usualmente determinada a una proporción mucho más alta que R_p y generalmente es menos sensible a las variaciones en la proporción de deformación.

J.2.3.2 En principio, será necesario determinar cualquier respuesta de la proporción de deformación del material, antes que el error total estimado pueda ser calculado. Algunos datos limitados están disponibles y los siguientes ejemplos pueden ser usados para estimar la incertidumbre de algunas clases de materiales.

J.2.3.3 Ejemplos típicos de datos establecidos, usados para determinar la proporción de deformación de la respuesta de los materiales especificado en esta norma, son mostrados en las tablas J.2 y J.3 y un resumen de la respuesta de los materiales para el esfuerzo de prueba de un número de materiales medidos bajo un control de la deformación de prueba, está dado por la tabla J.2. Datos iniciales en una variedad de aceros medidos bajo un esfuerzo de prueba dado en el documento del seminario ⁽⁵⁾.

TABLA J.2 - Ejemplos de la variación del esfuerzo de prueba a temperatura ambiente sobre un rango de la proporción de la deformación permitida en esta norma

Materiales	Composición nominal	$R_{p0.2}$ Valor representativo MPa	Respuesta a la proporción de deformación del esfuerzo de prueba %	Tolerancia equivalente $\pm\%$
Acero ferrítico Tubo de acero Plancha de acero (Fe 430)	Cr - Mo - V - Fe(bal) C - Mn - Fe(bal)	680 315	0,1 1,8	0,05 0,9
Acero austenítico (X5 Cr Ni Mo 17-12-2)	17Cr, 11Ni - Fe(bal)	235	6,8	3,4
Aleaciones en base de Níquel Ni Cr 20 Ti Ni Cr Co Ti Al 25-20	18Cr, 5Fe, 2Co - Ni(bal) 24Cr, 20Co, 3Ti, 1,5Mo, 1,5Al - Ni (bal)	325 790	2,8 1,9	1,4 0,95

J.2.4 Incertidumbre total de medición

J.2.4.1 La respuesta que depende del material del esfuerzo de prueba sobre el rango de proporción de deformación permitido especificado en la tabla J.2 puede ser combinado con los parámetros independientes del material, especificados en la tabla J.1 para dar el estimado total de incertidumbre para varios materiales indicados, como se muestra en la tabla J.3.

J.2.4.2. Para el propósito de este análisis, el valor total de la variación en el esfuerzo de prueba sobre el rango de la deformación proporcional permitido en la norma se ha dividido en dos y se ha expresado como una tolerancia equivalente. Ejemplo: para el acero inoxidable del X5 Cr Ni Mo 17-12-2, el esfuerzo de prueba puede variar sobre el 6,8% del rango de la deformación proporcional permitido, así que es equivalente a una tolerancia de $\pm 3,4\%$. Por lo tanto para el acero inoxidable X5 Cr Ni Mo 17-12-2, la incertidumbre total está dada por:

$$\pm \sqrt{2^2 + 3,4^2} = \pm \sqrt{15,6} = \pm 3,9\%$$

(Continúa)

TABLA J.3 - Ejemplos de la incertidumbre de medición total esperada a temperatura ambiente para el esfuerzo de prueba determinada de acuerdo con esta norma.

Materiales	$R_{p0,2}$ Valor representativo MPa	Valores de la tabla J.1 $\pm\%$	Valores de la tabla J.2 %	Incertidumbre de medida total esperada $\pm\%$
Acero ferrítico Tubo de acero Plancha de acero	680 315	2 2	0,05 0,9	$\sqrt{4,0} = 2,0$ $\sqrt{4,8} = 2,2$
Acero austenítico X5 Cr Ni Mo 17 - 12-2	235	2	3,4	$\sqrt{15,6} = 3,9$
Aleaciones en base de Níquel Ni Cr 20 Ti Ni Cr Co Ti Al 25 - 20	325 790	2 2	1,4 0,95	$\sqrt{6,0} = 2,4$ $\sqrt{4,9} = 2,2$

J.3 Comentarios finales

J.3.1 Un método de calcular la incertidumbre de medición para utilizar en el ensayo de tracción a temperatura ambiente usando el "error estimado", ha sido mostrado y ejemplificado para pocos materiales, donde la respuesta del material a los parámetros de prueba es conocida. Debe ser notado que las incertidumbres calculadas pueden necesitar ser modificadas para incluir un factor de ponderación de acuerdo con la guía de expresión de incertidumbre de medición ^[2] y esto será iniciado cuando los grupos de trabajo de Eurolab e ISO concluyan sus recomendaciones sobre la óptima aproximación a ser adoptada. Además, hay otros factores que pueden afectar la medición de las propiedades de tracción tales como dobleces de las probetas, métodos de agarrar la probeta, o el método de control de la máquina de ensayos, Ejemplo, control del extensómetro o control de la carga/de la cruceta que puede afectar las propiedades de tracción medidas ^[6]. Sin embargo puesto que hay insuficientes datos cuantitativos disponibles, no es posible incluir sus efectos en el error estimado. Debe también ser reconocido que este acercamiento del error estimado da solamente una estimación de la incertidumbre debido a la técnica de medición y no tiene en cuenta la dispersión inherente debido a resultados experimentales atribuibles a la falta de homogeneidad del material.

J.3.2 Finalmente, debe ser apreciado que cuando los materiales de referencia llegan a ser disponibles, ofrecerán medios útiles de medir la incertidumbre de medición total en cualquier máquina de ensayo dada incluyendo la influencia de las mordazas, de los dobleces, etc, que no se han cuantificado actualmente.

(Continúa)

FIGURA J.1 - Variación del límite de fluencia inferior (R_{eL}) a temperatura ambiente en función de la proporción de deformación, para plancha de acero ^[6]

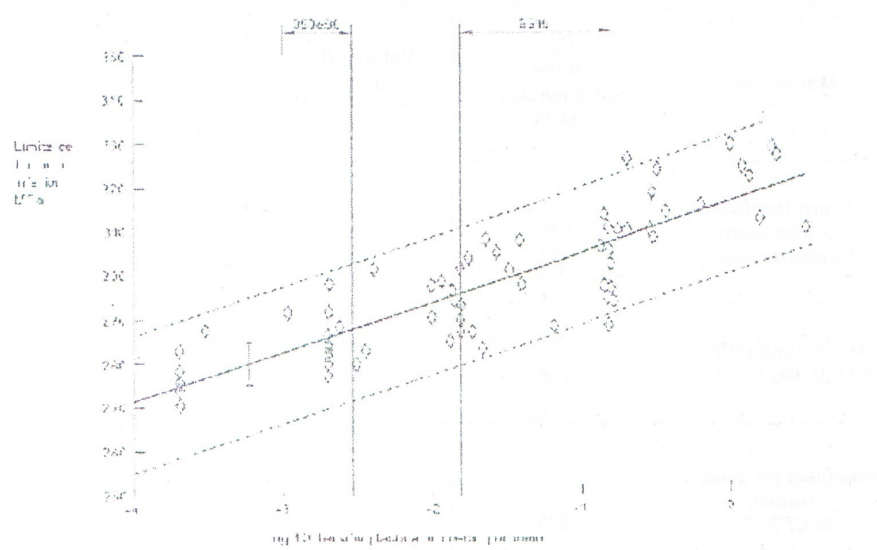
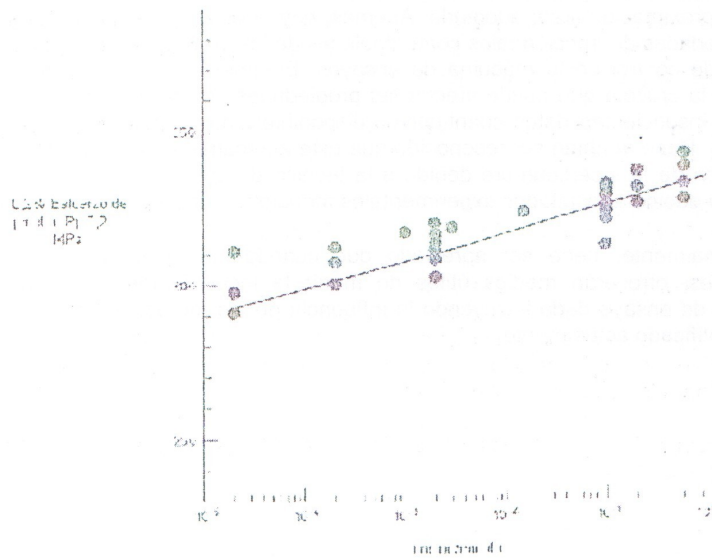


FIGURA J.2 - Datos del ensayo de tracción a 22°C para el Ni Cr 20 Ti



(Continúa)

ANEXO K (Informativo)

PRECISIÓN DEL ENSAYO DE TRACCIÓN- RESULTADOS DE LOS PROGRAMAS DE ENSAYO ENTRE LABORATORIOS

K.1 Causas de incertidumbre en el ensayo de tracción. La precisión de los resultados del ensayo de tracción es limitada por los factores relacionados con el material, probeta, el equipo de ensayo, el método de ensayo y el método de cálculo de las propiedades mecánicas.

Más específicamente, las causas siguientes de la incertidumbre pueden ser mencionadas:

- Un cierto grado de falta de homogeneidad, que existe incluso dentro de un lote obtenido de un proceso cuando se obtuvo de una misma colada;
- Geometría de la probeta, método de preparación y tolerancias;
- Método de agarre y axialidad de aplicación de la fuerza;
- Máquina de prueba y sistemas de medición asociados (rigidez, impulsión, control, método de operación);
- Medidas de las dimensiones de la probeta, marcado de la longitud calibrada, longitud calibrada inicial del extensómetro, medida de fuerza y de la extensión;
- Temperatura de ensayo y rangos de carga en las etapas sucesivas.
- errores humanos o de programas de computación asociados con la determinación de las propiedades de tracción.

Los requisitos y tolerancias de esta norma no permiten la cuantificación del efecto de todos estos factores. Las pruebas entre laboratorios se pueden utilizar para una determinación total de la incertidumbre de los resultados bajo condiciones cercanas de la práctica industrial de la prueba. Sin embargo, no permiten la separación de los efectos relacionados con los errores del material debido al método de prueba.

K.2 Procedimiento

K.2.1 Los resultados de dos programas entre laboratorios del ensayo (programa A, referencia ^[7] y el programa B, referencia ^[8]) se dan como ejemplos del tipo de incertidumbres que se obtienen típicamente al probar los materiales metálicos.

Para cada material incluido en el programa, un número fijo de probetas sin ensayar se seleccionan aleatoriamente del lote.

Un estudio preliminar comprueba la homogeneidad de este lote y proporciona datos en la dispersión "intrínseca" de las características mecánicas dentro del lote.

Las probetas sin ensayar se envían a los laboratorios que participan, en donde las probetas se trabajan a máquina en base a los dibujos que utilizan normalmente. El único requisito para las probetas y la prueba son la conformidad con los requisitos de las normas relevantes. Tanto cuanto sea posible, es recomendado que las pruebas estén hechas en un período de tiempo corto, por el mismo operador usando la misma máquina.

En las tablas K.1 y K.2, estas tres clases de error se expresan en términos de coeficiente de incertidumbre relativa:

(Continúa)

**TABLA K.1 Resultados de ensayos de tracción entre laboratorios.
Programa de ensayo A**

Materiales	Aluminio	Aluminio	Acero al carbono	Acero inoxidable austenítico	Aleación de Níquel	Acero inoxidable martensítico
	EC-H 19	2024-T 351	C 22	X 7 Cr Ni Mo 17-12-02	Ni Cr 15 Fe 8	X 12 Cr 13

Esfuerzo de fluencia paralelo al 0,2%, MPa

Promedio total	158,4	362,9	402,4	480,1	268,3	967,5
UC _r (%)	4,12	2,82	2,84	2,74	1,86	1,84
UC _L (%)	0,42	0,98	4,04	7,66	3,94	2,72
UC _R (%)	4,14	2,98	4,94	8,14	4,36	3,28

Esfuerzo a la tracción, MPa

Promedio total	176,9	491,3	596,9	694,6	695,9	1 253,0
UC _r (%)	4,90	2,48	1,40	0,78	0,86	0,50
UC _L (%)	-	1,00	2,40	2,28	1,16	1,16
UC _R (%)	4,90	2,66	2,78	2,40	1,44	1,26

Elongación en 5 diámetros de la longitud calibrada, %

Promedio total	14,61	18,04	25,63	35,93	41,58	12,39
UC _r (%)	8,14	6,94	6,00	3,96	3,22	7,22
UC _L (%)	4,06	17,58	8,18	14,36	7,00	13,70
UC _R (%)	9,10	18,90	10,12	14,90	7,72	15,48

Reducción del área, %

Promedio total	79,14	30,31	65,59	71,49	59,34	50,49
UC _r (%)	4,86	13,80	2,56	2,78	2,28	7,38
UC _L (%)	1,46	19,24	2,88	3,54	0,68	13,78
UC _R (%)	5,08	23,66	3,84	4,50	2,38	15,62

$$UC_r = \pm 2s_r / \bar{x} (\%)$$

$$UC_L = \pm 2s_L / \bar{x} (\%)$$

$$UC_R = \pm 2s_R / \bar{x} (\%)$$

Donde:

\bar{x} Es el promedio general;

s_r es la desviación estándar de repetibilidad estimada dentro de los laboratorios;

s_L es la variabilidad estimada entre laboratorios;

s_R es la precisión estimada del método de prueba: desviación estándar de la reproducibilidad.

Estas cantidades están cerca del intervalo de confianza del 95% del \bar{x} . Se calculan para cada material ensayado y cada propiedad.

(Continúa)

K.3 Resultados del programa A. Los detalles se pueden encontrar en el informe, referencia [7]. Los materiales son un aluminio suave, una aleación de aluminio sometida a un tratamiento térmico, un acero de baja aleación, un acero inoxidable austenítico, una aleación en base de níquel y un acero de alta aleación sometido a un tratamiento térmico. Para cada material, seis pruebas fueron realizadas por los seis participantes. En todos los casos fueron utilizadas probetas cilíndricas de 12,5 milímetros de diámetro. Los resultados se resumen en la tabla K.1. En el caso del acero de baja aleación que tiene un comportamiento en el punto de fluencia, solamente se reporta el esfuerzo de prueba al 0,2%. Los valores de elongación son relativos a una longitud calibrada igual a cinco diámetros.

K.4 Resultados del programa B. Los detalles se pueden encontrar en el informe, referencia [8]. Los materiales son:

- dos materiales laminados: un acero maleable de bajo carbono y un acero inoxidable austenítico (espesor 2,5 mm);
- tres clases de barras: un acero de construcción, un acero inoxidable austenítico, un acero de alta resistencia tratado térmicamente (diámetro 20 mm).

Las pruebas fueron realizadas usando probetas planas para los primeros dos materiales (18 participantes, 5 pruebas para cada material) y probetas cilíndricas de 10 mm de diámetro para las barras (18 participantes, 5 pruebas para cada material).

El ancho de la probeta plana fue 20 mm y la longitud calibrada inicial 80 mm.

Los resultados se resumen en la tabla K.2. No se hace ninguna distinción entre límite de fluencia inferior (R_{eL}) y el esfuerzo de prueba ($R_{p0,2}$) en el caso de los materiales con puntos de fluencia. Para las probetas cilíndricas, los valores de elongación corresponden a una longitud calibrada igual a cinco diámetros.

**TABLA K.2 Resultados de los ensayos de tracción entre laboratorios.
Programa de ensayo B**

Materiales	Acero de bajo carbono	Acero inoxidable austenítico	Acero de construcción	Acero inoxidable austenítico	Acero de alta resistencia
Tipo de acero	HR 3 (ISO)	X 2 Cr Ni 18-10	Fe 510 C (ISO)	X 2 Cr Ni Mo 18-10	30 Ni Cr Mo 16
Probeta	Plana	Plana	Cilíndrica	Cilíndrica	Cilíndrica

Esfuerzo de fluencia (paralelo al 0,2% o esfuerzo de fluencia inferior), MPa

Promedio total	228,6	303,8	367,4	353,3	1 039,9
UC _L (%)	4,92	2,47	2,47	5,29	1,13
UC _L (%)	6,53	6,06	4,42	5,77	1,64
UC _R	8,17	6,54	5,07	7,83	1,99

Esfuerzo a la tracción, MPa

Promedio total	335,2	594,0	552,4	622,5	1167,8
UC _L (%)	1,14	2,63	1,25	1,36	0,61
UC _L (%)	4,86	2,88	1,42	2,71	1,32
UC _R (%)	4,99	2,98	1,90	3,03	1,45

Elongación después de la rotura, %.

Lo = 80 mm	Lo = 5d				
Promedio total	38,41	52,47	31,44	51,86	16,69
UC _L (%)	10,44	3,81	6,41	3,82	7,07
UC _L (%)	7,97	12,00	12,46	12,04	11,20
UC _R (%)	13,80	12,59	14,01	12,65	13,26

Reducción del área, %

Promedio total			71,38	77,94	65,59
UC _L (%)			2,05	1,99	2,45
UC _L (%)			1,71	5,26	2,11
UC _R (%)			2,68	5,62	3,23

ANEXO L
(Informativo)

Bibliografía

- [1] ISO 5725-2:1994, Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results —Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method.
- [2] Guide to the expression of uncertainty in measurement, BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML.
- [3] M.S. LOVEDAY (1992) "Towards a tensile reference material", Chapter 7, pp. 111-153 in Harmonisation of Testing Practice for High Temperature Materials, Ed. M.S. LOVEDAY and T.B. GIBBONS, Chapman and Hall (formerly published by Elsevier Applied Science).
- [4] P.J. CAMPION, J.E. BURNS and A. WILLIAMS (1980) "A code of practice for the detailed statement of accuracy", National Physical Laboratory, ISBN 0 950 4496 6 0.
- [5] R.F. JOHNSON and J.D. MURRAY (1966) "The effect of rate of straining on the 0,2 % proof stress and lower yield stress of steel", Symposium on High Temperature Performance of Steels", Eastbourne 1966, Iron & Steel Institute, 1967.
- [6] T.G.F. GRAY and J. SHARP (1988) "Influence of machine type and strain-rate interaction in tensile testing", ASTM Symposium on Precision of Mechanical Tests, STP 1025.
- [7] ASTM Research Report RR E - 28 1004 (March 1984) - Round Robin Results of Interlaboratory Tensile Tests.
- [8] L. ROESCH, N. COUE, J. VITALI, M. DI FANT - Results of an Interlaboratory Test Programme on Room Temperature Tensile Properties - Standard Deviation of the Measured Values - IRSID Report N. DT. 93310 (July 1993).

(Continúa)

APÉNDICE Z**Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR**

Norma ISO 286-2	<i>ISO System of limits and fits. Part 2. Tables of Standard tolerance grades and limits deviation for holes and shafts.</i>
Norma ISO 377	<i>Steel and steel products - Location and preparation of samples and test pieces for mechanical testing..</i>
Norma ISO 2566-1	<i>Steel - Conversion of elongation values. Part 1. carbon and low alloy steel Second edition.</i>
Norma ISO 2566-2	<i>Steel - Conversion of elongation values. Part 2. Austenitic steel First edition.</i>
Norma ISO 7500-1	<i>Metallic materials – Verification of static uniaxial testing machines – Part 1, Tension/compression testing machines – Verification and calibration of the force – measuring system.</i>
Norma ISO 9513	<i>Metallic materials -- calibration of extensometer used in uniaxial testing</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

International Standard ISO 6892. *Metallic materials -Tensile testing at ambient temperature*, second edition 1998-03-01. International Organization for Standardization. Geneva. 1998.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: TÍTULO: ENSAYO DE TRACCIÓN PARA MATERIALES Código: MC 01.02-301
NTE INEN 109 METÁLICOS A TEMPERATURA AMBIENTE
Primera revisión

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo 1973-11-27 Oficialización con el Carácter de OBLIGATORIA por Acuerdo No. 242 de 1975-02-20 publicado en el Registro Oficial No. 769 del 1975-03-25 Fecha de iniciación del estudio: 2007-07-04
-----------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: ACEROS

Fecha de iniciación: 2007-08-23

Fecha de aprobación: 2008-01-14

Integrantes del Subcomité Técnico:

NOMBRES:

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

Ing. Galo Idrobo

ADELCA.

Ing. Adriana Pulgar (Presidente)

NOVACERO S.A.

Ing. Marco Carrera

IDEAL ALAMBREC.

Ing. Ángel Estévez

UNIFER.

Arq. Luis Travez

UNIFER.

Ing. Miguel Erazo

CIMEPI

Ing. Mónica Muñoz

STEEL FLEX

Ing. Sofia Yáñez

STEEL FLEX

Ing. Carlos Proaño

MIDUVI

Ing. Marco Parodes

ADELCA.

Ing. Aníbal Viñan

ESCUELA POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO

Ing. Patricio Villena

CAMARA DE LA CONSTRUCCIÓN DE QUITO

Ing. Jaime Hernández

EMOP-Q

Ing. Justo Freire (Vicepresidente)

H CONSEJO P PICHINCHA.

Ing. Luis Gavilanes

MIDUVI

Ing. William Peña (Pro Secretario Técnico)

FEDIMETAL

Otros trámites: Esta norma anula a las NTE INEN 121 y 127.

El Directorio del INEN aprobó este proyecto de norma en sesión de 2008-10-24

Oficializada como: Voluntaria

Por Resolución No. 119-2008 de 2009-01-27

Registro Oficial No. 538 de 2009-03-02

ANEXO D

52

Norma Ecuatoriana	ENSAYO DE DUREZA VICKERS PARA ACERO (carga de 5 a 100 kgf)	INEN 124 1976-09
----------------------	----------------------------------------------------------------------	----------------------------

1. OBJ ETO

1.1 Esta norma tiene por objeto establecer el método para determinar la dureza Vickers en los productos de acero.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma se aplica a todos los productos de acero, especialmente al ensayo en probetas pequeñas, duras y delgadas.

3. TERMINOLOGIA

3.1 *Dureza Vickers (HV)*. Es el cociente que se obtiene al dividir la carga de ensayo F (expresada en kgf) por la superficie piramidal de la impresión (expresada en milímetros cuadrados), considerada como una pirámide recta de base cuadrada, de diagonal *d* y cuyo vértice tiene el mismo ángulo diedro que el penetrador.

4. SIMBOLOGIA

4.1 En el contenido de esta norma se usará la terminología establecida en la tabla 1.

Número (a)	Símbolo	DESIGNACION	Unidad
1	—	Angulo del vértice del penetrador piramidal (136°).	°(grados)
2	F	Carga de ensayo.	kgf
3	d	Media aritmética de las diagonales de la Impresión.	mm
	HV	Dureza Vickers.	kgf/mm ²

(a) Estos números corresponden a los elementos numerados en las figuras anexas.

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN, Casilla 3999 - Ave. Colón 1663- Quito-Ecuador - Prohibida la reproducción

(Continúa)

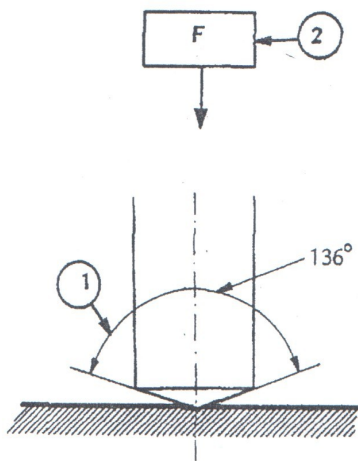


FIGURA 1

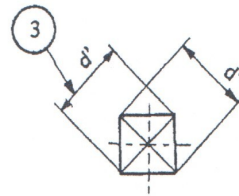


FIGURA 2

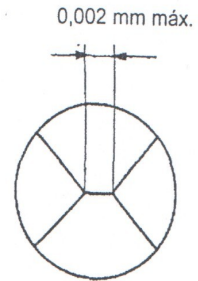


FIGURA 3

4.2 La dureza Vickers se indica por el símbolo HV precedido del valor de la dureza y complementado por un índice que indica la carga de ensayo y otro que indica la duración de la carga, cuando ésta difiere de la duración normal de aplicación de 10 a 15 segundos.

Ejemplos:

64QHV 30, significa dureza Vickers de 640 medida bajo una carga de 30 kgf, aplicada de 10 al 5 segundos.

640 HV 30/20 dureza Vickers de 640 medida bajo una carga de 30 kgf, aplicada durante 20 segundos.

5. FUNDAMENTO

5.1 Un penetrador de diamante en forma de una pirámide recta de base cuadrada y con un ángulo diedro específico en el vértice se imprime en la probeta, por medio de la aplicación de una carga F , durante un tiempo determinado, y luego se mide la diagonal media d de la impresión dejada sobre la superficie ensayada, después de retirada la carga.

6. INSTRUMENTAL

6.1 *Dispositivo para la aplicación de la carga*, con características tales que puedan aplicarse las cargas en forma lenta y uniforme, sin choques ni vibraciones.

6.2 *Penetrador*, pirámide recta de diamante con un ángulo diedro en el vértice de $136^\circ \pm 0,5^\circ$

(Continúa)

6.2.1 Las cuatro caras del penetrador estarán igualmente inclinadas con relación al eje del mismo, con una tolerancia de $\pm 0,5^\circ$, y deberán encontrarse en un punto o en su defecto, en una arista con una longitud inferior a 0,002 mm (ver fig. 3).

6.2.2 El penetrador debe estar bien pulido y libre de grietas u otros defectos.

7. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

7.1 La superficie de la probeta de ensayo debe ser plana, pulida y exenta de óxidos y materias extrañas, para que permita determinar con exactitud la diagonal de la impresión. La preparación de la superficie de ensayo debe realizarse sin alterar la condición del material, evitando calentamientos apreciables o endurecimientos superficiales.

7.2 Para ensayo sobre superficies curvas, el valor de la dureza debe ser corregido mediante empleo de factores apropiados, (ver nota 1).

7.3 El espesor de la probeta debe ser por lo menos 1,5 veces la diagonal de la impresión. Sobre la superficie opuesta a la de ensayo no debe aparecer deformación alguna después de efectuado el mismo.

8. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

8.1 El ensayo podrá ser realizado normalmente a temperaturas ambientales, entre 0 y 40°C.

8.1.1 Cuando se considere necesario realizar el ensayo bajo condiciones controladas, éste deberá llevarse a cabo a una temperatura de $20 \pm 2^\circ\text{C}$ en climas moderados y $27 \pm 2^\circ\text{C}$ en climas tropicales.

8.2 Colocar la probeta sobre un soporte rígida Las superficies de contacto deberán estar limpias y libres de materias extrañas (óxido, aceite, polvo, etc.). La probeta debe apoyarse firmemente sobre el soporte, de modo que no ocurran desplazamientos durante el ensayo.

8.3 La distancia del centro de cualquier impresión al borde de la probeta, o al borde de cualquier otra impresión, debe ser no menor a 2,5 veces la diagonal de la impresión.

8.4 Colocar el penetrador en contacto con la superficie de ensayo y aplicar la carga normalmente en esa superficie, en forma lenta, uniforme, sin choques ni vibraciones, hasta alcanzar el valor especificado. Mantener la carga de 10 a 15 segundos.

8.5 La carga para el ensayo standard será 30 kgf. Se pueden utilizar cargas mayores o menores que estén comprendidas entre 5 y 100 kgf. La tolerancia admitida en el valor de la carga es de $\pm 1\%$.

8.6 El microscopio, u otro instrumento de medida utilizado, debe ser comprobado con un micrómetro de comparación y tener la precisión siguiente:

NOTA 1. Hasta la publicación de la norma INEN correspondiente, se aconseja la utilización de la Recomendación ISO R 409 (Tables of Vickers values (HV) for metallic materials).

(Continúa)

APENDICE Z

Z.1 NORMAS A CONSULTAR

Esta norma no requiere de otras para su aplicación.

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Recomendación Internacional ISO R 81. *Vickers hardness test for steel*. International Organization for Standardization. Ginebra, 1967.

Recomendación Panamericana COPANT R 4. *Ensayo de Dureza Vickers para acero*. Comité Panamericano de Normas Técnicas. Buenos Aires, 1962.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

La Dirección General del INEN dispuso la elaboración de esta Norma de fundamental importancia para el desarrollo de la industria Metal -Mecánica.

Las bases de estudio de esta Norma han sido Normas Técnicas Internacionales que recogen el estado actual de la ciencia y la técnica, habiendo el INEN realizado un análisis que ha determinado su conveniente aplicación y la posibilidad de ser eficazmente utilizada en el país.

Con el propósito de contar con la opinión de los sectores interesados y de capitalizar información, esta Norma fue sometida a Consulta Pública del 1974-06-24 al 1974-08-07, y se tomaron en cuenta todas las observaciones recibidas.

La Norma Técnica INEN 124 fue aprobada por el Consejo Directivo del INEN en sesión del 1976-09-27.

El Sr. Ministro de Industrias, Comercio e Integración autorizó y oficializó esta Norma con el carácter de OPCIONAL, mediante Acuerdo No. 1286 de 1977-11-16, publicado en el Registro Oficial No. 477 de 1977-12-05.

ANEXO F

INEN

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

67

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2 224:2008

1

PERFILES ANGULARES ESTRUCTURALES DE ACERO
LAMINADOS EN CALIENTE. REQUISITOS.

Primera Edición

HOT ROLLED STRUCTURAL L STEEL PROFILES. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Productos de acero, productos laminados en acero, secciones metálicas, ángulos de hierro,
dimensiones.

MC 06 04-418
CDU 669 14 422
CIIU 3710
ICS 77 140 60



Norma Técnica
Ecuatoriana
Voluntaria

PERFILES ANGULARES ESTRUCTURALES DE ACERO
LAMINADOS EN CALIENTE.
REQUISITOS.

NTE INEN
2 224:2008
2008-11

1. OBJETO

1.1 Esta norma establece los requisitos dimensionales que deben cumplir los perfiles angulares estructurales de acero laminados en caliente, tanto de lados iguales como de lados desiguales, a excepción de los de acero inoxidable.

2. ALCANCE

2.1 Esta norma comprende tanto a los perfiles angulares estructurales de lados iguales como los de lados desiguales, exceptuándose a los de acero inoxidable.

3. DEFINICIONES

3.1 Para efectos de esta norma se adopta la siguiente definición:

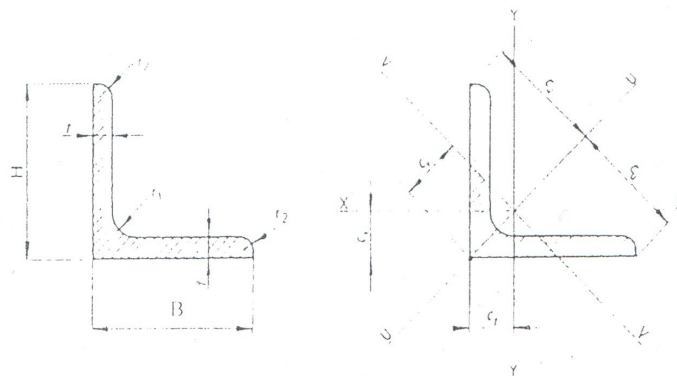
3.1.1 *Perfil angular*: Perfil laminado en caliente con lados iguales o desiguales, con filos redondeados, en abertura de 90°, utilizados estructuralmente en construcciones metálicas (ver figuras 1 y 2).

4. SIMBOLOGÍA

4.1 En el contenido de esta norma se debe utilizar la simbología establecida en la tabla 1 (ver figuras 1 y 2)

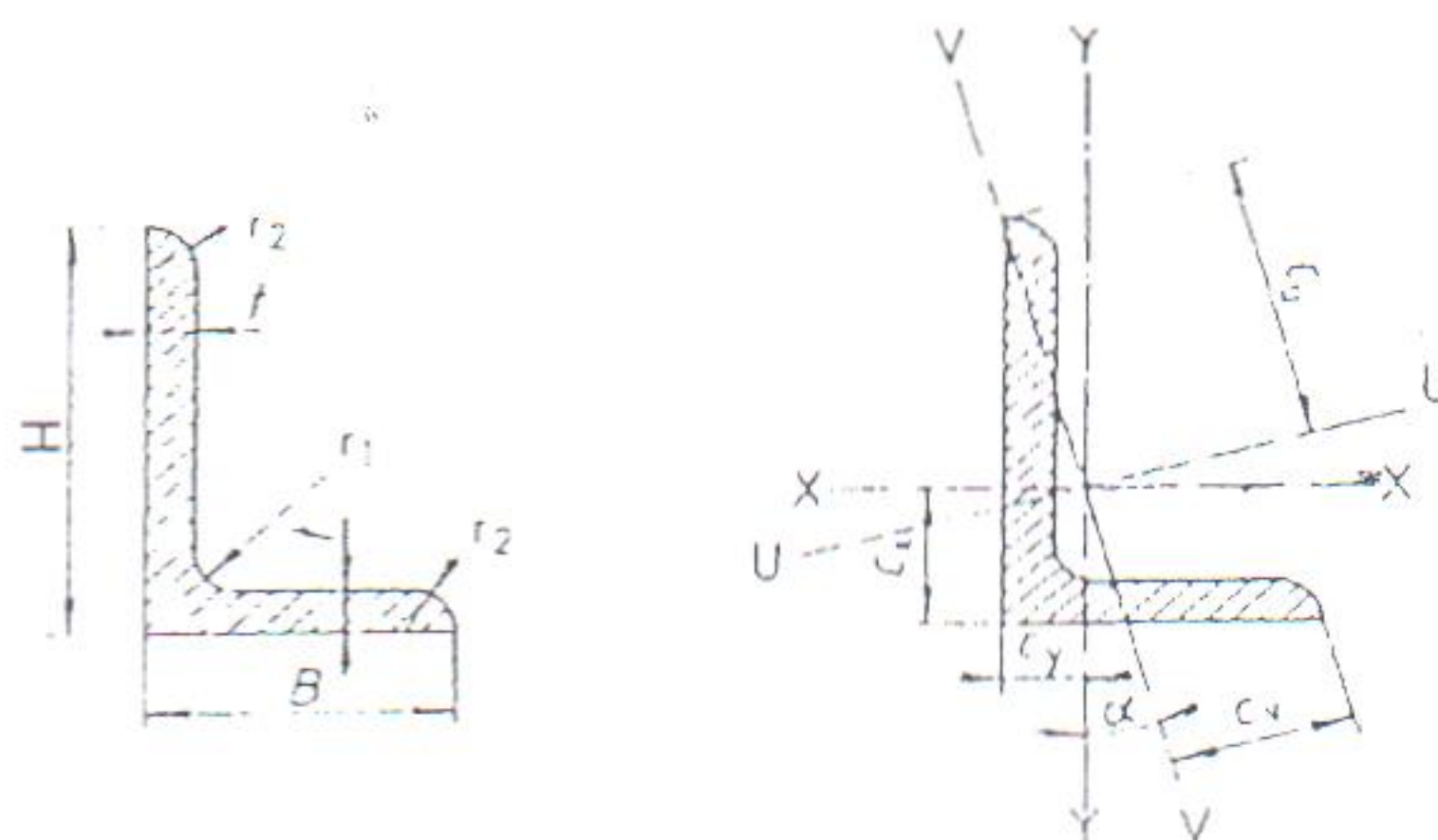
- B Ancho del lado
- H Altura total
- t Espesor de lado
- r₁ Radio de filete
- r₂ Radio de pie

FIGURA 1. Ángulos de lados iguales (H = B)



(Continúa)

DESCRIPTORES Productos de acero, productos laminados en acero, secciones metálicas, ángulos de hierro, dimensiones.

FIGURA 2. Ángulos de lados desiguales ($H \neq B$)

5. REQUISITOS

5.1 Requisitos dimensionales

5.1.1 Las dimensiones de los perfiles angulares de lados iguales y lados desiguales están establecidos en las tablas 1 y 2 respectivamente

5.1.2 Los valores de masa, área y las propiedades de cada sección se calcularon asumiendo que el radio del pie (r_2) es igual a la mitad del radio de filete (r_1). Los valores de r_1 en las tablas 1 y 2 son solamente referenciales

(Continúa)

TABLA 1. Dimensiones y propiedades de ángulos de lados iguales

Designación	Area	Masa	DIMENSIONES			DISTANCIA AL CENTRO DE GRAVEDAD			PROPIEDADES SECCIONALES EN CADA EJE							
			H	t	r ₁	C _x =C _y	C _u	C _v	X-X = Y-Y			U-U		V-V		
									I _x =I _y	r _x =r _y	Z _x =Z _y	I _u	r _u	I _v	r _v	Z _v
cm ²	kg/m	mm	mm	mm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm	
25x25	112	088	20	3	35	0598	141	085	039	059	028	062	074	017	036	019
25x25x3	142	112	25	3	35	0723	177	102	080	075	045	127	095	033	048	033
25x25x4	185	145	25	4	35	0762	177	108	102	074	059	161	093	043	048	040
30x30	174	136	30	3	5	0835	212	118	140	090	065	222	113	059	058	050
30x30x4	227	178	30	4	5	0873	212	124	180	089	085	285	112	075	058	061
35x35	257	209	35	4	5	00	247	142	295	105	118	468	132	123	093	087
35x35x5	328	257	35	5	5	104	247	148	355	104	145	564	131	149	098	101
40x40	235	184	40	3	6	107	283	152	345	121	118	545	152	144	078	096
40x40x4	308	242	40	4	6	112	283	158	447	121	155	709	152	185	078	117
40x40x5	379	297	40	5	6	116	283	164	543	120	191	860	151	225	077	138
45x45	349	274	45	4	7	123	318	175	643	136	197	102	171	268	088	153
45x45x5	430	338	45	5	7	128	318	181	784	135	243	124	170	326	087	180
50x50	390	305	50	4	7	136	354	192	897	152	246	142	191	373	098	194
50x50x5	480	377	50	5	7	140	354	199	110	151	305	174	190	455	097	229
50x50x6	549	447	50	6	7	145	354	204	128	150	361	203	189	534	097	251
60x60	582	457	60	5	8	164	424	232	194	182	445	307	230	603	117	345
60x60x6	692	542	60	6	8	169	424	239	228	182	529	361	229	944	117	395
60x60x8	903	709	60	8	8	177	424	250	292	180	689	461	225	122	116	485
65x65	753	591	65	6	9	180	460	255	292	197	621	463	248	121	127	474
65x65x8	985	773	65	8	9	189	460	267	375	195	813	594	246	155	125	584
70x70	813	638	70	6	9	193	495	273	369	213	727	585	268	153	137	500
70x70x7	940	736	70	7	9	197	495	279	423	212	841	671	267	175	135	628
75x75	873	685	75	6	9	205	530	290	458	229	841	727	289	189	147	653
75x75x8	114	899	75	8	9	214	530	302	591	227	110	938	285	245	145	809
80x80	935	734	80	6	10	217	565	307	558	244	957	885	308	231	157	755
80x80x8	123	963	80	8	10	225	565	319	722	243	125	115	305	299	155	937
80x80x10	151	119	80	10	10	234	565	330	875	241	154	139	303	254	155	110
90x90	122	961	90	7	11	245	636	347	925	275	141	147	345	383	177	110
90x90x8	139	109	90	8	11	250	636	353	104	274	161	66	345	431	175	122
90x90x10	155	122	90	9	11	224	636	359	116	273	179	184	344	479	175	133
100x100	171	150	90	10	11	258	636	365	127	272	198	201	342	525	175	144
100x100x8	155	122	100	8	12	274	707	387	145	305	199	230	385	599	195	155
100x100x10	192	150	100	10	12	282	707	399	177	304	246	290	383	730	195	183
100x100x12	227	178	100	12	12	290	707	411	207	302	291	328	380	857	194	209
120x120	187	147	120	8	13	323	849	455	255	369	291	405	465	105	237	231
120x120x10	232	182	120	10	13	331	849	469	313	367	350	457	463	129	235	275
120x120x12	275	216	120	12	13	340	849	480	368	365	427	584	460	152	235	316
125x125	195	153	125	8	13	335	884	474	290	385	317	461	485	120	247	253
125x125x10	242	190	125	10	13	344	884	485	355	384	393	555	483	145	245	301
125x125x12	287	225	125	12	13	352	884	498	418	381	455	664	481	172	245	345
150x150	293	230	150	10	16	403	106	571	624	462	559	900	582	258	297	451
150x150x12	348	273	150	12	16	412	106	583	737	460	677	1170	580	303	295	520
150x150x15	430	338	150	15	16	425	106	601	898	457	835	1430	575	370	293	615
180x180	521	409	180	15	18	498	127	705	1580	552	122	2520	695	653	354	927
180x180x18	619	486	180	18	18	510	127	722	1870	549	145	2930	692	708	352	105

Los valores de r_x y r_y están dados solamente como información y para el cálculo de las propiedades de las secciones

I = momento de inercia Z = módulo elástico, r_x, r_y = radios de giro

(Continúa)

TABLA 2. Dimensiones y propiedades de ángulos de lados desiguales

DESIG- NACION	MASA/AREA		DIMENSIONES				DISTANCIA AL CENTRO DE GRAVEDAD				PROPIEDADES SECCIONALES EN CADA EJE								INCL- NACION DEL EJE			
	kg/m	cm ²	H	B	t	r ₁	c _x	c _y	c _z	c _w	X-X			Y-Y			U-U			V-V		VV
											I _x	r _x	Z _x	I _y	r _y	Z _y	I _u	r _u		I _v	r _v	
mm	cm	cm ⁴	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm ⁴	cm	cm	
10x20	112	143	30	20	3	4	0.99	0.502	2.05	1.04	1.25	0.905	0.621	0.437	0.553	0.292	1.43	1.00	0.256	0.424	0.427	
10x24	146	186	30	20	4	4	1.03	0.541	2.02	1.04	1.59	0.925	0.807	0.553	0.546	0.379	1.81	0.988	0.330	0.421	0.421	
10x24	177	226	40	20	4	4	1.47	0.48	2.58	1.17	3.59	1.26	1.42	0.600	0.514	0.393	3.80	1.30	0.393	0.417	0.252	
10x24	190	246	40	25	4	4	1.06	0.623	2.69	1.35	3.89	1.26	1.47	1.16	0.687	0.619	4.35	1.33	0.700	0.534	0.380	
15x20	276	352	45	30	5	4	1.52	0.779	3.04	1.58	6.98	1.41	2.35	2.47	0.837	1.11	8.00	1.51	1.45	0.641	0.429	
15x24	241	307	50	30	4	5	1.68	0.701	3.33	1.67	7.71	1.59	2.33	2.09	0.825	0.907	8.53	1.67	1.27	0.644	0.366	
15x24	296	378	50	30	5	5	1.73	0.741	3.33	1.65	9.36	1.57	2.86	2.51	0.816	1.11	10.3	1.65	1.54	0.639	0.352	
15x24	336	428	50	40	5	5	1.55	1.06	3.49	1.85	10.3	1.55	3.00	5.85	1.17	1.99	13.2	1.75	3.03	0.842	0.621	
15x24	336	428	60	30	5	5	2.17	0.684	3.88	1.77	15.6	1.91	4.07	2.53	0.784	1.14	16.5	1.97	1.71	0.633	0.257	
15x24	398	507	60	30	6	5	2.21	0.723	3.85	1.76	18.2	1.90	4.81	3.05	0.776	1.34	19.3	1.96	2.01	0.630	0.253	
15x24	375	479	60	40	5	6	1.95	0.972	4.10	2.11	17.2	1.89	4.25	6.11	1.13	2.02	19.7	2.03	3.54	0.85	0.434	
15x24	446	568	60	40	6	6	2.00	1.01	4.08	2.10	20.1	1.88	5.03	7.12	1.12	2.38	23.1	2.02	4.16	0.855	0.431	
15x24	493	628	60	50	6	6	1.84	1.34	4.20	2.22	21.7	1.86	5.22	13.7	1.47	3.73	28.5	2.13	6.84	1.04	0.677	
15x24	544	820	60	50	8	6	1.91	1.42	4.18	2.24	27.7	1.84	6.77	17.3	1.45	4.84	36.2	2.10	8.81	1.04	0.672	
15x24	435	554	65	50	5	6	1.99	1.25	4.53	2.39	23.2	2.05	5.14	11.9	1.47	3.19	28.8	2.28	6.32	1.07	0.577	
15x24	516	658	65	50	6	6	2.04	1.29	4.52	2.39	27.2	2.03	6.10	14.0	1.46	3.77	33.8	2.27	7.43	1.06	0.575	
15x24	675	860	65	50	8	6	2.11	1.37	4.49	2.39	34.8	2.01	7.93	17.7	1.44	4.89	43.0	2.23	9.57	1.05	0.569	
15x24	541	689	70	50	6	7	2.23	1.25	4.83	2.52	33.4	2.20	7.01	14.2	1.43	3.78	39.7	2.40	7.92	1.07	0.600	
15x24	625	796	70	50	7	7	2.27	1.29	4.81	2.52	38.2	2.19	8.08	16.0	1.42	4.35	45.3	2.39	9.05	1.07	0.493	
15x24	505	719	75	50	6	7	2.44	1.21	5.12	2.64	40.5	2.37	8.01	14.4	1.423	3.81	45.6	2.55	8.36	1.08	0.436	
15x24	739	941	75	50	8	7	2.52	1.29	5.08	2.62	52.0	2.35	10.4	18.4	1.40	4.95	58.6	2.52	10.8	1.07	0.430	
15x24	541	689	80	40	6	7	2.85	0.884	5.20	2.38	44.9	2.55	8.73	7.59	1.05	2.44	47.6	2.63	4.93	0.845	0.258	
15x24	707	901	80	40	8	7	2.94	0.963	5.14	2.34	57.6	2.53	11.4	9.61	1.03	3.16	60.9	2.60	6.34	0.828	0.253	
15x24	637	811	80	60	6	8	2.47	1.48	5.57	2.92	51.4	2.52	9.29	24.8	1.75	5.49	62.8	2.78	13.4	1.29	0.547	
15x24	736	938	80	60	7	8	2.51	1.52	5.55	2.92	59.0	2.51	10.7	28.4	1.74	6.34	72.0	2.77	15.4	1.28	0.546	
15x24	834	106	80	60	8	8	2.55	1.55	5.53	2.92	65.3	2.50	12.2	31.8	1.73	7.16	80.8	2.76	17.3	1.27	0.544	
15x24	897	114	90	60	8	8	2.95	1.48	6.13	3.16	92.3	2.84	15.3	32.8	1.70	7.27	106	3.05	19.0	1.29	0.434	
15x24	797	901	90	66	6	8	2.79	1.55	6.24	3.27	73.4	2.85	11.8	32.3	1.89	6.53	87.9	3.12	17.8	1.41	0.510	
15x24	929	118	90	66	8	8	2.88	1.64	6.20	3.26	94.9	2.83	15.5	41.5	1.87	8.54	113	3.10	23.0	1.39	0.507	
15x24	991	126	90	75	8	8	2.72	1.98	6.31	3.35	99.5	2.81	15.8	62.7	2.23	11.4	131	3.22	31.2	1.57	0.679	
15x24	122	156	90	75	10	8	2.80	2.05	6.29	3.35	121	2.79	19.5	75.8	2.21	13.9	159	3.19	38.1	1.56	0.675	
15x24	156	198	90	75	13	8	2.91	2.17	6.26	3.38	150	2.75	24.6	93.7	2.17	17.6	196	3.14	47.9	1.55	0.670	
15x24	684	871	100	50	6	8	3.51	1.05	6.56	3.00	89.9	3.21	13.8	15.4	1.33	3.89	95.4	3.31	9.92	1.07	0.252	
15x24	897	114	100	50	8	8	3.60	1.13	6.48	2.96	116	3.19	18.2	19.7	1.31	5.08	123	3.28	12.8	1.05	0.256	
15x24	110	141	100	50	10	8	3.68	1.21	6.42	2.93	141	3.16	22.3	23.6	1.29	6.21	149	3.25	15.5	1.05	0.253	
15x24	877	112	100	66	7	10	3.23	1.51	6.83	3.49	113	3.17	16.6	37.6	1.83	7.53	128	3.39	22.0	1.40	0.416	
15x24	994	127	100	66	8	10	3.27	1.55	6.81	3.47	127	3.16	18.9	42.2	1.83	8.54	144	3.37	24.8	1.40	0.413	
15x24	123	156	100	66	10	10	3.36	1.63	6.76	3.45	154	3.14	23.2	51.0	1.81	10.5	175	3.35	30.1	1.39	0.410	
15x24	106	135	100	75	8	10	3.10	1.87	6.95	3.65	133	3.14	19.3	64.1	2.18	11.4	162	3.47	34.6	1.60	0.547	
15x24	130	166	100	75	10	10	3.19	1.95	6.92	3.65	162	3.12	23.8	77.6	2.16	14.0	197	3.45	42.2	1.59	0.544	
15x24	154	197	100	75	12	10	3.27	2.03	6.89	3.65	189	3.10	28.0	90.2	2.14	16.5	230	3.42	49.5	1.59	0.540	
15x24	112	181	100	90	10	10	2.95	2.47	7.04	3.69	172	3.09	24.4	132	2.09	20.1	242	3.66	61.2	1.84	0.797	
15x24	181	231	100	90	13	10	3.08	2.50	7.03	3.71	215	3.05	31.0	164	2.05	25.5	301	3.61	77.1	1.83	0.794	
15x24	172	155	120	80	8	11	3.83	1.87	8.23	4.23	235	3.82	27.6	80.8	2.28	13.2	200	4.10	46.6	1.74	0.437	
15x24	150	191	120	80	10	11	3.92	1.95	8.19	4.21	276	3.80	34.1	98.1	2.26	16.2	317	4.07	56.8	1.72	0.435	
15x24	178	227	120	80	12	11	4.00	2.03	8.15	4.20	323	3.77	40.4	114	2.24	19.1	371	4.04	66.7	1.71	0.431	
15x24	122	155	125	75	8	11	4.14	1.68	8.44	4.20	247	4.00	29.6	67.6	2.09	11.6	274	4.21	40.9	1.63	0.330	
15x24	150	191	125	75	10	11	4.23	1.76	8.39	4.17	302	3.97	36.5	82.1	2.07	14.3	334	4.18	49.9	1.61	0.327	
15x24	178	227	125	75	12	11	4.31	1.84	8.33	4.15	354	3.95	43.2	96.5	2.05	16.9	391	4.15	58.5	1.61	0.324	
15x24	162	206	125	90	10	11	3.95	2.23	8.63	4.52	321	3.95	37.7	140	2.00	20.6	384	4.31	77.4	1.94	0.603	
15x24	207	264	125	90	13	11	4.08	2.34	8.58	4.52	404	3.91	48.0	175	2.57	26.2	481	4.27	97.4	1.92	0.501	
15x24	122	155	135	65	8	11	4.78	1.34	8.79	3.95	291	4.34	33.4	45.2	1.71	8.75	307	4.45	29.4	1.38	0.245	
15x24	150	191	135	65	10	11	4.88	1.42	8.72	3.91	356	4.31	41.3	54.7	1.69	10.8	375	4.43	35.9	1.37	0.243	
15x24	154	196	150	75	9	12	5.26	1.57	9.82	4.50	455	4.82	45.7	77.9	1.99	13.1	483	4.96	50.2	1.60	0.251	
15x24	170	217	150	75	10	12	5.31	1.91	9.79	4.48	501	4.81	51.6	85.6	1.99	14.5	531	4.95	56.1	1.60	0.251	
15x24	202	257	150	75	12	12	5.40	1.69	9.72	4.44	588	4.78	61.3	99.6	1.97	17.1	623	4.92	64.7	1.59	0.256	
15x24	248	317	150	75	15	12	5.52	1.81	9.63	4.40	713	4.75	75.2	119	1.94	21.0	753	4.88	78.6	1.58	0.253	
15x24	182	232	150	90	10	12	5.00	2.04	10.1	5.03	533	4.80	53.3	146	2.51	21.0	591	5.05	88.3	1.95	0.330	
15x24	216	275	150	90	12	12	5.08	2.12	10.1	5.00	627	4.77	63.3	171	2.49	24.8	684	5.02	104	1.94	0.328	
15x24	256	339	150	90	15	12	5.21	2.23	9.98	4.98	751	4.74	77.7</									

5.1.3 Las tolerancias para las dimensiones B y H deben ser las especificadas en la tabla 3

TABLA 3. Tolerancia de las dimensiones de los lados (mm)

Altura total (H)	Tolerancia
$H < 50$	$\pm 1,0$
$50 < H < 100$	$\pm 1,5$
$100 < H < 150$	$\pm 2,0$
$150 < H < 200$	$\pm 3,0$

5.1.4 Las tolerancias en el espesor t de los perfiles angulares de lados iguales y lados desiguales deben ser los especificados en la tabla 4.

TABLA 4. Tolerancia en espesor (mm)

Altura total (H)	Tolerancia
$H < 50$	$\pm 0,5$
$50 < H < 100$	$\pm 0,8$
$100 < H < 150$	$\pm 1,0$
$150 < H < 200$	$\pm 1,2$

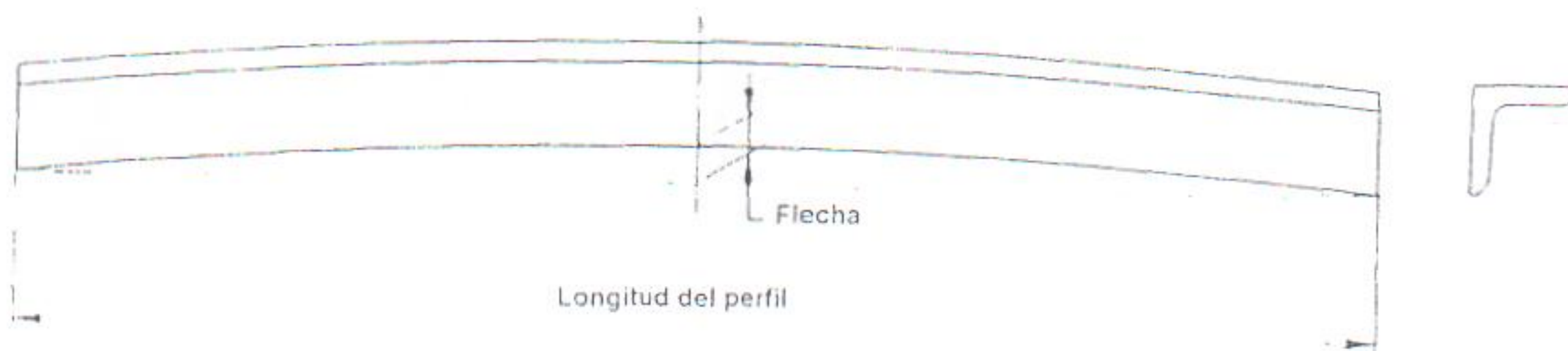
5.1.5 La tolerancia en longitud de todos los perfiles debe ser de ± 50 mm

5.1.6 La convexidad en la longitud de los perfiles angulares se determina mediante la flecha máxima admisible cuyos valores deben ser los establecidos en la tabla 5 y debe ser medida como se lo indica en la figura 3

TABLA 5. Flecha máxima (mm)

Altura total (H)	Valor máximo
$H < 150$	0,4% de longitud del perfil
$150 < H < 200$	0,25% de longitud del perfil

FIGURA 3. Medición de la flecha



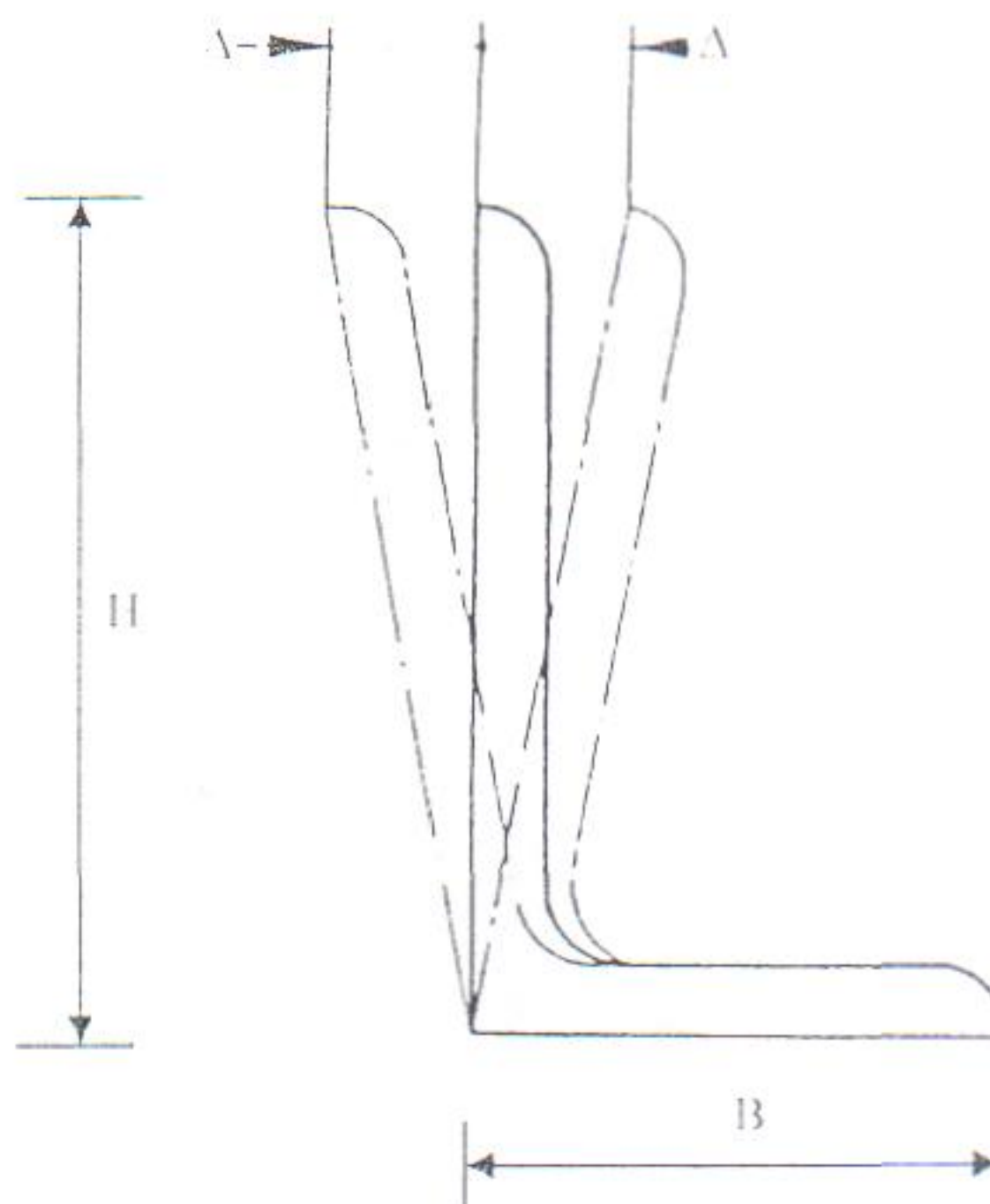
(Continúa)

5.1.7 Los lados deben ser perpendiculares uno al otro con una desviación máxima en el extremo (escuadría) como se especifica en la tabla 6 y medida según se indica en la figura 4.

TABLA 6. Escuadría (mm)

Altura total (H)	Escuadría (Δ)
$H < 50$	1,0
$50 < H < 100$	2,0
$100 < H < 200$	3,0

FIGURA 4. Medición de la escuadría.



5.1.8 Todas las mediciones que se realicen deben ser en número de tres y se debe reportar el valor como el promedio de las mismas

5.2 Requisitos mecánicos. Los perfiles angulares deben cumplir con los requisitos mecánicos establecidos en la NTE INEN 2 215

5.2.1 *Materia Prima* El acero base para la fabricación de los paneles debe cumplir con las propiedades mecánicas especificadas en la tabla 7. Cualquier otro tipo de acero utilizado, debe cumplir mínimo con los requerimientos del grado 230

TABLA 7^a). Propiedades mecánicas del acero base

Grado	Límite de fluencia (MPa)	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación ^{b)} %
230	230	310	20
250	250	330	19
255	255	360	18
275	275	380	16
340	340	450	12
550	550	570	..

a) Los valores especificados en esta tabla son los requisitos mínimos

b) La elongación está en función de una probeta de 50 mm de longitud calibrada.

(Continúa)

5.3 **Requisitos químicos.** Los perfiles angulares deben cumplir con los requisitos químicos establecidos en la NTE INEN 2 215.

6. INSPECCIÓN

6.1 El muestreo, toma de muestras y aceptación o rechazo se debe realizar de acuerdo a lo que establece la NTE INEN 2 215

7. ROTULADO

7.1 El material al que se refiere esta norma debe identificarse según lo establecido en la NTE INEN 2 215

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana 2 215 1998 *Perfiles de acero laminados en caliente*

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma ISO 657-1,1988 *Hot rolled steel sections Part 1 Equal-leg angles-Dimensions* International Organization for Standardization Genève, 1988

Norma ISO 657-2 *Hot rolled steel sections. Part 2 Unequal-leg angles -Dimensions.* International Organization for Standardization. Genève, 1988

Norma ISO 657-2 *Hot rolled steel sections Part V. Equal-leg angles and unequal-leg angles -Tolerances for metric and inch series.* International Organization for Standardization Genève, 1988

Norma DIN 1028 1966 *Hot rolled Round Edge Equal Angles* Deutsche Institut für Normung Berlin 1966

ANEXO G



Designation: E 45 - 97^{ε1}

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428
Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright ASTM

Standard Test Methods for Determining the Inclusion Content of Steel¹

This standard is issued under the fixed designation E 45; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reappraisal. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reappraisal.

This specification has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

¹ NOTE—Editorial corrections were made to paragraphs 16.2.3 and 16.2.6 in February 1998.

1. Scope

1.1 These test methods cover a number of recognized methods for determining the nonmetallic inclusion content of wrought steel. Macroscopical methods include macroetch, fracture, step-down, and magnetic particle tests. Microscopical methods include five generally accepted systems of examination. In these microscopical methods, inclusions are assigned to a category based on similarities in morphology, and not necessarily on their chemical identity. Metallographic techniques that allow simple differentiation between morphologically similar inclusions are briefly discussed. While the methods are primarily intended for rating inclusions, constituents such as carbides, nitrides, carbonitrides, borides, and intermetallic phases may be rated using some of the microscopical methods. In some cases, alloys other than steels may be rated using one or more of these methods; the methods will be described in terms of their use on steels.

1.2 These test methods are suitable for manual rating of inclusion content. Other ASTM standards cover automatic methods for obtaining JK ratings (Practice E 1122) and inclusion content using image analysis (Practice E 1245).

1.3 Depending on the type of steel and the properties required, either a macroscopical or a microscopical method for determining the inclusion content, or combinations of the two methods, may be found most satisfactory.

1.4 These test methods deal only with recommended test methods and nothing in them should be construed as defining or establishing limits of acceptability for any grade of steel.

1.5 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:

A 295 Specification for High-Carbon Anti-Friction Bearing Steel²

- A 485 Specification for High Hardenability Anti-Friction Bearing Steel²
- A 534 Specification for Carburizing Steels for Anti-Friction Bearings²
- A 535 Specification for Special-Quality Ball and Roller Bearing Steel²
- A 756 Specification for Stainless Anti-Friction Bearing Steel²
- A 866 Specification for Medium Carbon for Anti-Friction Bearing Steel²
- D 96 Test Methods for Water and Sediment in Crude Oil by Centrifuge Method (Field Procedure)³
- E 3 Practice for Preparation of Metallographic Specimens⁴
- E 7 Terminology Relating to Metallography⁴
- E 381 Method of Macroetch Testing Steel Bars, Billets, Blooms, and Forgings⁴
- E 709 Guide for Magnetic Particle Examination⁵
- E 768 Practice for Preparing and Evaluating Specimens for Automatic Inclusion Assessment of Steel⁴
- E 1122 Practice for Obtaining JK Inclusion Ratings Using Automatic Image Analysis⁴
- E 1245 Practice for Determining Inclusion or Second-Phase Constituent Content of Metals by Automatic Image Analysis⁴
- 2.2 SAE Standards:⁶
 - J421, Cleanliness Rating of Steels by the Magnetic Particle Method
 - J422, Recommended Practice for Determination of Inclusions in Steel
 - 2.2.2 Aerospace Material Specifications:
 - 2300, Premium Aircraft-Quality Steel Cleanliness: Magnetic Particle Inspection Procedure
 - 2301, Aircraft Quality Steel Cleanliness: Magnetic Particle Inspection Procedure⁶
 - 2303, Aircraft Quality Steel Cleanliness: Martensitic Corrosion-Resistant Steels Magnetic Particle Inspection Procedure
 - 2304, Special Aircraft-Quality Steel Cleanliness: Magnetic Particle Inspection Procedure
- 2.3 ISO Standards:

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee E-4 on Metallography and is the direct responsibility of Subcommittee E04.09 on Inclusions.

Current edition approved Apr. 10, 1997. Published June 1997. Originally published as E 45 - 42 T. Last previous edition E 45 - 95a.

² Annual Book of ASTM Standards, Vol 01.05.

³ Annual Book of ASTM Standards, Vol 05.01.

⁴ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.01.

⁵ Annual Book of ASTM Standards, Vol 03.03.

⁶ Available from the Society of Automotive Engineers, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096.



ISO 3763, Wrought steels—Macroscopic methods for assessing the content of nonmetallic inclusions
 ISO 4967, Steel—Determination of content of nonmetallic inclusions—Micrographic methods using standard diagrams

2.4 *Adjuncts:*
 Inclusions in Steel Plates I-r and II⁷
 Four Photomicrographs of Low Carbon Steel⁸

3. Terminology

3.1 Definitions:

3.1.1 For definitions of terms used in this practice, see Terminology E 7.

3.1.2 Terminology E 7 includes the term *inclusion count*; since some methods of these test methods involve length measurements or conversions to numerical representations of lengths or counts, or both, the term *inclusion rating* is preferred.

3.2 Definitions of Terms Specific to This Standard:

3.2.1 *aspect ratio*—the length-to-width ratio of a microstructural feature.

3.2.2 *discontinuous stringer*—three or more Type B or C inclusions aligned in a plane parallel to the hot working axis and offset by no more than 15 μm , with a separation of less than 40 μm (0.0016 in.) between any two nearest neighbor inclusions.

3.2.3 *inclusion types*—for definitions of sulfide-, alumina-, and silicate-type inclusions, see Terminology E 7. Globular oxide, in some methods refers to isolated, relatively nondeformed inclusions with an aspect ratio not in excess of 5:1. In other methods, oxides are divided into deformable and nondeformable types.

3.2.4 *JK inclusion rating*—a method of measuring nonmetallic inclusions based on the Swedish Jernkontoret procedures; Methods A and D of these test methods are the principal JK rating methods, and Method E also uses the JK rating charts.

3.2.5 *stringer*—an individual inclusion that is highly elongated in the deformation direction or three or more Type B or C inclusions aligned in a plane parallel to the hot working axis and offset by no more than 15 μm , with a separation of less than 40 μm (0.0016 in.) between any two nearest neighbor inclusions.

3.2.6 *worst-field rating*—a rating in which the specimen is rated for each type of inclusion by assigning the value for the highest severity rating observed of that inclusion type anywhere on the specimen surface.

4. Significance and Use

4.1 These test methods cover four macroscopical and five microscopical test methods for describing the inclusion content of steel and procedures for expressing test results.

4.2 Inclusions are characterized by size, shape, concentration, and distribution rather than chemical composition. Although compositions are not identified, microscopical methods place inclusions into one of several composition-related categories (sulfides, oxides, and silicates—the last as a

type of oxide). Paragraph 12.2.6 describes a metallographic technique to facilitate inclusion discrimination. Only those inclusions present at the test surface can be detected.

4.3 The macroscopical test methods evaluate larger surface areas than microscopical test methods and because examination is visual or at low magnifications, these methods are best suited for detecting larger inclusions. Macroscopical methods are not suitable for detecting inclusions smaller than about 0.40 mm ($\frac{1}{64}$ in.) in length and the methods do not discriminate inclusions by type.

4.4 The microscopical test methods are employed to characterize inclusions that form as a result of deoxidation or due to limited solubility in solid steel (indigenous inclusions). These inclusions are characterized by morphological type, that is, by size, shape, concentration, and distribution, but not specifically by composition. The microscopical methods are not intended for assessing the content of exogenous inclusions (those from entrapped slag or refractories) nor for rating the content of carbides, carbonitrides, nitrides, borides, or intermetallic phases, although they are sometimes used for this latter purpose.

4.5 Because the inclusion population within a given lot of steel varies with position, the lot must be statistically sampled in order to assess its inclusion content. The degree of sampling must be adequate for the lot size and its specific characteristics. Materials with very low inclusion contents may be more accurately rated by automatic image analysis (see Practice E 1122), which permits more precise microscopical ratings.

4.6 Results of macroscopical and microscopical test methods may be used to qualify material for shipment, but these test methods do not provide guidelines for acceptance or rejection purposes. Qualification criteria for assessing the data developed by these methods can be found in ASTM product standards or may be described by purchaser-producer agreements.

4.7 These test methods are intended for use on wrought metallic structures. While a minimum level of deformation is not specified, the test methods are not suitable for use on cast structures or on lightly worked structures.

MACROSCOPICAL METHODS

5. Macroscopical Test Methods Overview

5.1 Summary:

5.1.1 *Macroetch Test*—The macroetch test is used to indicate inclusion content and distribution, usually in the cross section or transverse to the direction of rolling or forging. In some instances, longitudinal sections are also examined. Tests are prepared by cutting and machining a section through the desired area and etching with a suitable reagent. A solution of one part hydrochloric acid and one part water at a temperature of 71 to 82°C (160 to 180°F) is widely used. As the name of this test implies, the etched surface is examined visually or at low magnification for inclusions. Details of this test are included in Method E 381. The nature of questionable indications should be verified by microscopical or other means of inspection.

5.1.1.1 Sulfides are revealed as pits when the standard etchant described in 5.1.1 is used.

5.1.1.2 Only large oxides are revealed by this test method.

⁷ Available from ASTM Headquarters. Order PCN 12-500450-23.

⁸ Available from ASTM Headquarters. Order PCN 12-500454-01.



5.1.2 Fracture Test—The fracture test is used to determine the presence and location of inclusions as shown on the fracture of hardened slices approximately 9 to 13 mm ($\frac{3}{8}$ to $\frac{1}{2}$ in.) thick. This test is used mostly for steels where it is possible to obtain a hardness of approximately 60 HRC and a fracture grain size of 7 or finer. Test specimens should not have excessive external indentations or notches that guide the fracture. It is desirable that fracture be in the longitudinal direction approximately across the center of the slice. The fractured surfaces are examined visually and at magnifications up to approximately ten diameters, and the length and distribution of inclusions is noted. Heat tinting, or *blueing*, will increase visibility of oxide stringers. ISO 3763 provides a chart method for fracture surface inclusion ratings. In some instances, indications as small as 0.40 mm ($\frac{1}{64}$ in.) in length are recorded.

5.1.3 Step-Down Method—The step-down test method is used to determine the presence of inclusions on machined surfaces of rolled or forged steel. The test sample is machined to specified diameters below the surface and surveyed for inclusions under good illumination with the unaided eye or with low magnification. In some instances, test samples are machined to smaller diameters for further examination after the original diameters are inspected. This test is essentially used to determine the presence of inclusions 3 mm ($\frac{1}{8}$ in.) in length and longer.

5.1.4 Magnetic Particle Method—The magnetic particle method is a variation of the step-down method for ferromagnetic materials in which the test sample is machined, magnetized, and magnetic powder is applied. Discontinuities as small as 0.40 mm ($\frac{1}{64}$ in.) in length create magnetic leakage fields that attract the magnetic powder, thereby outlining the inclusion. See Section 6 for a detailed procedure.

5.2 Advantages:

5.2.1 These test methods facilitate the examination of specimens with large surface areas. The larger inclusions in steel, which are the main concern in most cases, are not uniformly distributed and the spaces between them are relatively large, so that the chances of revealing them are better when larger specimens are examined.

5.2.2 Specimens for macroscopical examination may be quickly prepared by machining and grinding. A highly polished surface is not necessary. The macroscopical methods are sufficiently sensitive to reveal the larger inclusions.

5.3 Disadvantages:

5.3.1 These test methods do not distinguish among the different inclusion shapes.

5.3.2 They are not suitable for the detection of small globular inclusions or of chains of very fine elongated inclusions.

5.3.3 The magnetic particle method can lead to incorrect interpretation of microstructural features such as streaks of retained austenite, microsegregation, or carbides in certain alloys; this is particularly likely if high magnetization currents are employed.

6. Magnetic Particle Method—Details of Procedure

6.1 Test Specimens:

6.1.1 The specimens shall be prepared in accordance with

the details given in 6.2. The recommended procedure for removal from blooms, billets, and bars in round or square sections is as follows:

6.1.1.1 Cross Sections over 230 cm² (36 in.²)—Cut a quarter section as shown in Fig. 1 or 2 and prepare the specimen by machining, or forging and machining, to a straight cylinder of a diameter between 60 and 150 mm ($2\frac{1}{2}$ and 6 in.). An alternative method is to forge or roll the full section to 150 mm (6 in.) square or round and machine the quarter section in accordance with 6.1.1.2.

6.1.1.2 Cross Sections 100 to 230 cm² (16 to 36 in.²) Inclusive—Cut a quarter section as shown in Fig. 1 or 2 and prepare the specimen by machining, or forging and machining, to a straight cylinder of the largest possible diameter.

6.1.1.3 Cross Sections Less than 100 cm² (16 in.²)—Machine the specimen to a straight cylinder. An alternative method is to use a three diameter step-down specimen, each cylindrical section being 75 mm (3 in.) in length. The diameter, D, of the first step is the stock size less standard machining allowance; the diameter of the second step is $\frac{3}{4}$ D; and the diameter of the third step is $\frac{1}{2}$ D.

6.1.2 The specimens shall conform to the following requirements unless specified otherwise in 6.1.1.1 through 6.1.1.3:

6.1.2.1 The length of the rated surface is nominally 125 mm (5 in.). A 25 mm (1 in.) extension for holding is usually employed.

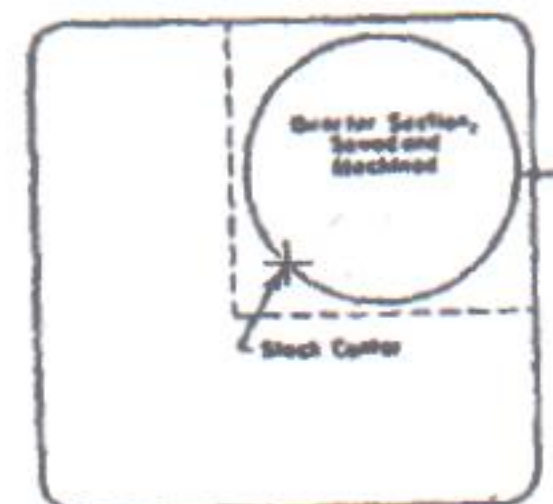
6.1.2.2 The minimum amount of stock removed from the surface shall be as follows:

Nominal Stock Size, Round or Square, mm, (in.)	Minimum Stock Removal from the Surface, mm (in.)
To 12.7 ($\frac{1}{2}$)	0.76 (0.030)
Over 12.7 to 19 ($\frac{1}{2}$ to $\frac{3}{4}$)	1.13 (0.045)
Over 19 to 25.4 ($\frac{3}{4}$ to 1)	1.52 (0.060)
Over 25.4 to 38 (1 to $1\frac{1}{2}$)	1.89 (0.075)
Over 38 to 51 ($1\frac{1}{2}$ to 2)	2.28 (0.090)
Over 51 to 64 (2 to $2\frac{1}{2}$)	3.17 (0.125)
Over 64 to 89 ($2\frac{1}{2}$ to $3\frac{1}{2}$)	3.96 (0.156)
Over 89 to 115 ($3\frac{1}{2}$ to $4\frac{1}{2}$)	4.75 (0.187)
Over 115 to 152 ($4\frac{1}{2}$ to 6)	6.35 (0.250)

6.1.2.3 All quarter sections shall be cut oversize as shown in Figs. 1 and 2 so that the center of the original stock will be approximately on the surface of the test specimen. The location of the center of the original stock shall be identified on the test specimen by means of a stamped mark.

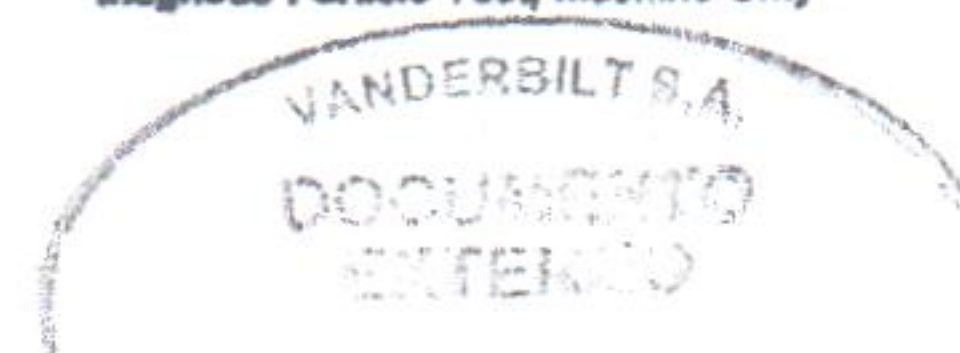
6.2 Preparation of Specimen:

6.2.1 After the specimen is rough turned, heat treat it to a hardness of about 300 HB by oil or water quenching from



NOTE 1—This method is also applicable to round sections.
NOTE 2—a denotes surface removal.

FIG. 1 Quarter Section Specimen from Square Section for Magnetic Particle Test, Machine Only





NOTE 1—Method also applicable to square sections.
NOTE 2—a denotes distance equal to surface removal.

FIG. 2 Quarter Section Specimen from Round Section for Magnetic Particle Test, Forging and Machining

well above the critical temperature and temper within the range 200 to 650°C (400 to 1200°F), depending upon the composition of the steel. Take care to avoid quenching cracks. The heat treatment tends to develop a more uniform structure hard enough to retain some residual magnetism, thus helping to hold the magnetic powder in place after the test.

6.2.2 After heat treatment, grind the specimen, including the ends, or otherwise clean to ensure good contact for magnetizing. Avoid cracks in the grinding checks. The grinding shall be transverse to the length of the specimen. Longitudinal scratches may be deep enough to retain the magnetic powder and obscure the inclusion determination.

6.2.3 Before magnetizing, thoroughly wash the specimen with a quick-drying solvent in order to remove grease and finger marks.

6.3 Procedure:

6.3.1 Circularly magnetize the specimen by passing direct current through it in the longitudinal direction for $\frac{1}{2}$ to $\frac{1}{2}$ s. The magnitude of the current shall be 160 A/cm to 470 A/cm (400 to 1200 A/in.) of the diameter of the specimen.

6.3.2 In general, use the wet continuous method where the specimen is covered with magnetic particle suspension during magnetization. Hardened steel specimens (50 HRC or higher) may be tested using the wet residual method by applying the suspension after magnetization. Take care not to disturb indications before inspection is completed. For a detailed description of the various wet methods of magnetic particle inspection, see Practice E 709.

6.3.3 It is common practice to suspend the fine magnetic particles in kerosene or other light oil of about 40 SUS viscosity. Use about 7.7 g/L (1 oz/gal) of nonfluorescent magnetic particles per litre of oil. The suspension concentration of nonfluorescent particles shall be 1.0 to 2.0% by volume when tested by demagnetizing and allowing to settle 30 to 45 min in an ASTM 100-mL cone-shaped graduated centrifuge tube. For a description of a cone-shaped centrifuge tube, see Test Methods D 96.

6.3.4 As an alternative to the oil-base system, an aqueous system can be used. When using an aqueous system, the evaporation rate should be monitored. Add water to maintain the proper level.

6.4 Examination of Specimen:

6.4.1 Examine the specimen under a well-diffused light. Standard white fluorescent lighting is satisfactory. In order to obtain the best dispersion, place the longitudinal axis of the

light at right angles to the longitudinal axis of the specimen. The larger inclusions will be plainly visible and the relatively small inclusions may also be detected. If inclusions of 0.8 mm ($\frac{1}{32}$ in.) or smaller are of interest, it will be helpful to examine with a low-power hand magnifying glass. The magnetic powder indications produced by inclusions can be distinguished by an experienced operator from indications due to other causes such as cracks, flow lines, carbides, etc. Record the size of each indication appearing on the surface of the specimen.

6.4.2 The indications representing inclusions may be recorded by photography, diagrams, or by transferring to a receptor medium. For example, a solution of plastic coating material may be applied by aerosol or other means, then removed and mounted after drying. Specially prepared absorbent papers such as dye transfer (imbibition) papers or *clean out films* may also be used successfully. These products are available in various sizes and may be obtained from photographic supply houses. Ordinary transparent adhesive tapes will also lift the magnetic powder from the specimen for mounting on a card. The transfer methods are rapid, sufficiently accurate to provide indications suitable for examination under low-power magnification, and are more accurate than photography on curved surfaces. Additionally, the transfer methods maintain the locations of indications in the specimen with respect to the original surface and centerline of the material.

6.5 Expression of Results:

6.5.1 Magnetic particle test results are normally expressed in terms of frequency and severity.

6.5.2 Frequency is the total number of indications in a given area. A commonly used reference area has been 258 cm² (40 in.²). Frequency may also be expressed in terms of number of indications per unit area of surface examined. The method of evaluating inclusions per square inch for frequency and severity has been adopted by the Society of Automotive Engineers in SAE J41. Refer to Aerospace Materials Specifications 2300, 2301, 2303, and 2304.

6.5.3 Severity is the weighted value of the magnetic particle indications in accordance with the following table taken from AMS specifications 2300, 2301, 2303, and 2304.

From AMS 2300 and 2304 Length of Indication, mm (in.)	Progression Factor for Severity Rating
0.4 to 0.8 ($\frac{1}{16}$ to $\frac{1}{8}$) exclusive	2
0.8 to 1.6 ($\frac{1}{8}$ to $\frac{1}{4}$) exclusive	4
1.6 to 3.2 ($\frac{1}{4}$ to $\frac{1}{2}$) exclusive	16
3.2 ($\frac{1}{2}$) and over	256
From AMS 2301 and 2303 Length of Indication, mm (in.)	Progression Factor for Severity Rating
1.6 to 3.2 ($\frac{1}{8}$ to $\frac{1}{4}$) inclusive	0.5
3.2 to 6.4 ($\frac{1}{4}$ to $\frac{1}{2}$) inclusive	1
6.4 to 12.8 ($\frac{1}{2}$ to $\frac{3}{4}$) inclusive	2
12.8 to 19 ($\frac{3}{4}$ to 1) inclusive	4
19 to 25.4 (1 to 1) inclusive	8
over 25.40 to 38.10 (over 1 to 1- $\frac{1}{2}$) inclusive	16

6.5.3.1 The severity value is obtained by multiplying the number of indications of a given length by the weight factor and adding these results. Severity should be expressed as the weighted value for a given area. Severity may also be expressed as the weighted value per unit area of surface examined (see AMS Specifications 2300, 2301, 2303, and 2304).

6.5.4 The averages of the frequency and severity values

for all the specimens in a heat may be used to express the magnetic particle results for the heat.

6.5.5 The frequency and severity values for one heat may be readily compared with the values of another heat. In making such comparisons between heats, however, exercise care to compare results obtained only on billets or bars of approximately the same size.

6.5.6 If a step-down test is used, results should be related to the individual diameters.

6.5.7 Magnetic particle results may also be expressed as the total length of indications for a stated area. In the AMS standards described above, inclusion length per square inch is determined.

MICROSCOPICAL METHODS

7. Microscopical Test Methods Overview

7.1 Microscopical methods are used to characterize the size, distribution, number, and type of inclusions on a polished specimen surface. This may be done by examining the specimen with a light microscope and reporting the types of inclusions encountered, accompanied by a few representative photomicrographs. This method, however, does not lend itself to a uniform reporting style. Therefore, standard reference charts depicting a series of typical inclusion configurations (size, type, and number) were created for direct comparison with the microscopical field of view.

7.2 Various reference charts of this nature have been devised such as the JK chart⁹ and the SAE chart found in SAE Recommended Practice J422 of the SAE Handbook. The microscopical methods in Test Methods E 45 use refined comparison charts based on these charts. Method A (Worst Fields), Method D (Low Inclusion Content) and Method E (SAM Rating) use charts based on the JK chart while Method C (Oxides and Silicates) uses the SAE chart. ISO Standard 4967 also uses the JK chart.

7.3 No chart can represent all of the various types and forms of inclusions. The use of any chart is thus limited to determining the content of the most common types of inclusions, and it must be kept in mind that such a determination is not a complete metallographic study of inclusions.

7.4 An alternate to comparison (chart) methods such as Methods A, C and D¹⁰ may be found in Method B. Method B (Length) is used to determine inclusion content based on length. Only inclusions 0.127 mm (0.005 in.) or longer are recorded regardless of their type. From this method one may obtain data such as length of the longest inclusion and average inclusion length. In addition, photomicrographs may also be taken to characterize the so called *background inclusions* that were not long enough to measure.

7.5 The advantages of the microscopical methods are:

7.5.1 Inclusions can be characterized as to their size, type, and number.

7.5.2 Extremely small inclusions can be revealed.

7.6 A disadvantage of the microscopical methods is that

individual rating fields are very small (0.50 mm²). This limits the practical size of the specimen as it would simply take a prohibitive number of fields to characterize a large specimen. The result obtained by a microscopical characterization of the inclusions in a large section is governed by chance if local variations in the inclusion distribution are substantial. The end use of the product determines the importance of the microscopical results. Experience in interpreting these results is necessary in order not to exaggerate the importance of small inclusions in some applications.

7.7 In determining the inclusion content, it is important to realize that, whatever method is used, the result actually applies only to the areas of the specimens that were examined. For practical reasons, such specimens are relatively small compared with the total amount of steel represented by them. For the inclusion determination to have any value, adequate sampling is just as necessary as a proper method of testing.

7.8 Steel often differs in inclusion content not only from heat to heat, but also from ingot to ingot in the same heat and even in different portions of the same ingot. It is essential that the unit lot of steel, the inclusion content of which is to be determined, shall not be larger than one heat. Sufficient samples should be selected to represent the lot adequately. The exact sampling procedure should be incorporated in the individual product requirements or specifications. For semifinished products, the specimens should be selected after the material has been sufficiently cropped and suitable discards made. If the locations of the different ingots and portions of ingots in the heat cannot be identified in the lot being tested, random sampling should involve a greater number of test specimens for an equivalent weight of steel. A value for the inclusion content of an isolated piece of steel, even if accurately determined, should not be expected to represent the inclusion content of the whole heat.

7.9 The size and shape of the wrought steel product tested has a marked influence on the size and shape of the inclusions. During reduction from the cast shape by rolling or forging, the inclusions are elongated and broken up according to the degree of reduction of the steel cross section. In reporting results of inclusion determinations, therefore, the size, shape, and method of manufacture of the steel from which the specimens were cut must be stated. In comparing the inclusion content of different steels, they must all be rolled or forged as nearly as possible to the same size and shape, and from cast sections of about the same size. Specimens cut lengthwise or parallel to the direction of rolling or forging shall be used.

7.10 It may be convenient, in order to obtain more readily comparable results, to forge coupons from larger billets. These forged sections may then be sampled in the same way as rolled sections. Exercise care, however, to crop specimens of sufficient length from the billets for forging; otherwise, there is danger of the shear-dragged ends being incorporated in the specimens. Such distorted material will give a false result in the inclusion determination. To avoid this, it is helpful to saw the ends of the billet length for forging and to take the specimen from the middle of the forged length.

7.11 Several of the methods described in these test methods require that a specific area of the prepared surface of the specimen be surveyed, and all the significant inclu-

⁹ The JK chart derives its name from its sponsors Jerakontoret, the Swedish Ironmasters Association.

¹⁰ Note that while these methods are called comparison chart methods, the procedure used may also consist of length measurements or counts of inclusions, or both.

sions observed be recorded and expressed in the results. The reported result for each specimen examined is, therefore, a more accurate representation of the inclusion content than a photomicrograph or diagram. A disadvantage of the Worst Field approach is that no such distribution of inclusion ratings is obtained.

7.12 To make comparisons possible between different heats and different parts of heats, the results shall be expressed in such a manner that an average for the inclusion content of the different specimens in the heat can be obtained. When the lengths of the inclusions are measured, the simplest number is that for the aggregate length of all the inclusions per area examined; however, it may be desirable not merely to add the lengths but also to weight the inclusions according to their individual lengths. The length of the largest inclusion found and the total number of inclusions may also be expressed.

8. Sampling

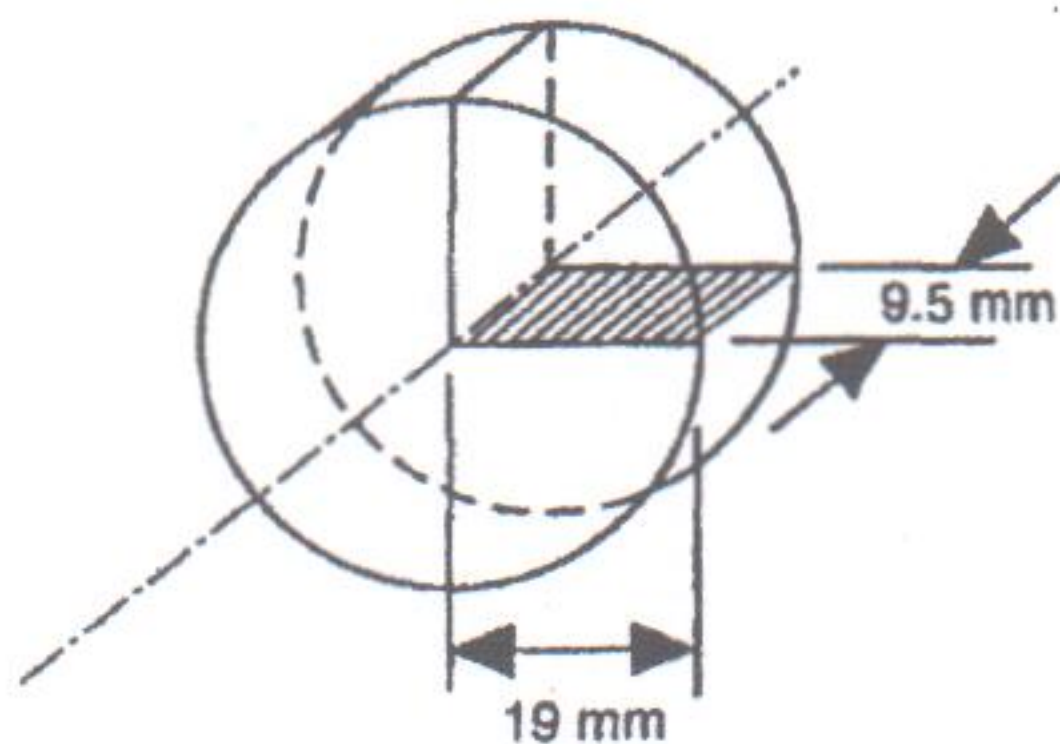
8.1 To obtain a reasonable estimate of inclusion variations within a lot, at least six locations, chosen to be as representative of the lot as possible, should be examined. In this context, a lot shall be defined as a unit of material processed at one time and subjected to similar processing variables. In no case should more than one heat be in the same lot. For example if a lot consists of one heat, sampling locations might be in the product obtained from the top and bottom of the first, middle, and last usable ingots in the pouring sequence. For strand cast or bottom pour processing, a similar sampling plan per heat should be invoked.

8.2 For cases in which a definite location within a heat, ingot, or other unit lot is unknown, statistical random sampling with a greater number of specimens should be employed.

8.3 Ratings obtained will vary with the amount of reduction of the product. For materials acceptance or for comparison among heats, care must be taken to sample at the correct stage of processing.

9. Test Specimen Geometry

9.1 The recommended polished surface area of a specimen for the microscopical determination of inclusion content is 160 mm^2 (0.25 in.^2). The polished surface must be parallel to the longitudinal axis of the product. In addition,



NOTE—Inch-pound equivalents: 9.5 mm = $\frac{3}{8}$ in.; 19 mm = $\frac{3}{4}$ in.

FIG. 3 Specimen from $1\frac{1}{2}$ -in. (38.1 mm) Round Section for Microscopical Test

for flat-rolled products, the section shall also be perpendicular to the rolling plane; for rounds and tubular shapes, the section shall be in the radial direction.

9.2 *Thick Section (Product Section Size Greater than 9.5 mm (0.375 in.) Thick, Such as Forgings, Billet, Bar, Slab, Plate, and Pipe):*

9.2.1 For wide products, the one-quarter point along the product width is commonly used to provide representative material.

9.2.2 For round sections, the manner of cutting a specimen from a 38 mm (1.5-in.) diameter section is shown in Fig. 3. A disk about 9.5 mm (0.375 in.) thick is cut from the product. The quarter-section indicated in Fig. 3 is cut from the disk and the shaded area is polished. Thus the specimen extends 9.5 mm along the length of the product from the outside to the center.

9.2.3 For large sections, each specimen shall be taken from the mid-radius location, as shown by the shaded area in Fig. 4. The specimen face to be polished extends 9.5 mm parallel to the longitudinal axis of the billet and 19 mm (0.75 in.) in the longitudinal radial plane, with the polished face midway between the center and the outside of the billet. Such midway sampling is used to decrease the number of specimens polished and examined. Other areas, such as the center and the surface, may be examined as well, provided the sampling procedure used is stated in the results. A billet or bar about 50 to 100 mm (2 to 4 in.) round or square is the preferred size from which specimens should be taken; however, larger or smaller sizes may be used, provided the product sizes are reported with the results.

9.3 *Thin Sections (Product Section Sizes 9.5 mm (0.375 in.) Thick or Less; Strip, Sheet, Rod, Wire, and Tubing)*—Full cross section longitudinal specimens shall be cut in accordance with the following plan:

9.3.1 For 0.95 to 9.5-mm (0.0375 to 0.375 in.) cross section thicknesses inclusively, a sufficient number of pieces from the same sampling point are mounted to provide approximately 160 mm^2 (0.25 in.^2) of polished specimen surface. (Example: For a sheet 1.27 mm (0.050 in.) thick, select seven or eight longitudinal pieces uniformly across the

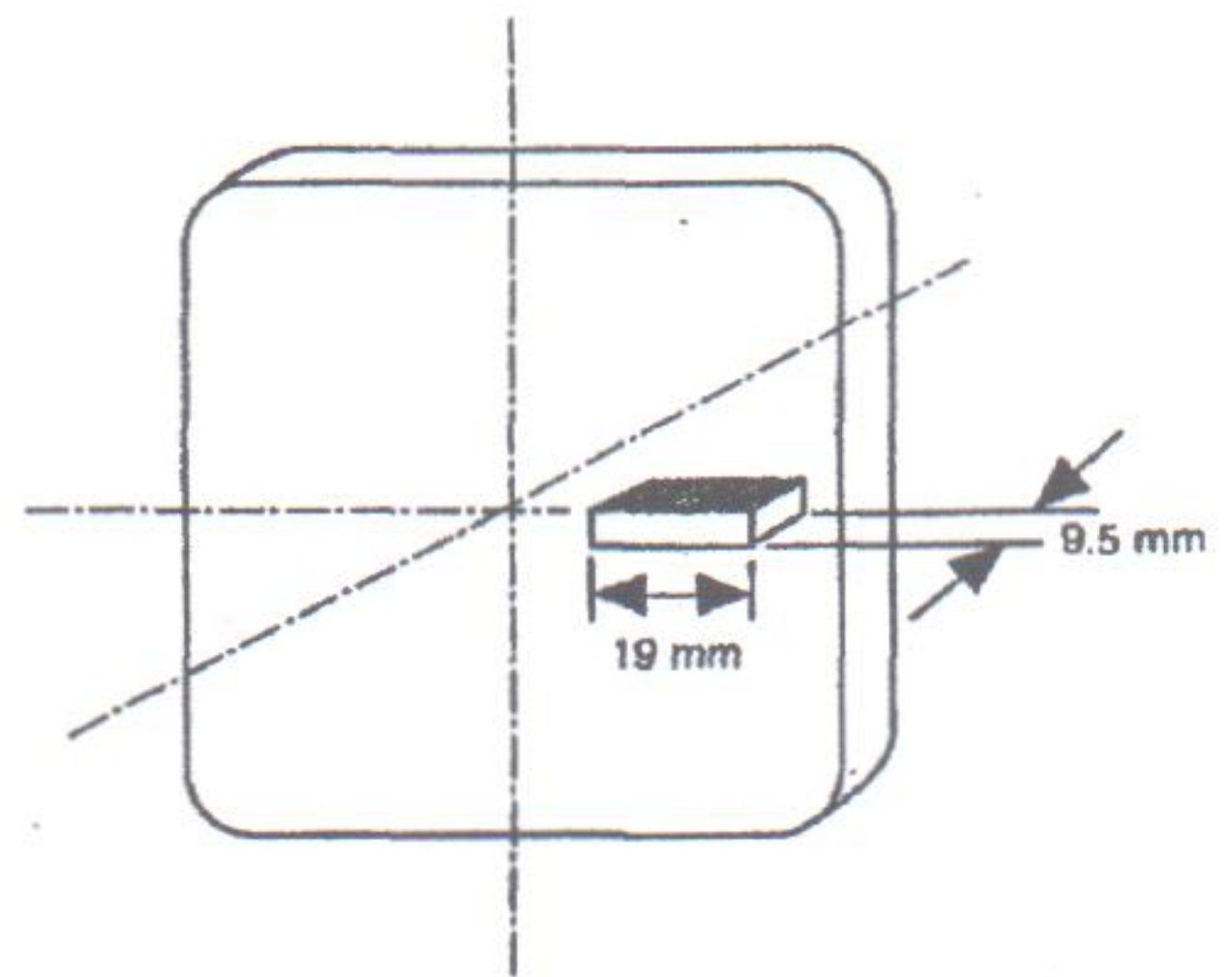


FIG. 4 Specimen from Large Bar or Billet for Microscopical Test

sheet width to provide one specimen).

9.3.2 For cross section thicknesses less than 0.95 mm, ten longitudinal pieces from each sampling location shall be mounted to provide a suitable specimen surface for polishing. (Dependent on material thickness and piece length, the polished specimen area may be less than 160 mm². Because of practical difficulties in mounting a group of more than ten pieces, the reduced specimen area will be considered sufficient.) Note that when using the comparison procedures of Methods A, C, D and E, the thickness of the test specimen cross section should not be less than the defined minimum dimension of a single field of view. Therefore, the minimum thickness required is 0.71 mm for Methods A, D, and E, and 0.79 mm for Method C. Thinner sections should be rated by other means.

10. Preparation of Specimens

10.1 Methods of specimen preparation must be such that a polished, microscopically flat section is achieved in order that the sizes and shapes of inclusions are accurately shown. To obtain satisfactory and consistent inclusion ratings, the specimen must have a polished surface free of artifacts such as pitting, foreign material (for example, polishing media), and scratches. When polishing the specimen it is very important that the inclusions not be pitted, dragged, or obscured. Specimens must be examined in the as-polished condition, free from the effects of any prior etching (if used). It is recommended that the procedures described in Methods E 3 and Practice E 768 be followed.

10.2 If the conditions for inclusion evaluation stated in 10.1 cannot be met in the as-polished condition with the as-received sample, the sample shall be heat-treated to the maximum attainable hardness before polishing. Necessary precautions shall be taken to eliminate the effects of heat treatment such as scale, decarburization, etc. This practice is recommended for heat-treatable grades of carbon, low alloy, and stainless steels.

11. Precision and Bias

11.1 Studies of JK ratings made by different laboratories have shown that there is an inherent problem in inclusion identification, chiefly in discrimination between Type A (sulfides) and C (silicate) deformable oxide inclusions. Hence, the accuracy of JK ratings can be severely influenced by such problems. The accuracy of Method A, C, and D ratings is influenced by total inclusion contents. As the inclusion content increases, the accuracy of such ratings decreases.

11.2 For steels that are rated to 0.5 Severity Level Numbers on Plate I-r, worst field ratings are generally accurate within ± 1 severity number and may be within ± 0.5 severity at low inclusion content. In general, the accuracies of rating of Type B and D inclusions are better than for Type A and C inclusions. Also, the accuracy of the thin series is generally better than for the Heavy series, regardless of the inclusion type.

11.3 For steels that must be rated to whole Severity Level Numbers using Plate I-r, the accuracies are generally poorer, approaching ± 2 at the highest severity levels. The same trends apply here regarding A and C versus B and D Types and Thin versus Heavy. Greater inaccuracies will occur if

inclusions are misidentified. The accuracy of inclusion field counts using Method D is not as good as for the worst field ratings. A good, accurate Method D rating requires considerable effort.

11.4 The accuracy of Method C ratings is significantly influenced by misidentification of S Type (deformable oxide) inclusions. When such problems are not encountered, steels with low inclusion contents will agree within ± 1 unit, while steels with high inclusion contents will agree within ± 2 units of severity. Method C, Plate II, is only used to rate oxides, never sulfides.

11.5 The precision of ratings made by the use of Plate I-r generally agrees with the chart severity increments used but may in certain cases be slightly higher. For very low inclusion content steels, automatic image analysis methods (as covered by Methods E 1122 and E 1245) are preferable where ratings below the minimum rating ($\frac{1}{2}$) are possible. Note that microscopical Methods A and D stipulate minimum sizes for *rateable* inclusions; thus a field or a specimen may contain inclusions that are identifiable but not rateable because they are below the minimum size for a non-zero rating.

12. Method A (Worst Fields)¹¹

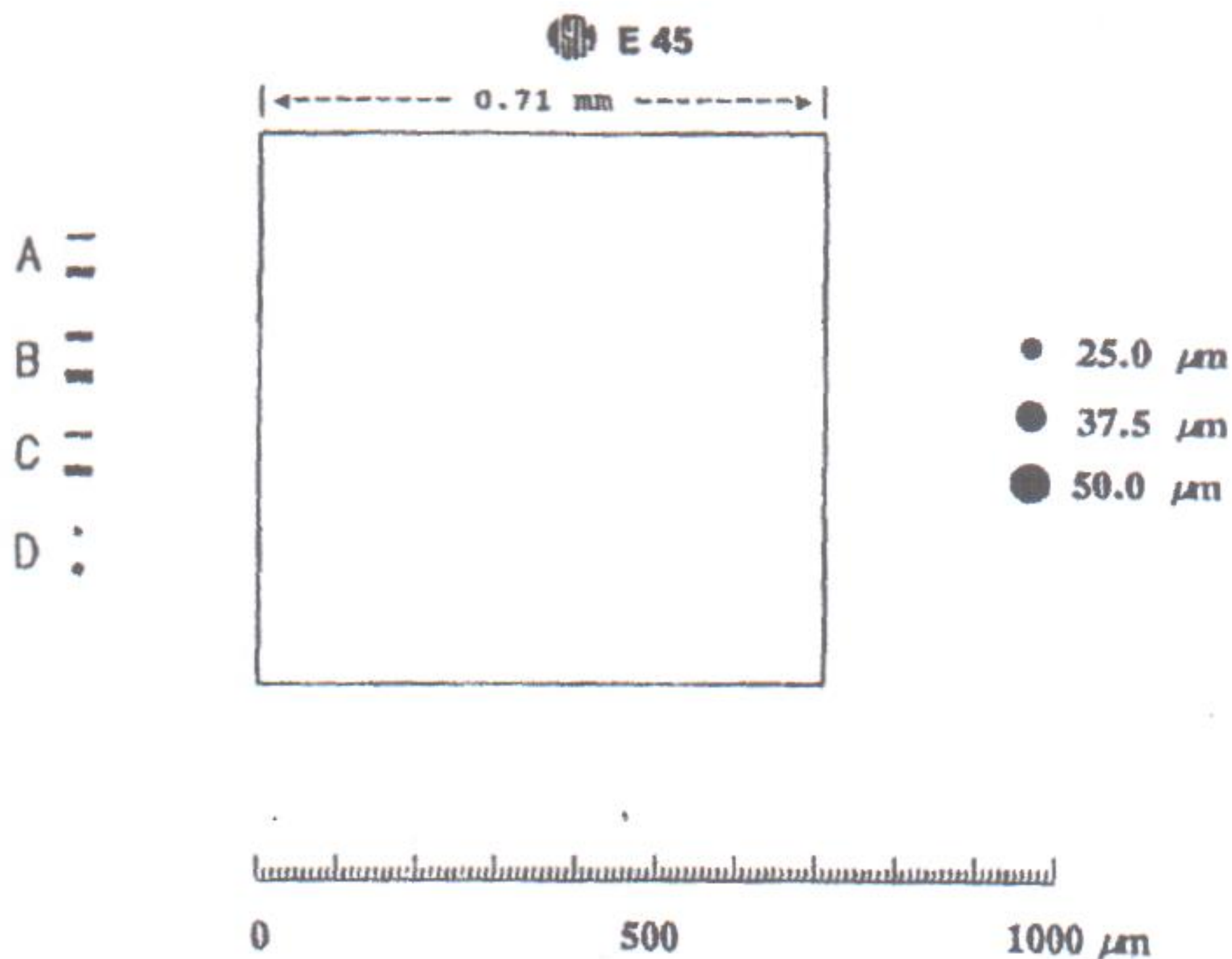
12.1 *Introduction*—This test method requires a survey of a 160 mm² (0.25 in.²) polished surface area of the specimen at 100 \times . The field size shall equal an area equivalent to 0.50 mm² (0.000779 in.²) on the specimen surface as defined by a square with 0.71 mm (0.02791 in.) long sides (See Fig. 5). Each 0.50 mm² field is compared to the square fields depicted in Plate I-r in a search for the worst field, that is, the highest severity rating, of each inclusion Type A, B, C, and D for both the *Thin* and *Heavy* series. The severity level of these worst fields shall be reported for every specimen examined.

12.2 Procedure:

12.2.1 Either of two techniques may be employed to achieve a 0.50 mm² square field of view. One method is to project the 100 \times microscope image onto a viewing screen that has a square mask with 71.0 mm (2.79 in.) sides drawn on it. Another option is to use a reticle made for the microscope which will superimpose the required square mask directly onto the field of view. (See Fig. 5).

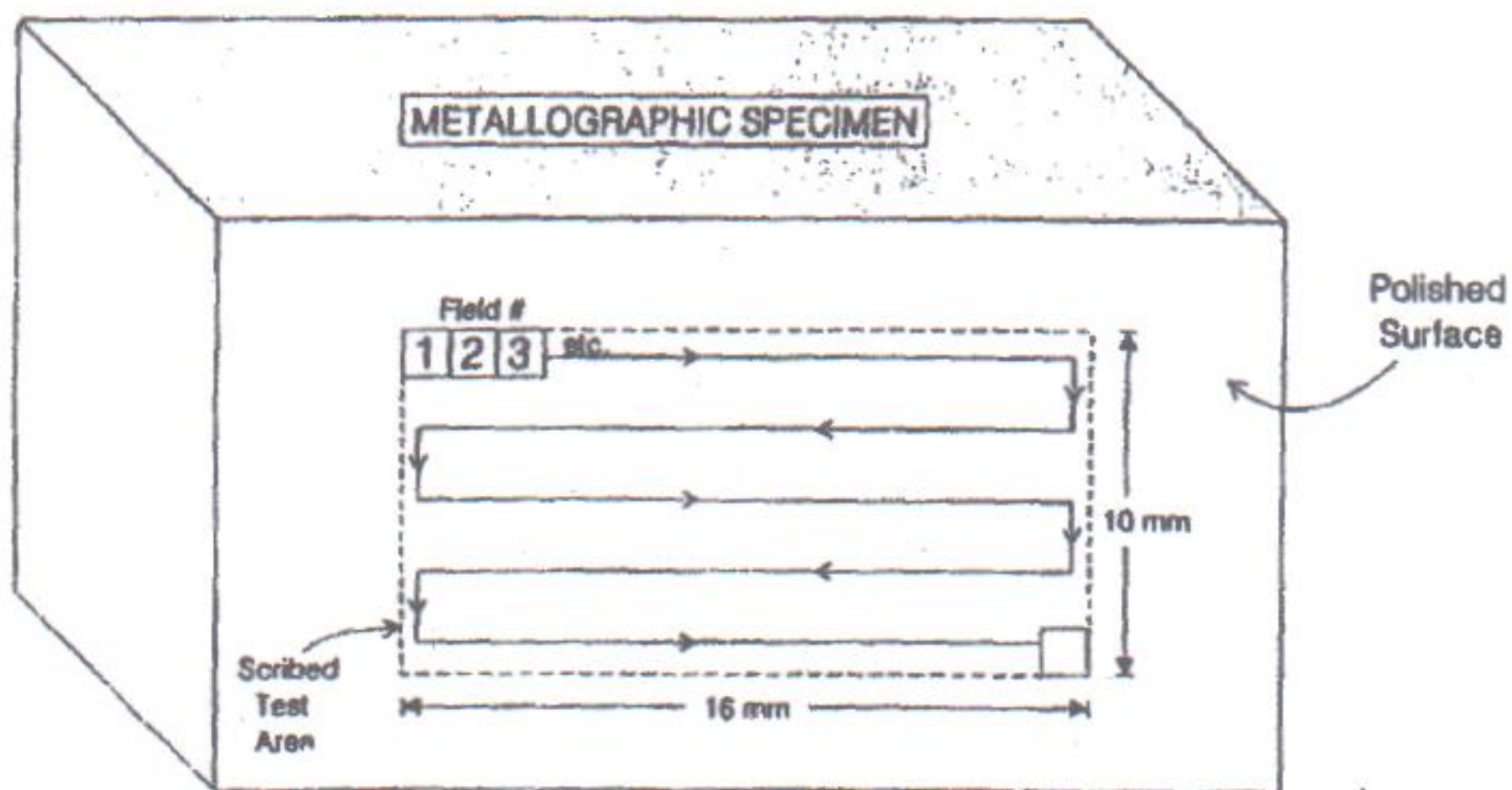
12.2.2 To begin, outline the required test area on the specimen surface using either an indelible marker or a carbide-tipped scribe. Place the specimen on the microscope stage and start the examination with a field in one of the corners of the marked test area. Compare this field to the images on Plate I-r. Record the severity level in whole numbers from 0 to 3.0 for each inclusion type (A, B, C, and D) that most resembles the field under observation. (See Table 1 if required to report severity levels > 3.0). Do this for both the *Thin* and *Heavy* series. It is important to note here that if a field of inclusions falls between two severity levels, its value is rounded down to the lower severity level. For example, when using Plate I-r, a field that contains fewer inclusions, or less inclusion length than Severity Level Number 1, is counted as a 0.

¹¹ This method is similar to the Jernkontors Method, Uppsala, Sweden (1936).



NOTE—The square mask will yield a field area of 0.50 mm² on the specimen surface. A graphic representation of the maximum thickness of the Thin and Heavy series of Types A, B, C, and D is on the left. Several oversized Type D are depicted on the right for convenience.

FIG. 5 Suggested Reticle or Overlay Grid For Methods A, D, and E



NOTE 1—Systematically scan the entire masked area. Methods A, B, C, and E permit adjustment of the field locations in order to maximize a severity level number or facilitate a measurement. For Method D, the fields must remain contiguous and only features within the field are compared to Plate I-r.

NOTE 2—Method D will require a larger (10 × 17 mm) test area to facilitate placement of enough contiguous, 0.71 mm square fields to total 160 mm² of polished surface area.

FIG. 6 Typical Scan Pattern for Microscopical Methods

12.2.3 Move the microscope stage to reveal an adjacent field and repeat the comparison procedure. Continue this process until the required polished surface area of the specimen has been scanned. A typical scan configuration is shown in Fig. 6. This method requires adjustment of the microscope stage to maximize an inclusion severity level. That is, the field of view is adjusted using the microscope stage controls, such that inclusions are moved inside the square mask in order to locate the *worst field*. In practice, the

rater is actually scanning the specimen and stopping only when a potential *worst field* of each type and thickness is in view.

12.2.4 The minimum inclusion lengths (or numbers for Type D only) that determine the Severity Level Numbers are printed on Plate I-r and listed in Table 1. Inclusion width parameters for classification into the Thin or Heavy category are listed in Table 2. An inclusion whose width varies from Thin to Heavy along its length shall be placed in the category

TABLE 1 Minimum for Severity Level Numbers (Methods A, D, and E)^{a,b}

Severity Level	Total Length in One Field at 100X, min, mm (in.)			Number of Inclusions in One Field, min
	Type A	Type B	Type C	
1/2	3.7 (0.15)	1.7 (0.07)	1.8 (0.07)	1
1	12.7 (0.50)	7.7 (0.30)	7.8 (0.30)	4
1 1/2	26.1 (1.03)	18.4 (0.72)	17.8 (0.69)	8
2	49.8 (1.97)	34.3 (1.35)	32.0 (1.26)	16
2 1/2	84.9 (3.34)	55.5 (2.19)	51.0 (2.01)	25
3	89.8 (3.54)	82.2 (3.24)	74.8 (2.94)	36
3 1/2	118.1 (4.65)	114.7 (4.52)	102.9 (4.05)	49
4	149.8 (5.90)	153.0 (6.02)	135.9 (5.35)	64
4 1/2	188.8 (7.47)	197.3 (7.77)	173.7 (6.84)	81
5	223.0 (8.78)	247.8 (9.75)	218.3 (8.52)	100

^a Note that length values in this table have been changed to be compatible with automated rating methods. The significant length changes occurred at minimum rating levels of 1/2 where manual methods are least accurate. Inclusion counts for Type D inclusions have also been revised. In this case, the changes are greatest for high counts, which are above the levels of material acceptance standards.

^b VanderVoort, G. F., and Wilson, R. K., "Nonmetallic Inclusions and ASTM Committee E-4," *Standardization News*, Vol 19, May 1991, pp 28-37.

^c Maximum aspect ratio for Type D inclusions is 5:1.

TABLE 2 Inclusion Width and Diameter Parameters (Methods A and D)^a

Inclusion Type	Thin Series		Heavy Series	
	Width, min, μm	Width, max, μm	Width, min, μm	Width, max, μm
A	2	4	>4	12
B	2	9	>9	16
C	2	5	>5	12
D	2	8	>8	13

^a Any inclusion with maximum dimensions greater than the maximum for the Heavy Series must be reported as oversized accompanied with its actual dimensions.

that best represents its whole. That is to say, if more than half its length falls into the *Heavy* range, classify it as *Heavy*. See 12.3.2 for instructions on reporting inclusions that exceed the limits of Tables 1 and 2.

12.2.5 Although Method A was originally designed to rate inclusions in whole numbers, various standards (Specifications A 295, A 485, A 534, A 535, A 756, and A 866) permit rating to 1/2 Severity Level Numbers. This practice is permissible. (See 15.2.2.)

12.2.6 The typical chemical types of inclusions listed at the top of Plate I-r for Categories A, B, C, and D are not meant to suggest that knowledge of inclusion composition is necessary. In this method, inclusions are assigned to a category based on similarities in morphology and not on their chemical identity. Type A (sulfide) and Type C (silicate) inclusions are very similar in size and shape. Therefore, discrimination between these types should be aided by metallographic techniques, such as viewing the questionable inclusions with darkfield illumination (or cross polarizers) where properly polished sulfide inclusions are dark and silicate inclusions appear luminescent. A second technique is to note the hue of the inclusions; sulfides are generally light gray and silicates are very dark or sometimes glassy in appearance. This test method may be used to rate non-traditional types of inclusions based on their size and shape; that is, sulfides that have been subjected to shape, control

treatments, or encapsulated oxides. In addition, borides, carbides, nitrides, or the like may also be rated. It is required, however, that the results clearly reflect that other than the traditional types of nonmetallic inclusions, as depicted on Plate I-r, have been rated.

12.2.7 Classify discontinuous-type stringer inclusions of Types B or C as two distinct inclusions when they are separated by at least 40 μm (0.0016 in.) (or offset by more than 15 μm) on the specimen surface. If two or more inclusions of the same type (A, B, or C) appear in one microscope field, their summed length determines the Severity Level Number. Usually, direct comparison with Plate I-r will establish the severity levels without the necessity for measurements.

12.3 Expression of Results:

12.3.1 The averages of the worst fields for each inclusion type in all the specimens of the lot shall be calculated in accordance with the Severity Level Numbers given at the sides of Plate I-r or Table 1. An example showing the averages obtained for six specimens examined is given in Table 3.

12.3.2 The fields shown in Plate I-r represent the total lengths of the A inclusions, the total stringer lengths of B and C inclusions, the number of D inclusions, and their respective limiting widths or diameters. If any inclusions are present that are longer than the fields shown in Plate I-r, their lengths shall be recorded separately. If their widths or diameters are greater than the limiting values shown in Plate I-r and Table 2, they shall be recorded separately. Note that an oversized A, B, or C inclusion or inclusion stringer still contributes to the determination of a field's Severity Level Number. Therefore, if an A, B, or C inclusion is oversized either in length or thickness that portion that is within the field boundaries shall be included in the appropriate Thin or Heavy severity level measurement. Likewise, if an oversized D inclusion is encountered in a field, it is also included in the count that determines the D heavy rating. For reference, illustrations of large, globular oxides appear at the bottom of Plate I-r. A Type D globular oxide may not exceed an aspect ratio of 5:1.

12.3.3 If desired, the predominant chemical type of inclusions may be determined and recorded as sulfide, silicate, or oxide. If the charts are used to rate carbides or nitrides, chemical composition information may also be determined and reported.

13. Method B (Length)

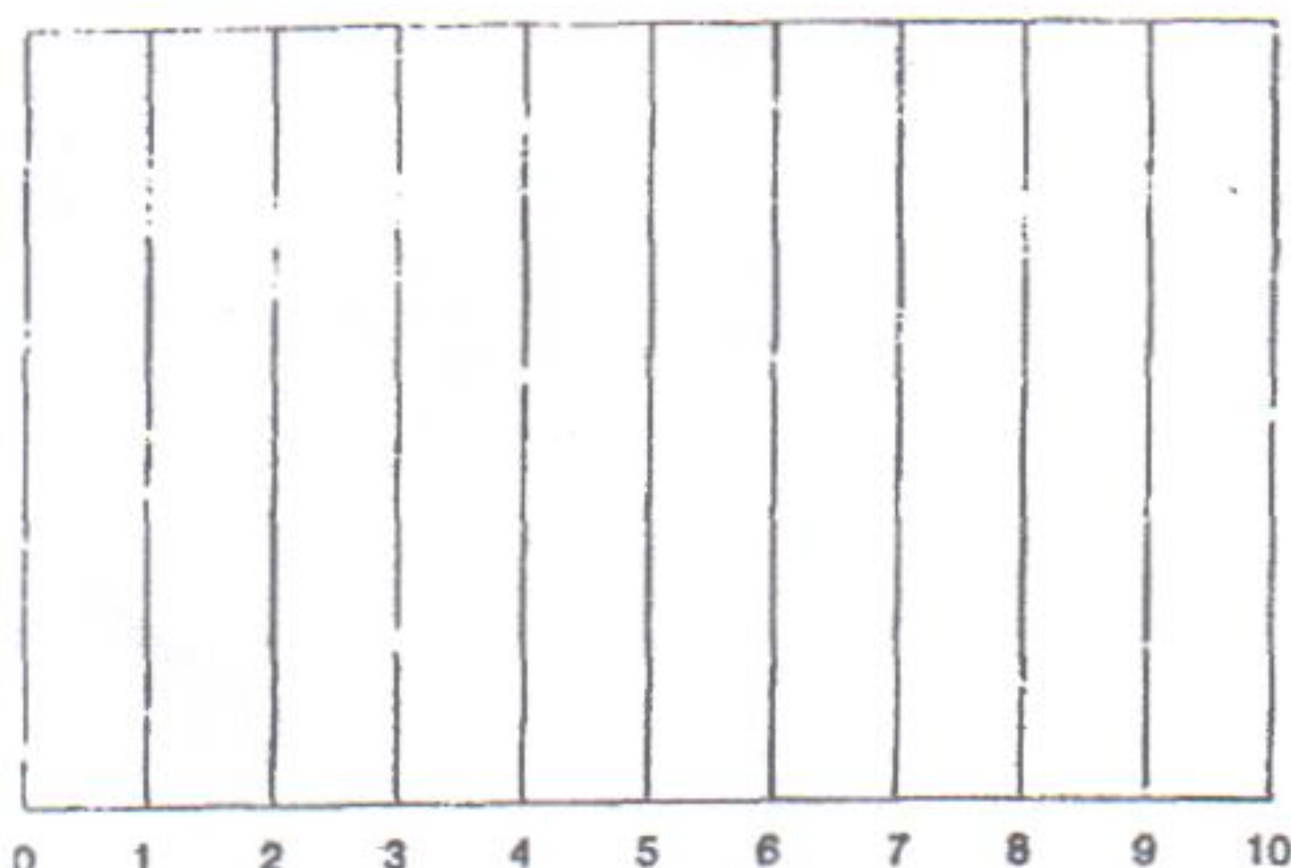
13.1 Introduction—This test method requires a survey of

TABLE 3 Worst-Field Inclusion Ratings (Method A) Severity Levels^a

Specimen	Type A		Type B		Type C		Type D	
	Thin	Heavy	Thin	Heavy	Thin	Heavy	Thin	Heavy
1	2	1	2	1	1	0	2	1
2	3	1	2	1	0	1	2	2
3	2	1	2	1	0	0	2	2
4	2	1	2	1	1	0	2	1
5	2	1	2	1	0	1	2	1
6	3	1	2	1	0	0	2	1
Average	2.3	1.0	2.0	1.0	0.3	0.3	2.0	1.3

^a See 12.3.1.





NOTE—One unit equals 0.127 mm (0.005 in.) on the specimen surface.

FIG. 7 Suggested Reticule or Overlay Grid for Method B

a 160 mm² polished surface area of the specimen at 100 \times . Any inclusion whose length is 0.127 mm or longer is to be measured and individually tallied.

13.2 Procedure:

13.2.1 This method utilizes a pattern of parallel lines whose spacing is such that the distance between lines is equivalent to 0.127 mm (0.005 in.) on the specimen surface when viewed at 100 \times . This distance shall be referred to as one unit. The pattern may be drawn on (or taped to) a viewing screen, in which case the physical distance between lines would be 12.7 mm (0.5 in.) since the specimen is magnified 100 times. An alternate technique would be to have a reticule made that will superimpose the required pattern directly onto the image as seen through the eyepieces of the microscope. Fig. 7 shows a recommended measurement grid for use with Method B. Note that the parallel lines are contained in a mask to aid in the indexing of fields.

13.2.2 To begin, outline the required test area on the specimen surface using either an indelible marker or a carbide-tipped scribe. Place the specimen on the microscope and start the examination with a field in one of the corners of the marked test area. Measure and record all inclusions in this field that are one unit long or longer. Inclusions separated by a distance greater than one unit shall be classified as two inclusions and not be considered as one stringer. The length of an inclusion shall be rounded down to the next whole unit and only whole units will be recorded. For example, if an inclusion measures 2½ units, it shall be recorded as a "2." If an inclusion lies partially outside of the field, that is, part of its length lies in what will become Field Number 2, move the field slightly in order that its entire length may be measured.

13.2.3 Move the microscope stage to view an adjacent field. Repeat the measurement procedure. Take care that any inclusion measured in the previous field is not remeasured. Continue this process until the required polished surface area of the specimen has been scanned. A typical scan configuration is shown in Fig. 6.

13.3 Expression of Results:

13.3.1 The determination for each specimen shall be divided into two parts, as follows:

13.3.1.1 The length of the longest inclusion shall be

recorded first. It shall be supplemented to describe the inclusion width by a superscript T for thin or H for heavy. A thin inclusion is defined as being 10 μ m (0.0004 in.) or less in width over more than 50 % of its entire length. Likewise, a heavy inclusion must have a thickness of 30 μ m (0.012 in.) or more over the majority of its length. Inclusions greater than 10 μ m but less than 30 μ m wide shall not be represented by a T or H superscript. Superscripts *d* (disconnected), *vd* (very disconnected), and *g* (grouped) may also be used to describe the degree of connectivity or clustering as illustrated in Fig. 8.

13.3.1.2 The average length of all inclusions one unit and longer in length, but excluding the longest inclusion, shall be reported as a single number, followed by a superscript denoting the number of inclusions averaged.

13.3.2 When required, a series of comparison photomicrographs at 100 \times , which illustrates all other nonmetallic particles present, may be used to characterize the background appearance of the specimen. If used, these shall be labeled A, B, ... etc., in order of increasing inclusion population. The specific photomicrographs used shall be mutually agreed upon between the interested parties.¹²

13.3.3 The following is an expression of results for a single specimen by this method: 6^d-2³-A. This indicates that the longest inclusion observed was six units long, that three other inclusions were observed whose average length was two units, and that the background inclusions were similar in appearance to the A figure from a background photomicrographic series.

13.3.4 The results for all specimens from a lot shall be tabulated. If required, the predominant type of inclusions (sulfides, silicates, or oxides) shall be recorded.

14. Method C (Oxides & Silicates)¹³

14.1 Introduction—This method requires a survey of a 160 mm² polished surface area of the specimen at 100 \times . Each field on the specimen shall be examined for the presence of non-deformable alumina oxide and deformable silicate stringers and rated by comparison to Plate II. The longest stringer of each inclusion type ("O" for alumina oxides and "S" for silicates) shall be reported, per the designations of Plate II, for every specimen examined. Note that sulfides are not rated by this method.

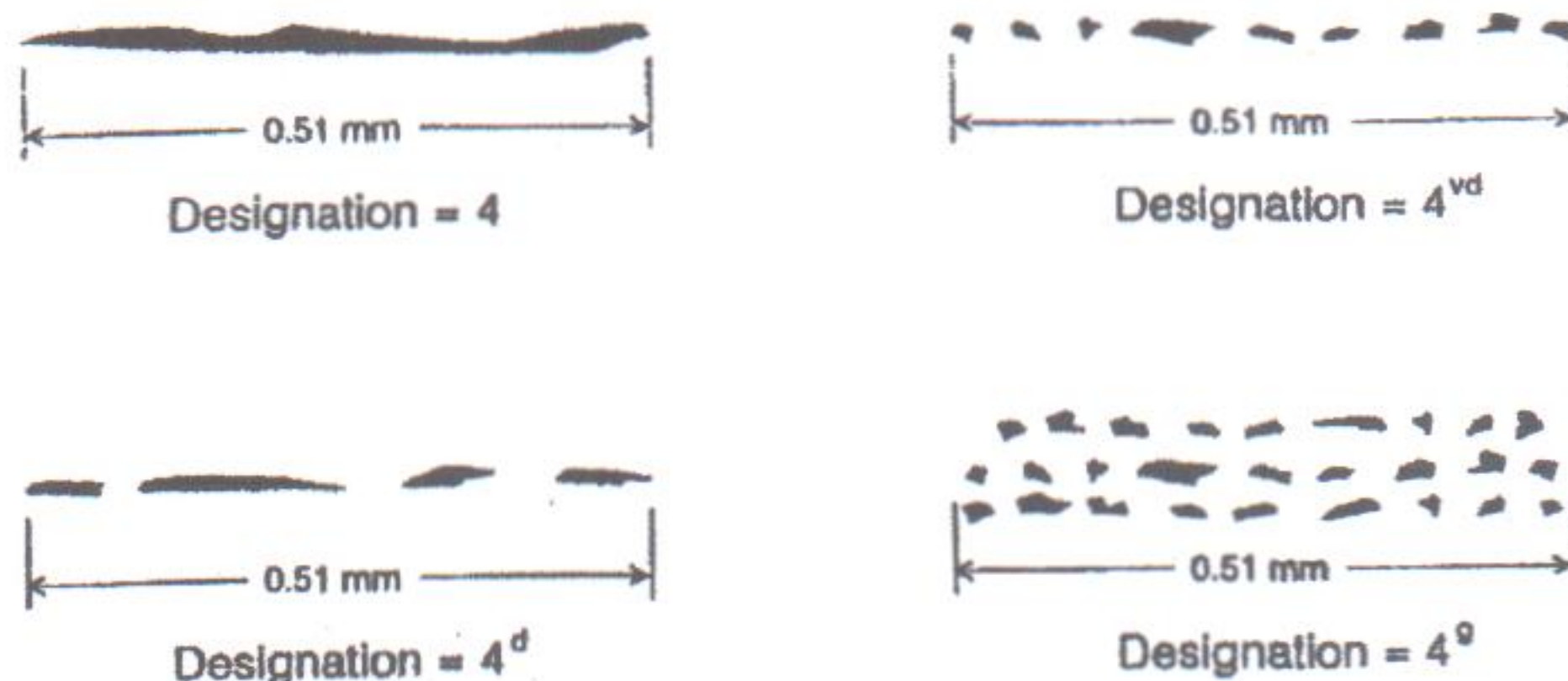
14.2 Procedure:

14.2.1 This method utilizes a rectangular mask that will present a field area of 0.83 mm² (0.001289 in.²) on the specimen surface. The rectangular mask shall have sides equal to 0.79 \times 1.05 mm (0.03125 \times 0.04125 in.) on the specimen surface (see Fig. 9).

14.2.2 Either of two techniques may be used to mask off a field of the required size. One method is to project the 100 \times image from the microscope to a viewing screen equipped with a rectangular mask having sides 79.0 \times 105.0 mm. Another option is to have a reticule made for the microscope which will superimpose the required rectangular mask directly onto the field of view.

¹² A series of four photomicrographs of low carbon steel, previously printed as part of Practice E 45, may be obtained from ASTM Headquarters. Order PCN 12-500454-01.

¹³ This method is similar to SAE Recommended Practice J422.



NOTE 1—d = disconnected, vd = very disconnected, and g = grouped.
NOTE 2—0.51 mm = 0.02 in.

FIG. 8 Designation of Length and Weight of Inclusions (4 Units Long)

14.2.3 To begin, outline the required test area on the specimen surface using either an indelible marker or a carbide-tipped scribe. Place the specimen on the microscope and start the examination with a field in one of the corners of the marked test area. The longer side of the rectangular mask shall be parallel to the rolling direction. Compare this field with the images on Plate II and record the number of the frame that most resembles the oxide or silicate stringers, or both, present. It is important to note that if an inclusion's size falls between two of the numbered frames on Plate II, it shall be rounded down to the lower whole number. Also, stringered inclusions shall be classified as two distinct inclusions when they are separated by at least 40 μm (0.0016 in.) on the specimen surface or offset by more than 15 μm .

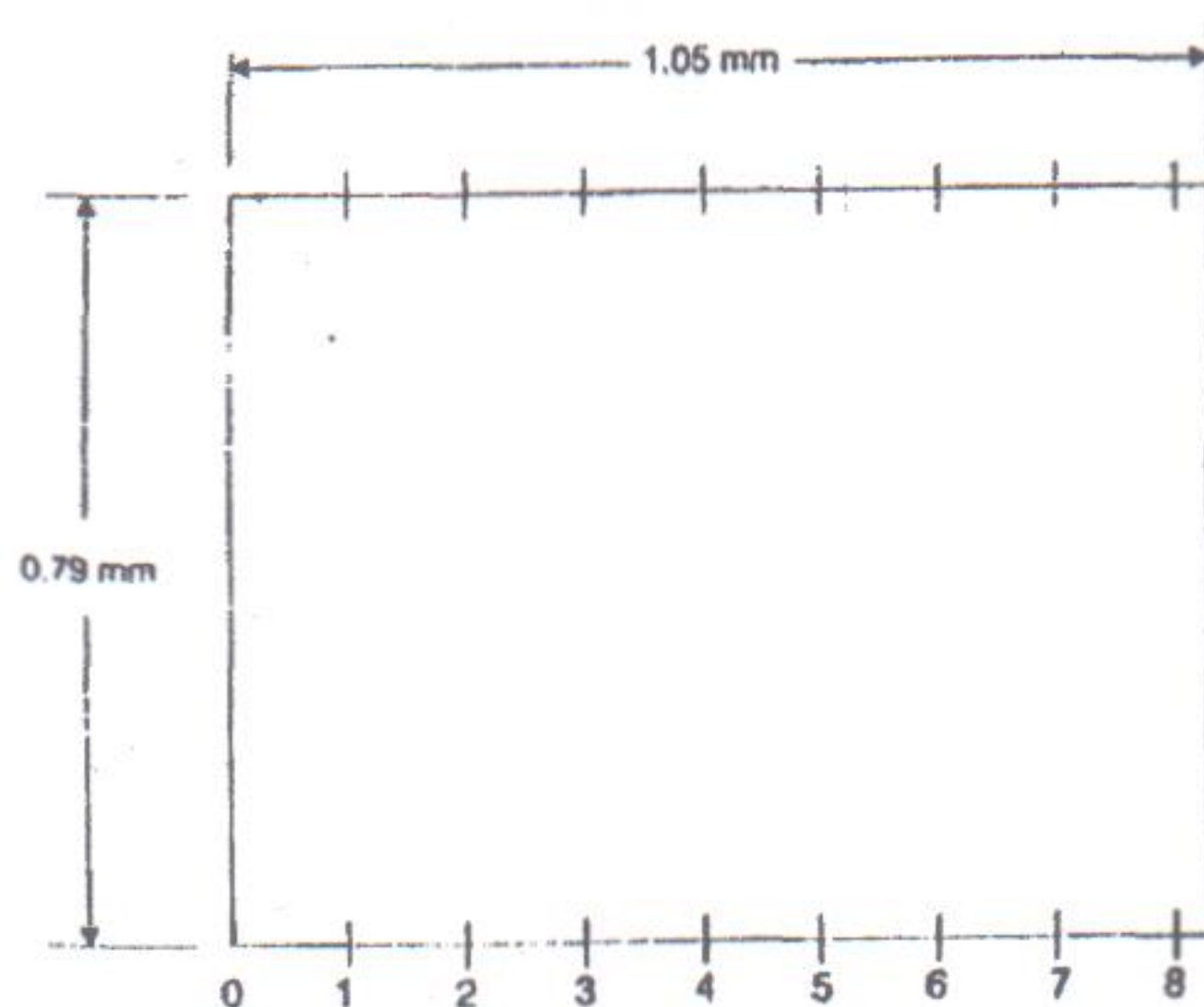
14.2.4 Move the microscope stage to reveal an adjacent field and repeat the comparison procedure with Plate II. Continue this process until the required polished surface area of the specimen has been scanned. A typical scan configura-

tion is shown in Fig. 6. It is permissible, and will be necessary at times, to adjust the microscope stage such that the entire stringer may be viewed within the mask. The rater's objective is to find the longest oxide and silicate stringers in the specimen. Therefore, in practice, the rater is actually scanning the specimen and stopping only when a potential longest stringer is in view.

14.3 Expression of Results:

14.3.1 The maximum length of each type of inclusion, usually a series of individual particles in a stringer, is generally used to evaluate a specimen. The silicate photomicrographs are used for deformable-oxide inclusions, and the oxide photomicrographs for all non-deformable oxide, or hard-type, inclusions. For example, a specimen may be classified O-5 (oxide) and S-4 (silicate) to indicate that the longest non-deformable oxide inclusion seen was comparable to Oxide Photomicrograph 5, and the longest deformable-oxide inclusion seen was comparable to Silicate Photomicrograph 4.

14.3.2 Modifications, such as suffix numerals, may be used to indicate the number of long inclusions noted or the exact length of a particular inclusion when it is over the maximum length indicated by the photomicrographs.



NOTE—One unit equals 0.127 mm (0.005 in.) on the specimen surface. Dimensions equal actual distance on the specimen surface and will yield a field area of 0.83 mm².

FIG. 9 Suggested Reticule or Overlay Grid for Method C

15. Method D (Low Inclusion Content)

15.1 *Introduction*—This test method is intended for application to steels with low inclusion contents as the severity levels shall be reported in 1/2 increments. It requires a survey of a 160 mm² polished surface area of the specimen at 100 \times . Every square 0.50 mm² (0.000779 in.²) field on the polished surface is examined for inclusion Types A, B, C, and D and compared with the square fields depicted on Plate I-r. The result of this *every field* comparison is recorded and tallied.

15.2 Procedure:

15.2.1 A field shall be defined as a square with 0.71 mm (0.02791 in.) long sides. See Fig. 5. This will result in a field area of 0.50 mm² on the specimen. Either of two techniques may be employed to achieve the square field. One method is to project the 100 \times microscope image onto a viewing screen that has a square mask (with 71.0 mm sides) drawn on it. Another option is to have a reticle made for the microscope, which will superimpose the required square mask directly

onto the field of view (see Fig. 5).

15.2.2 To begin, outline the required test area on the specimen surface using either an indelible marker or a carbide-tipped scribe. Place the specimen on the microscope and start the examination with a field in one of the corners of the specimen. Compare this field with the images on Plate I-r. Record the Severity Level Number for each inclusion type (A, B, C, and D) that most resembles the field under observation. Do this for both the Thin and Heavy series. It is important to note that if a field of inclusions falls between two severity levels it is rounded down to the nearest severity level. Therefore, a field that contains fewer inclusions, or less inclusion length, than severity level $\frac{1}{2}$ is recorded as a 0.

15.2.3 Move the microscope stage to reveal an adjacent field and repeat the comparison procedure with Plate I-r. The fields shall be contiguous and only inclusions or portions of inclusions that fall within the square mask shall be considered. It is not acceptable practice to move an inclusion into the square field simply to prevent its intersection with the sides of the mask. Continue this process until the required polished surface area of the specimen has been rated. A typical scan configuration is shown in Fig. 6.

15.2.4 The typical chemical types of inclusions listed at the top of Plate I-r for Categories A, B, C, and D are for convenience only and do not mandate knowledge of the inclusion composition. In this method, inclusions are assigned to a category based on similarities in morphology and not on their chemical identity. Type A (sulfide) and Type C (silicate) inclusions are very similar in size and shape. Therefore, discrimination between these types should be aided by metallographic techniques, such as viewing the questionable inclusions with darkfield illumination (or crossed polarizers) where properly polished sulfide inclusions are dark and silicate inclusions appear luminescent. A second technique is to note the hue of the inclusions: sulfides are generally light gray, and silicates are very dark or sometimes glassy in appearance. This test method may be used to rate non-traditional types of inclusions based on their size and shape; for example, sulfides that have been subjected to shape control treatments or encapsulated oxides. In addition, borides, carbides, nitrides, or the like may also be rated. It is required, however, that the results clearly reflect that other than the traditional types of non-metallic inclusions, as depicted on Plate I-r, have been rated.

15.2.5 In contrast with Method A, this is an *every field* rating method. The arbitrary field boundaries created by stepwise movement through the sample should not be altered or adjusted. Record the severity level shown on the side of Plate I-r selected for each inclusion type (A, B, C, or D) that appears most like the field under observation for both the thin and heavy series. Report each field containing inclusions equivalent to or greater than the 0.5 severity level. See Table 1 for values of Severity Level Numbers >3.0 .

15.2.6 Type A, B, or C inclusions that are wider than those depicted in the heavy series of Plate I-r (or listed in Table 2) shall be noted and recorded separately. However, their lengths still contribute to the overall severity rating for the field in which they occur. Likewise, note that the size of the D Heavy inclusions shown in Plate I-r is maintained at 0.013 mm (0.0005 in.). Record separately, with their actual measured sizes any globular oxides larger than the size

illustrated in the heavy series depicted in Plate I-r. These oversized inclusions must also be considered when determining the Type D Heavy Severity Level Number for the field in which they occur. For reference, illustrations of large, globular oxides appear at the bottom of the Type D column in Plate I-r. A Type D globular oxide may not exceed an aspect ratio of 5:1.

15.2.7 The minimum inclusion lengths (or numbers for Type D only) that determine the inclusion rating numbers are printed on Plate I-r and listed in Table 1.

15.2.8 Classify broken stringered inclusions of Type B or C as two distinct inclusions when they are separated by at least 40 μm (0.0016 in.) or offset by more than 15 μm on the specimen surface.

15.2.9 Inclusion width parameters for classification into the Thin or Heavy categories are listed in Table 2. An inclusion whose width varies from Thin to Heavy along its length shall be placed in the category that best represents its whole. That is, if most of it falls into the *Heavy* range classify it as Heavy.

15.2.10 If two or more stringered inclusions of the same type (A, B, or C) appear in one microscope field, their summed length determines the inclusion rating number. Direct comparison with Plate I-r might establish the inclusion rating number without the necessity for measurements.

15.2.11 Table 3 shows the inclusion width ranges utilized in Plate I-r. The minimum resolvable width for the thin inclusions rated at 100 \times is 2 μm .

15.3 Expression of Results:

15.3.1 The number of fields of each inclusion type (A, B, C, and D of Plate I-r) found for both the thin and heavy series shall be recorded for each specimen in terms of the Severity Level Numbers 0.5 to 3.0.

15.3.2 If any field or inclusion is found that exceeds the limits of severity level 3.0 (displayed on Plate I-r and listed in Table 1), it shall be recorded separately. Likewise if the widths or diameters are greater than the limiting values shown on Plate I-r (and Table 2), these inclusions shall also be recorded separately.

15.3.3 To average the results of more than one specimen, the average of the number of fields found for each inclusion rating number and type in the various specimens examined within a lot may be calculated as illustrated in Table 4.

15.3.4 If desired, the predominant chemical type of inclusions may be determined (using, for example, energy dispersive x-ray spectroscopy on a scanning electron microscope).

16. Method E (SAM Rating)

16.1 *Introduction*—This test method is used to rate the inclusion content of steels in a manner that reflects the severity and frequency of occurrence of the larger B- and D-Type inclusions. It will result in a survey of a 160 mm² polished surface of the specimen at 100 \times .

16.2 Procedure:

16.2.1 A field shall be defined as a square with 0.71 mm (0.02791 in.) long sides. See Fig. 5. This will result in a field area of 0.50 mm² on the specimen. Either of two techniques may be employed to achieve the square field. One method is to project the 100 \times microscope image onto a viewing screen that has a square mask (with 71.0 mm sides) drawn on it. Another option is to have a reticle made for the microscope



TABLE 4 Example of Inclusion Rating (Method D)

Severity Level Number		Number of Fields in Each Specimen Specimen Number						Average of Six Specimens	
		1	2	3	4	5	6	Thin	Heavy
Type A									
0.5	Thin	85	80	50	65	37	56	55.5	
	Heavy	9	8	12	8	16	8		9.8
1.0	Thin	19	15	31	8	12	10	15.8	
	Heavy	4	3	4	1	2	1		2.5
1.5	Thin	1	3	2	0	1	0	1.2	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
2.0	Thin	1	0	0	0	0	0	0.2	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
2.5	Thin	0	0	0	0	0	0	0	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
Type B									
0.5	Thin	13	8	7	8	11	10	9.2	
	Heavy	0	0	0	1	1	0		0.3
1.0	Thin	13	14	10	6	12	12	11.2	
	Heavy	0	0	0	0	2	1		0.5
1.5	Thin	1	6	6	3	3	2	3.5	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
2.0	Thin	0	2	1	0	1	1	0.8	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
2.5	Thin	0	1	0	0	1	0	0.3	
	Heavy	0	1	0	0	0	0		0.2
Type C									
0.5	Thin	0	0	0	0	1	0	0.2	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
1.0	Thin	0	0	0	0	0	0	0	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
1.5	Thin	0	0	0	0	0	0	0	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
2.0	Thin	0	0	0	0	0	0	0	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
2.5	Thin	0	0	0	0	0	0	0	
	Heavy	0	0	0	0	0	1		0.2
Type D									
0.5	Thin	35	33	28	32	47	29	34.0	
	Heavy	9	4	5	6	9	9		7.0
1.0	Thin	13	10	20	9	12	41	17.5	
	Heavy	0	2	2	1	2	4		1.8
1.5	Thin	0	0	4	0	0	6	1.7	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
2.0	Thin	0	0	0	0	0	0	0	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
2.5	Thin	0	0	0	0	0	0	0	
	Heavy	0	0	0	0	0	0		0
Max D Size		0.0305 mm (0.0012 in.)		0.0254 mm (0.001 in.)		0.0254 mm (0.001 in.)			

which will superimpose the required square mask directly onto the field of view.

16.2.2 To begin, outline the required test area on the specimen surface using either an indelible marker or a carbide-tipped scribe. Place the specimen on the microscope and start the examination with a field in one of the corners of the marked test area. Compare this field with the images on Plate I-r. Rate only the B and D type inclusions using the following criteria.

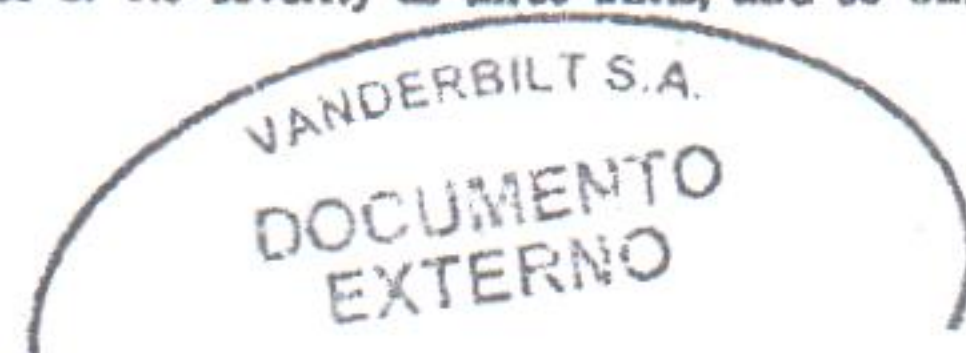
16.2.3 A rating of B-type inclusions is obtained by comparing each field of the specimen with the fields in Plate I-r (Table 1 may also be used). Record all B-Thin fields observed at severity levels of 1.5 or higher and all B-Heavy fields observed at each severity level of 1.0 or higher. See Table 2 for width and diameter parameters. Classify a field with size of inclusions intermediate between configurations in Plate I-r or Table 1 as the lower inclusion rating. An

inclusion whose width varies from Thin to Heavy along its length shall be placed in the category that best represents its whole.

16.2.4 Classify broken B-types as two distinct inclusions when they are separated by at least 40 μm (0.0016 in.) or offset by more than 15 μm on the specimen surface. If two or more B-types appear in one microscope field, their summed length determines the inclusion rating number.

16.2.5 When an A-type sulfide has formed a complex inclusion with either a B- or D-type oxide, the inclusion shall be rated as a B- or D-type provided its oxide volume is the predominant (>50 % by area) chemical type.

16.2.6 A rating of D-type inclusions is obtained by recording all D-Heavy fields with a rating of 0.5 or higher. See Table 2 for width and diameter parameters. Fields of 0.5 severity are counted as one unit; fields of 1.0 severity as two units; fields of 1.5 severity as three units; and so on. The



minimum inclusion numbers for D-type are printed on Plate I-r and listed in Table 1.

16.2.7 Move the microscope stage to reveal an adjacent field and repeat the comparison procedure with Plate I-r. This method requires adjustment of the microscope stage in order to maximize the inclusion Severity Level Number. That is, the field of view is adjusted using the microscope stage controls such that inclusions are moved inside the square mask in order to determine the maximum severity of rateable B- and D-Types. Continue this process, being careful not to rate any inclusion more than once, until the required polished surface area of the specimen has been rated. A typical scan configuration is shown in Fig. 6.

16.2.8 If any inclusions are present that are longer than the fields shown in Plate I-r, their lengths shall be recorded separately. If their widths or diameters are greater than the limiting values shown in Plate I-r and Table 2, they shall be recorded separately. Note that an oversize B or D inclusion still contributes to the determination of a field's Severity Level Number. Therefore, if a B inclusion is oversized either in length or thickness, that portion that is within the field boundaries shall be included in the appropriate Thin or Heavy severity level measurement. Likewise, if an oversize D inclusion is encountered in a field, it also is included in the count that determines the D heavy rating.

16.3 Expression of Results:

16.3.1 Results are expressed in terms of two rating numbers reflecting B-type and D-heavy type inclusion contents.

16.3.2 The number of B-type fields recorded at each severity level times the severity level is summed (see Table 5) and normalized by dividing by the total rated area, in square inches, of all samples. The nearest whole number is recorded as the rating.

16.3.3 The number of D units is summed (see Table 5) and normalized by dividing by the total rated area, in square

TABLE 5 SAM Rating (Method E)

No. of Observed Fields	B-Type rating ^{a,b}		D-Type Rating ^{a,c}		Units
	"B" Thin	No. of Observed Fields	"B" Heavy	No. of Observed Fields	
not recorded	0.5	not recorded	0.5	5	(1)
not recorded	1.0	2	1.0	2	(2)
3	1.5	1	1.5	1	(3)
1	2.0	0	2.0	0	(4)
0	2.5	0	2.5	0	(5)

^a Total area observed = 1.5 in.²

^b SAM rating = $(3 \times 1.5) + (1 \times 2) + (2 \times 1) + (1 \times 1.5) = 10 + 1.5 = 7$.

^c SAM rating = $(5 \times 1) + (2 \times 2) + (1 \times 3) = 12 + 1.5 = 8$.

inches, of all samples. The nearest whole number is recorded as the rating.

16.3.4 All oversized B- and D-Type inclusions are reported along with their actual lengths or widths, or both.

17. Test Report

17.1 Pertinent information regarding the origin and identity of the test specimen should be reported along with the data requirements covered in the "Expression of Results" section of each test method.

17.2 Report, also, the following information:

17.2.1 Date of test,

17.2.2 Rater's name,

17.2.3 Plant location,

17.2.4 Heat number; and

17.2.5 Specimen identification code and any other unique data (such as a lot number) that can provide traceability within the seller's organization.

18. Keywords

18.1 alumina; fracture test; inclusion rating; JK inclusion rating; macroetch test; magnetic-particle method; oxide; SAM rating; silicate; step-down method; stringer; sulfide

The American Society for Testing and Materials takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428.



Chart for Determining the Inclusion Content of Steel

For comparison with field area on specimen of $0.000779 \text{ in}^2/0.50 \text{ mm}^2$ (circular field of $0.0315 \text{ in}/0.80 \text{ mm}$; diameter or square field with sides $0.0279 \text{ in}/0.71 \text{ mm}$ long) at magnification of 100 diameters.

A

Sulfide Type

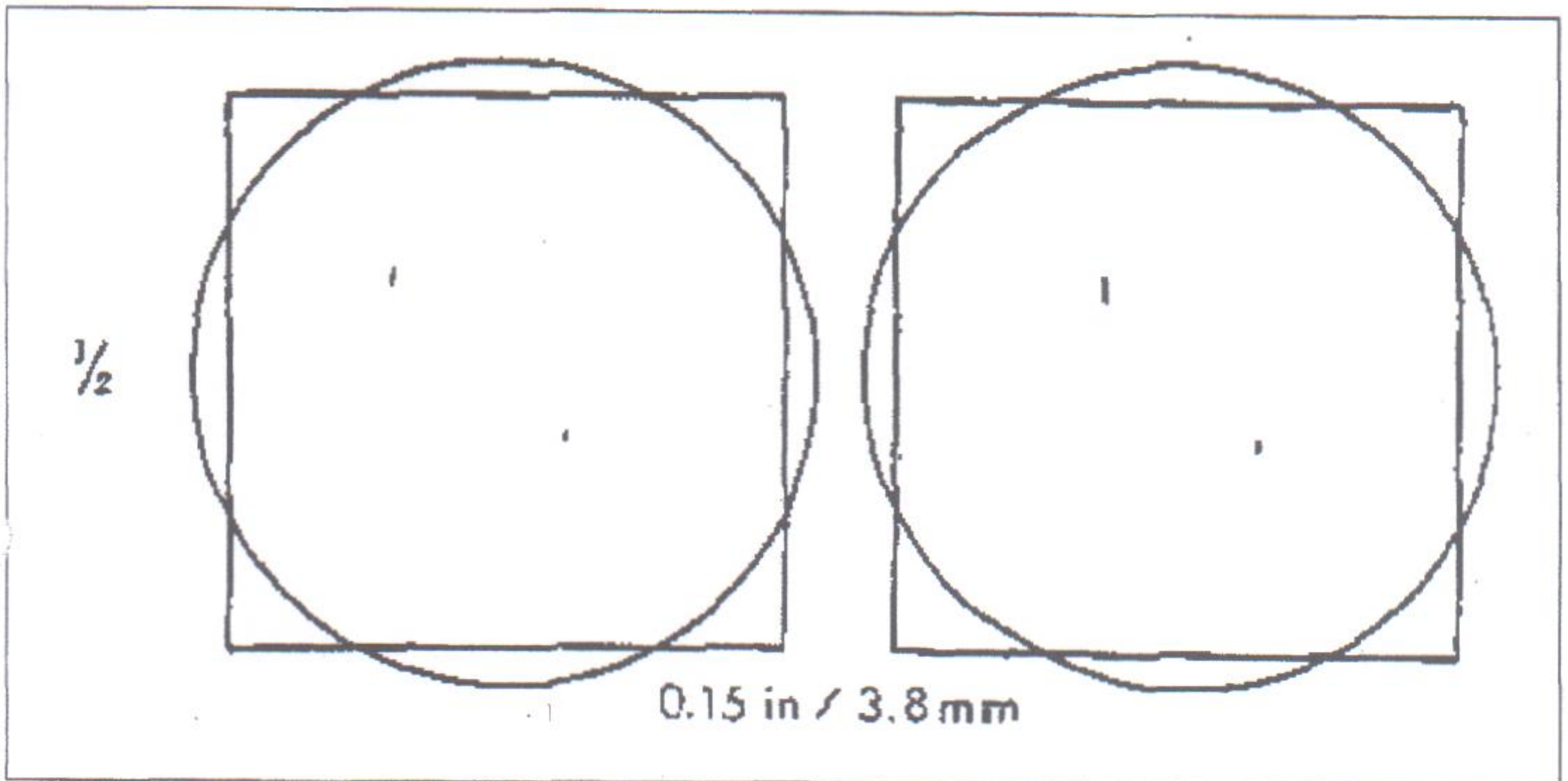
Thin Series

Thickness up to approximately
0.4 mm (0.016 in.)

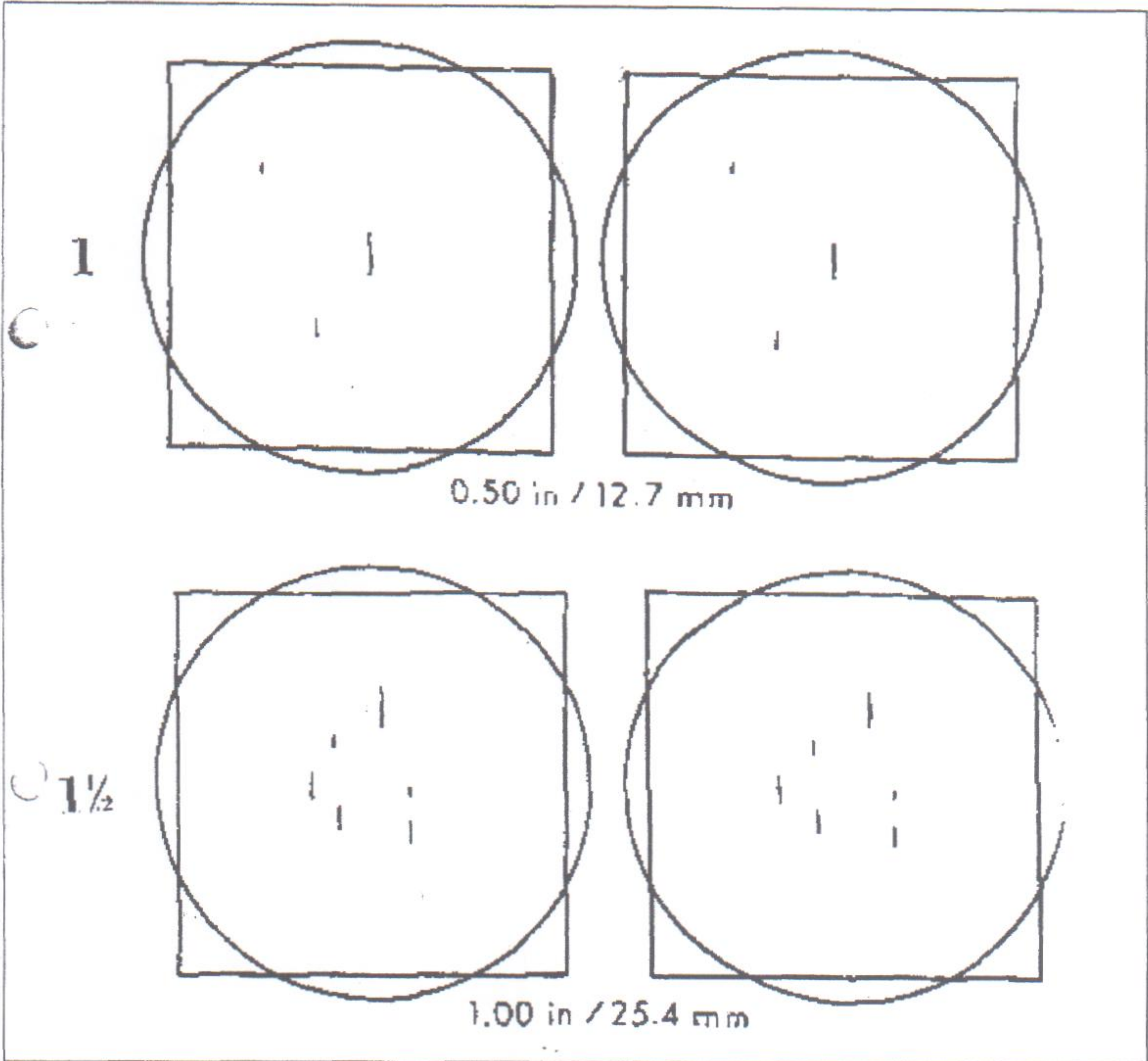
Heavy Series

Thickness approximately
0.6 mm (0.025 in.)

Total Length

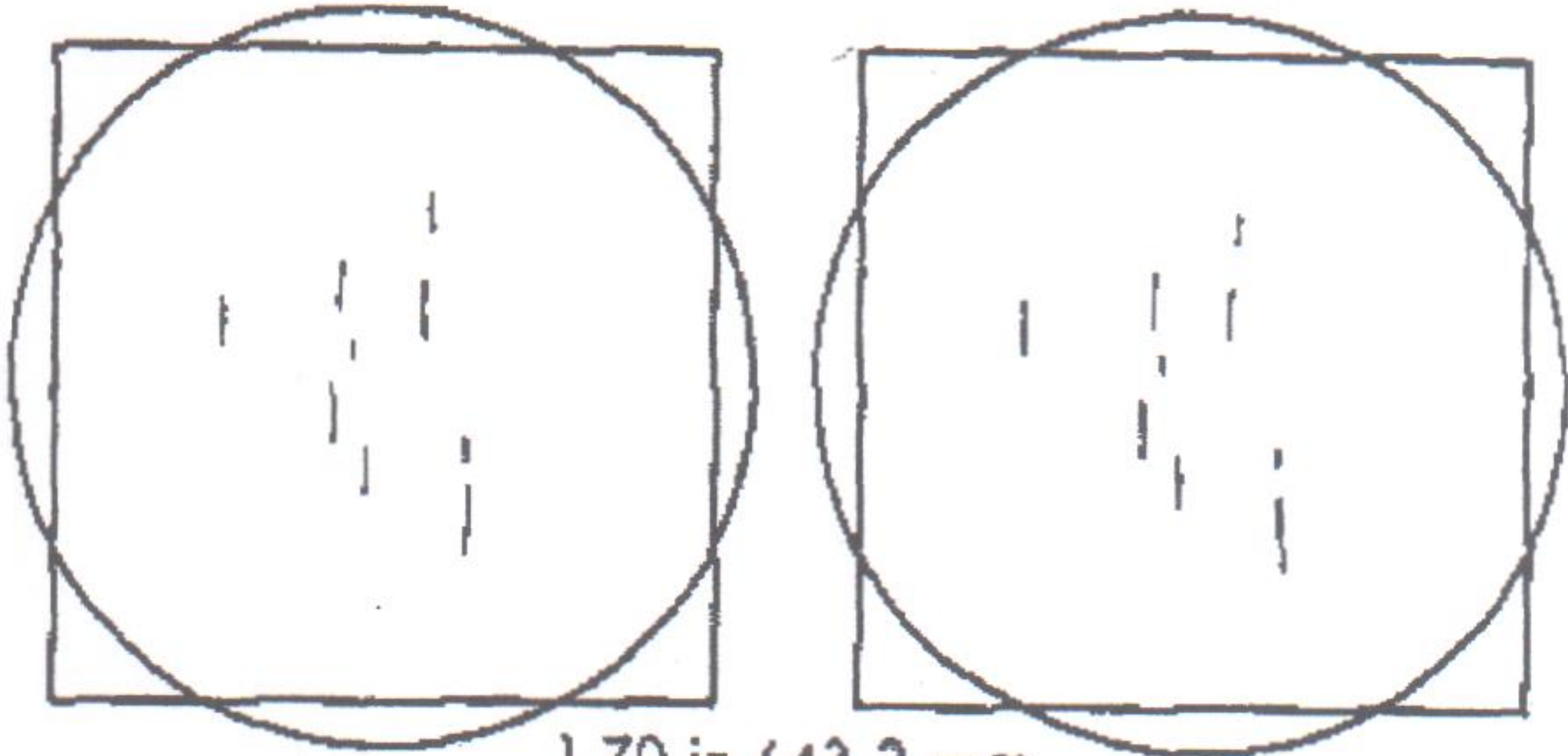


All dimensions at 100X



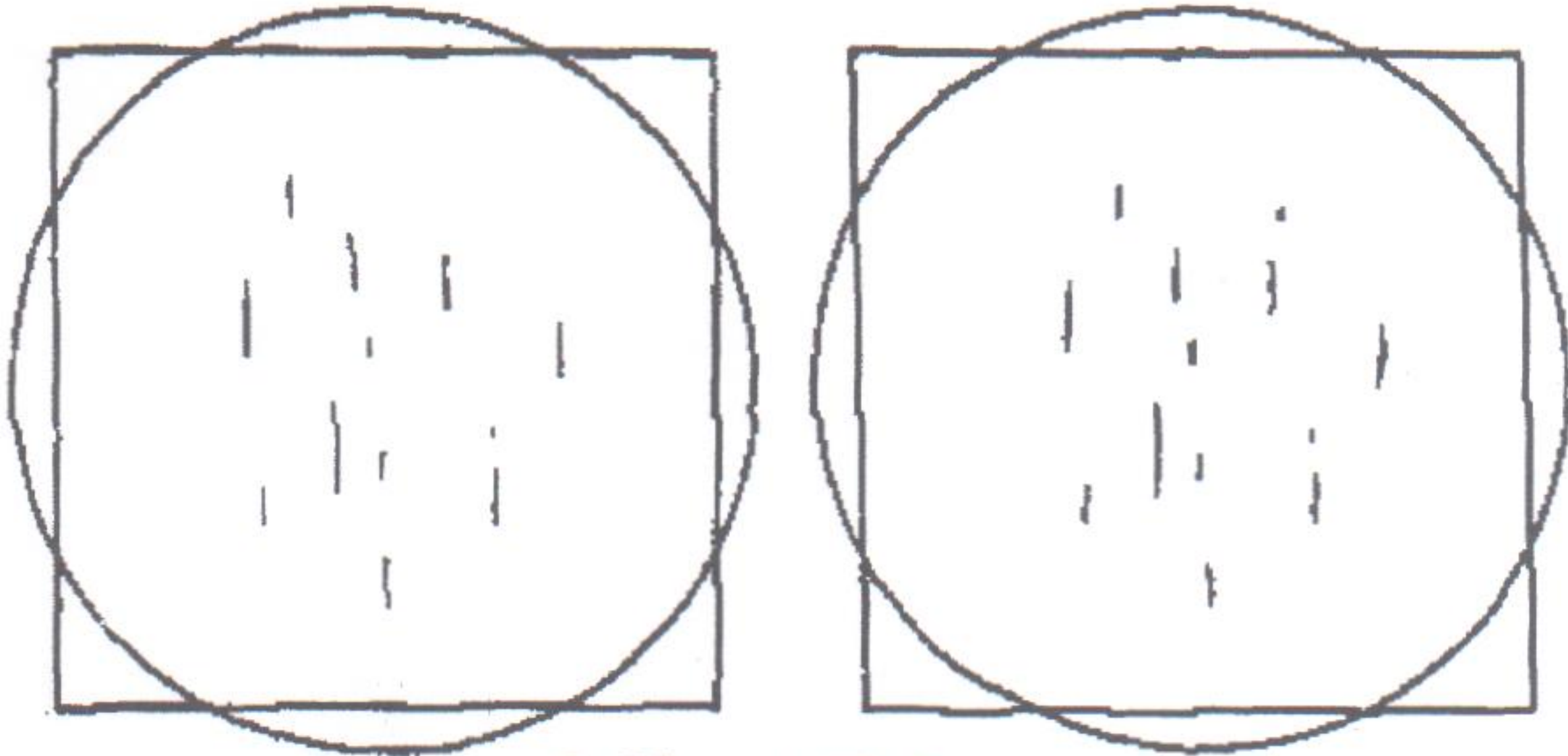
All dimensions at 100X

2



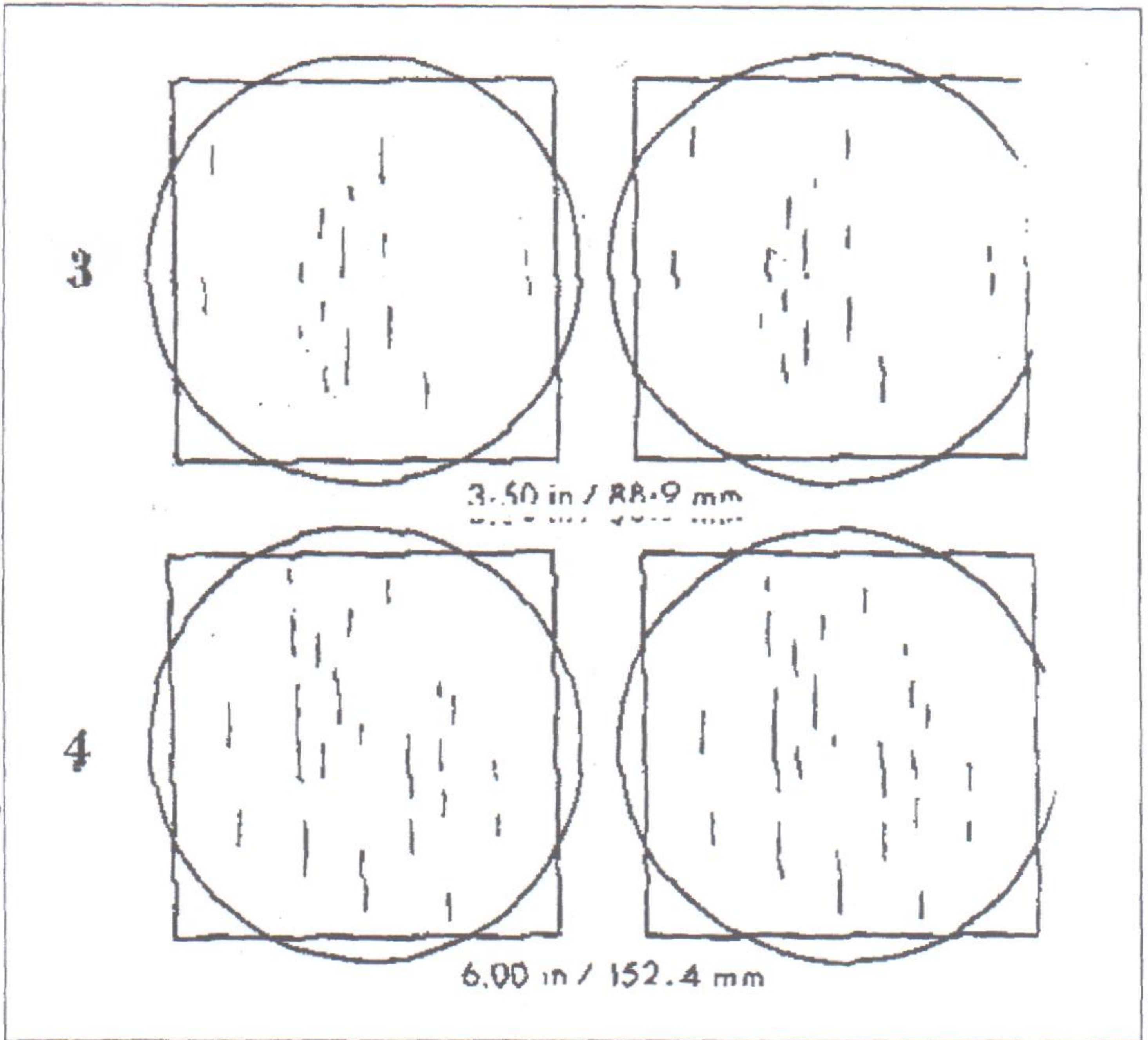
1.70 in / 43.2 mm

2½

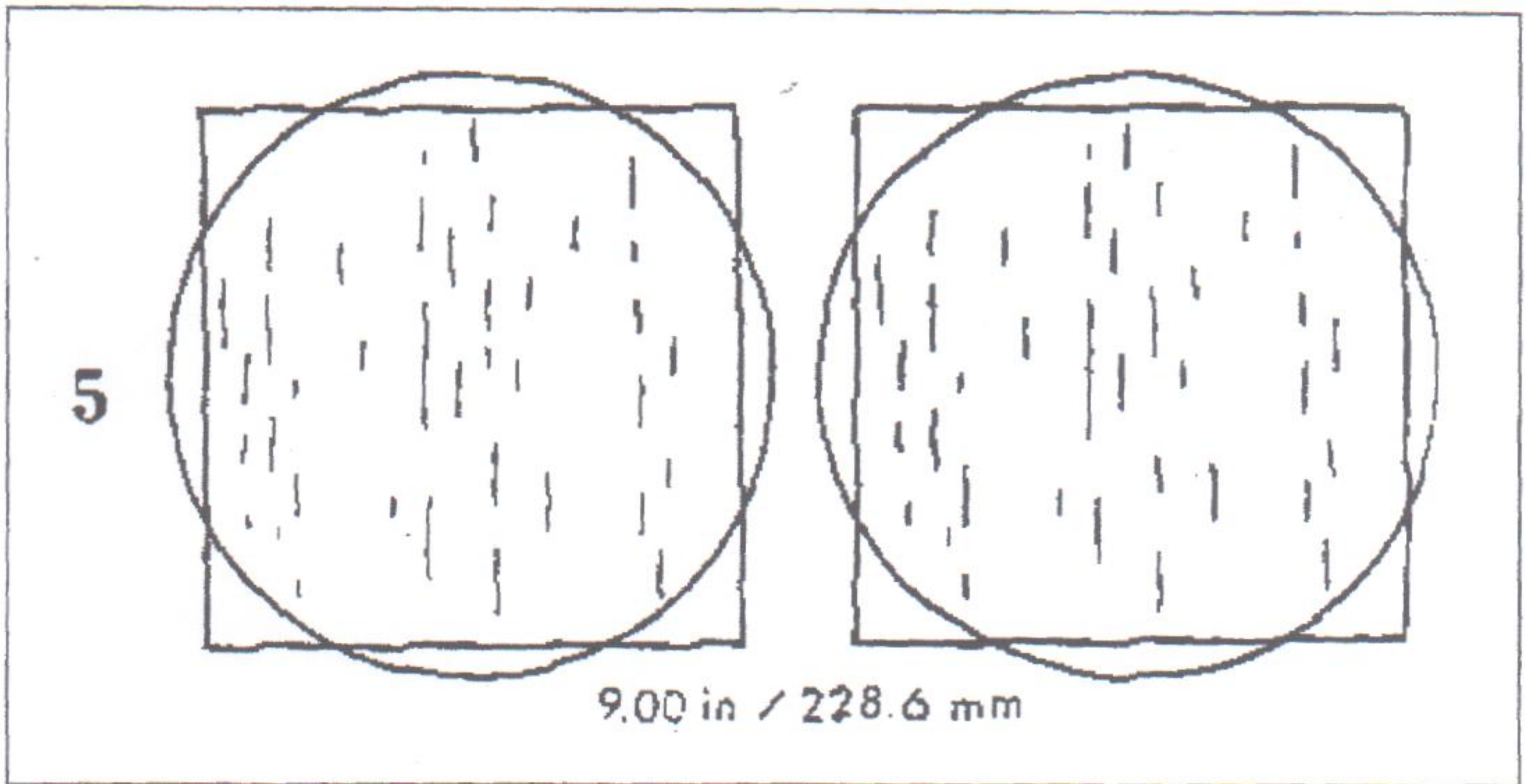


2.50 in / 63.5 mm

All dimensions at 100X



All dimensions at 100X



All dimensions at 100X

B

Alumina Type

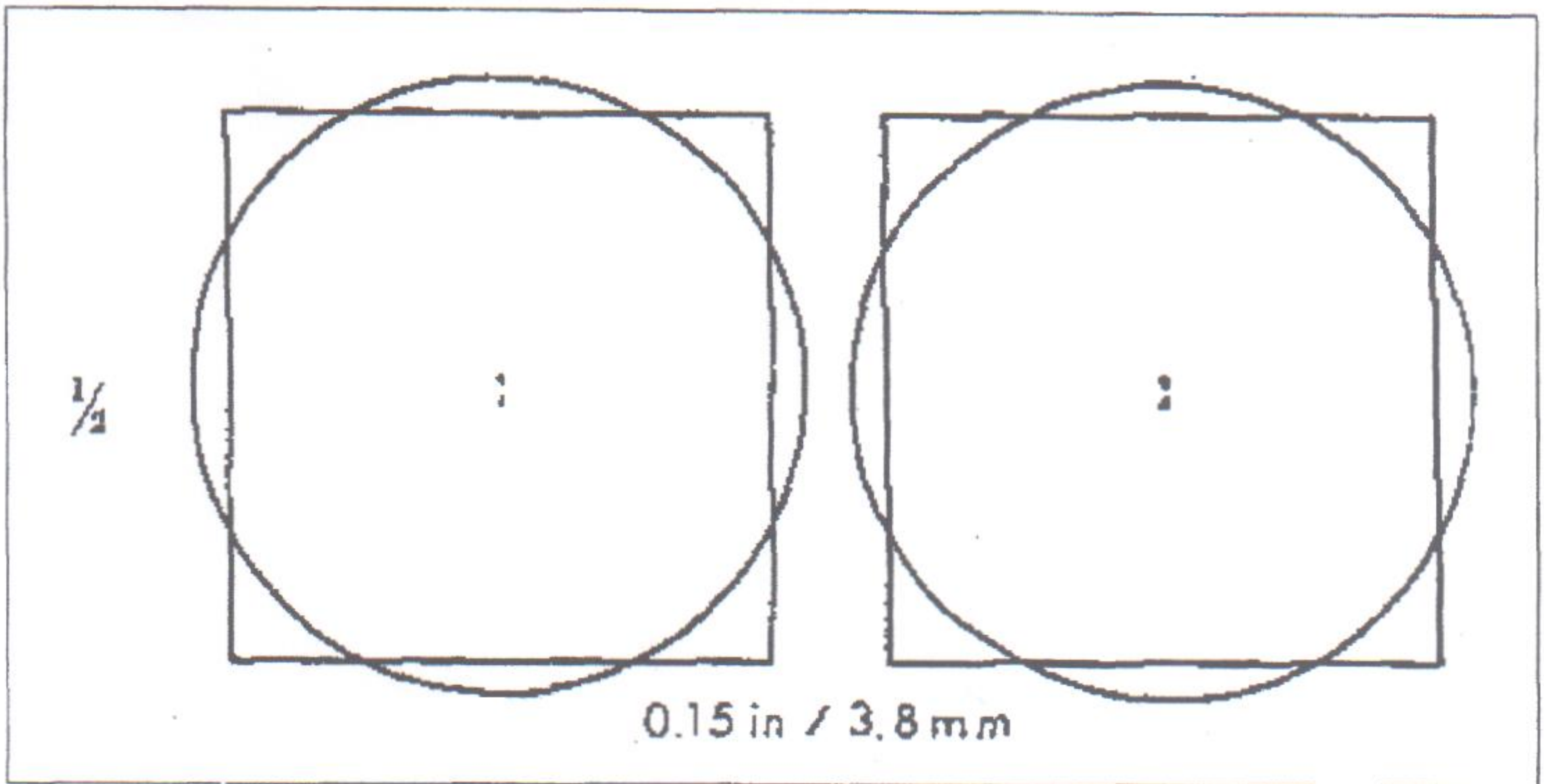
Thin Series

Thickness up to approximately
0.9 mm (0.035 in.)

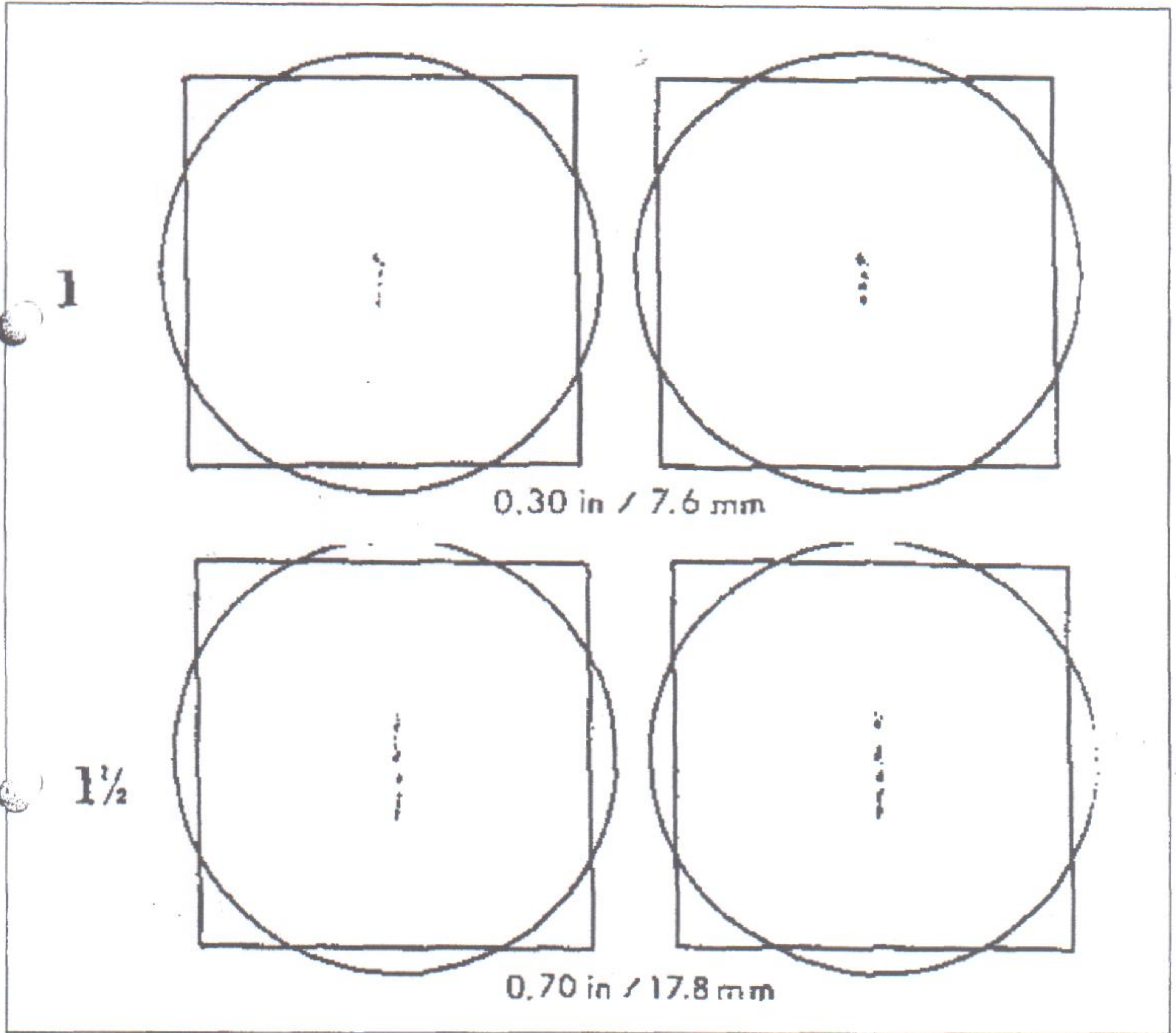
Heavy Series

Thickness approximately
1.5 mm (0.06 in.)

Total Length

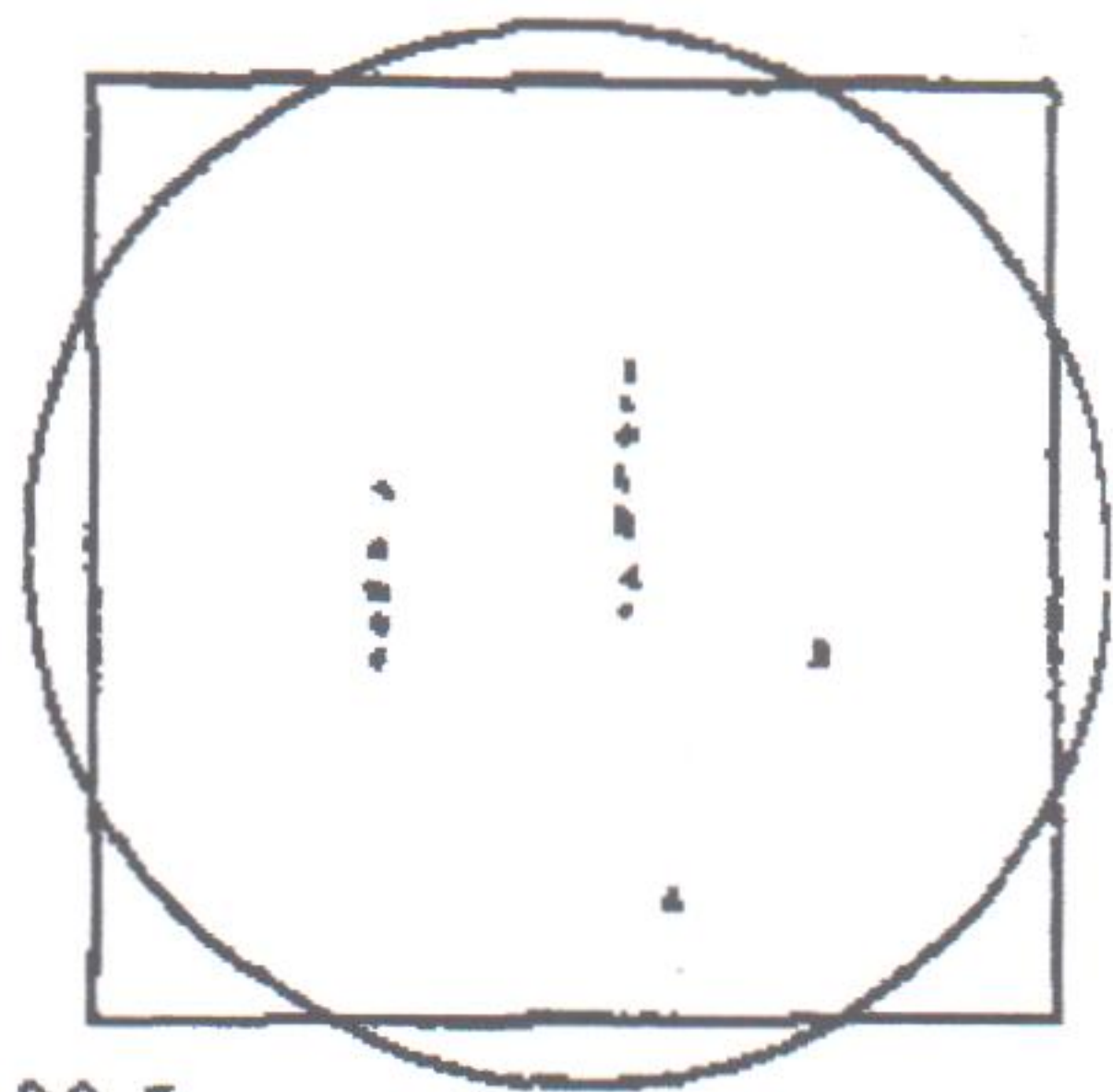
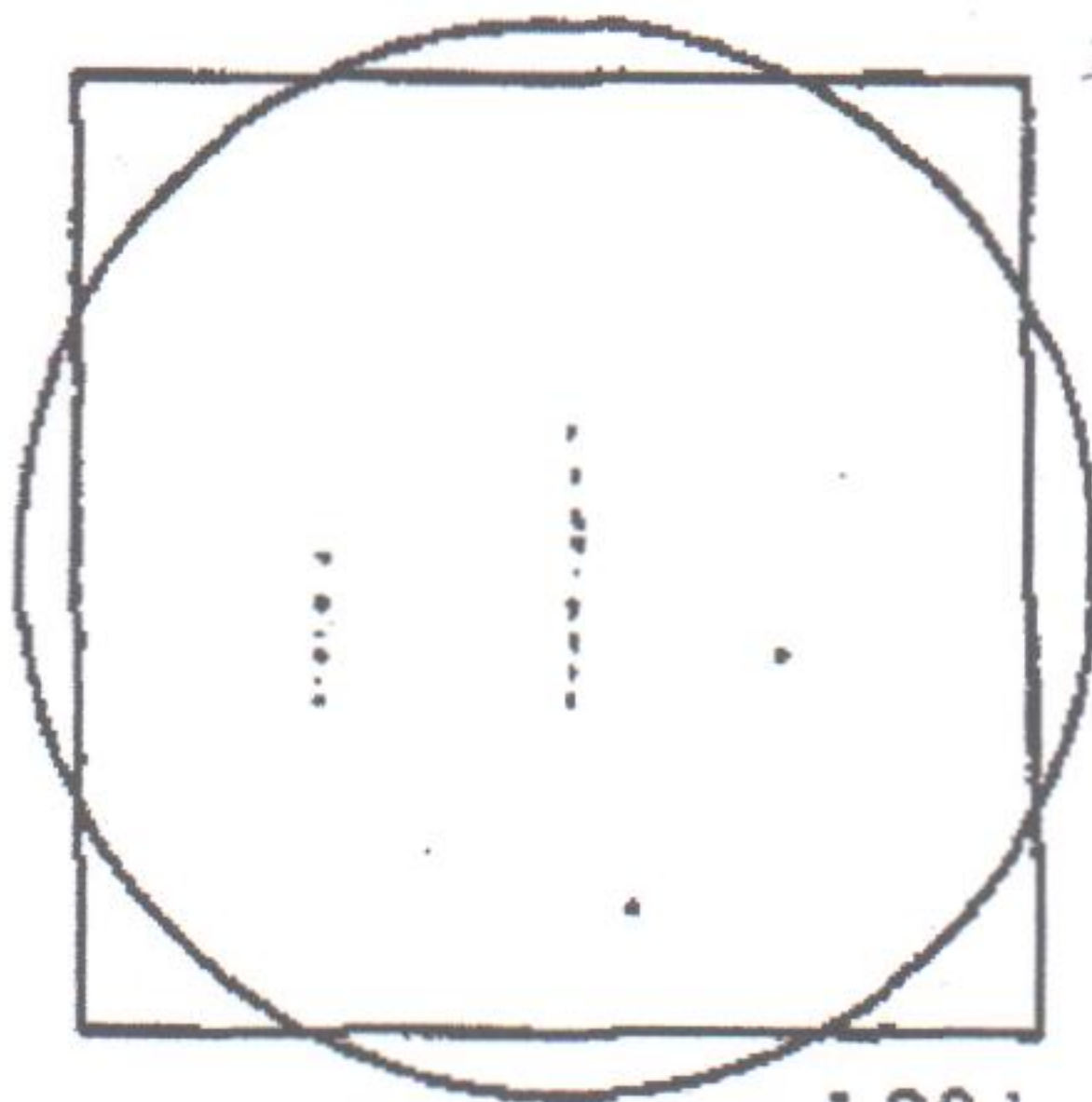


All dimensions at 100X



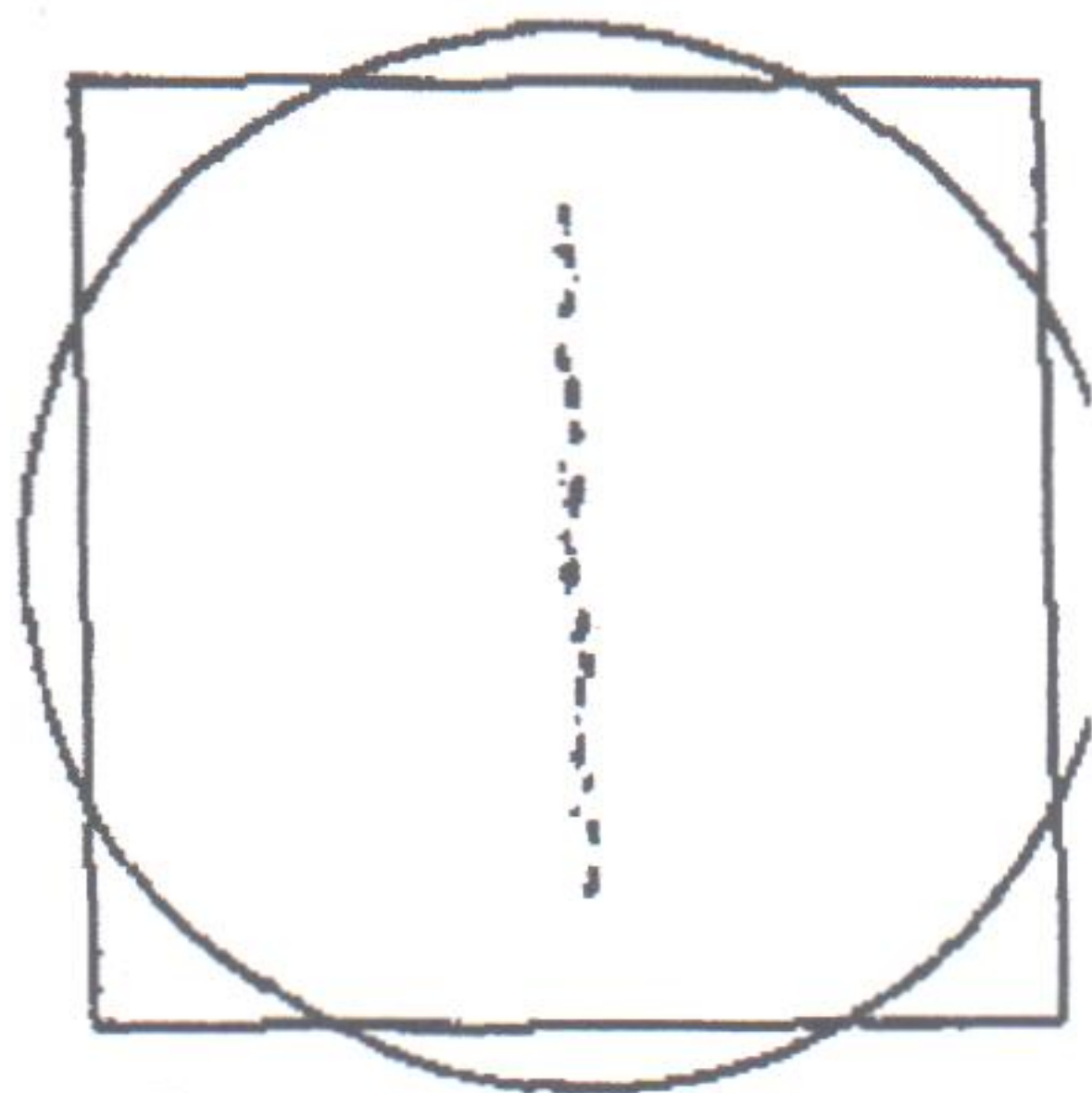
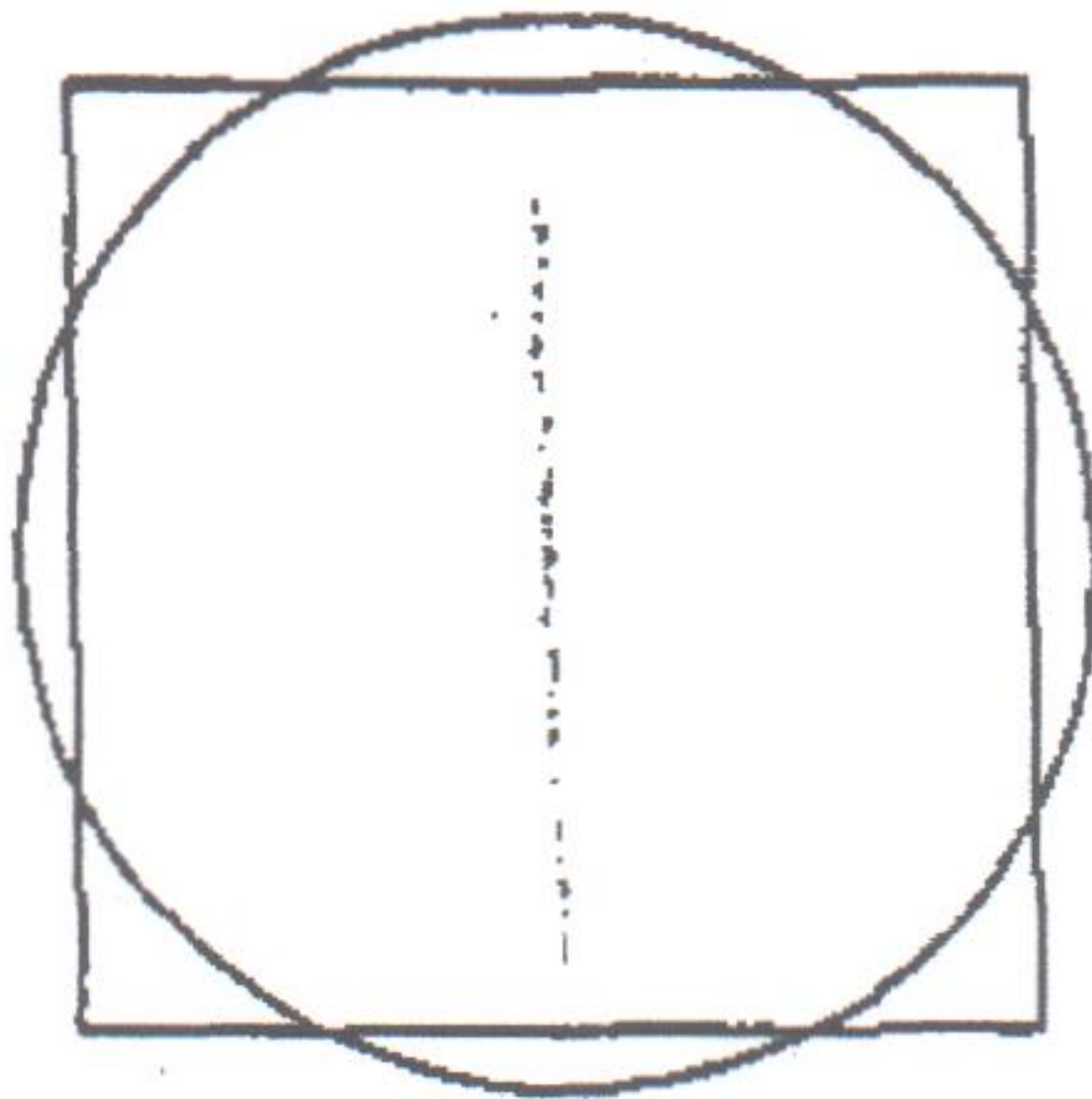
All dimensions at 100X

2



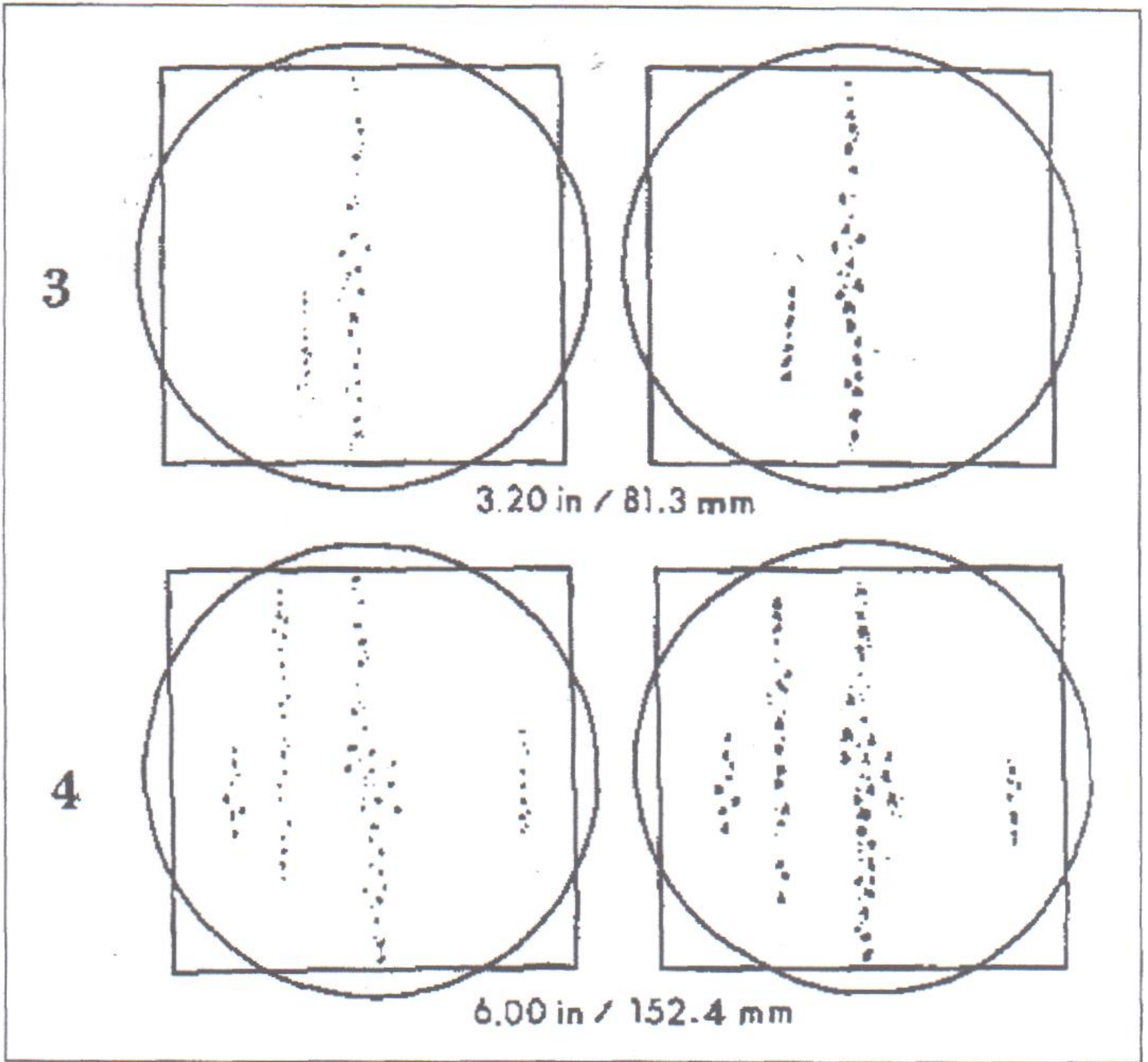
1.20 in / 30.5 mm

2 1/2

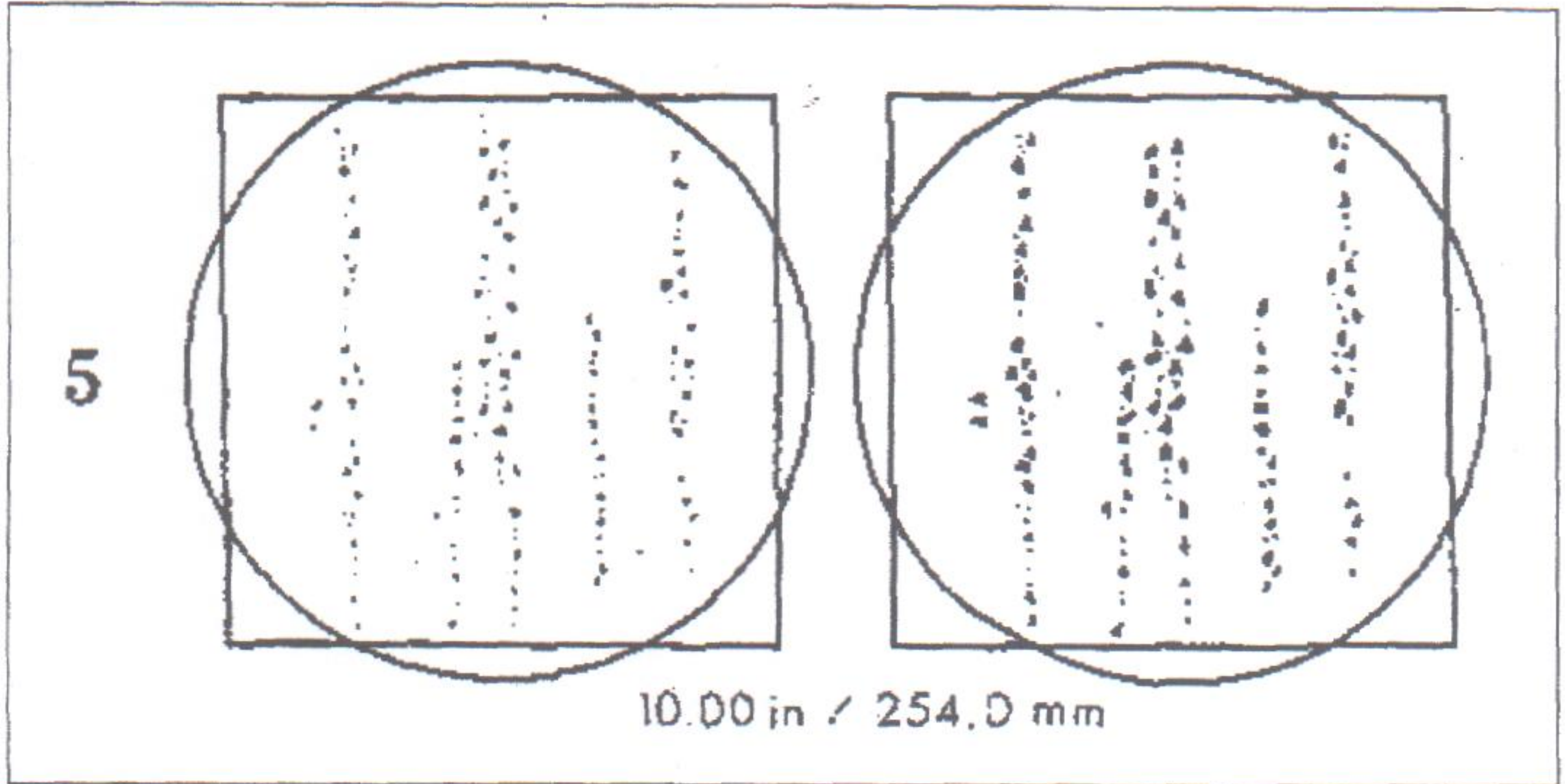


2.00 in / 50.8 mm

All dimensions at 100X



All dimensions at 100X



All dimensions at 100X

C

Silicate Type

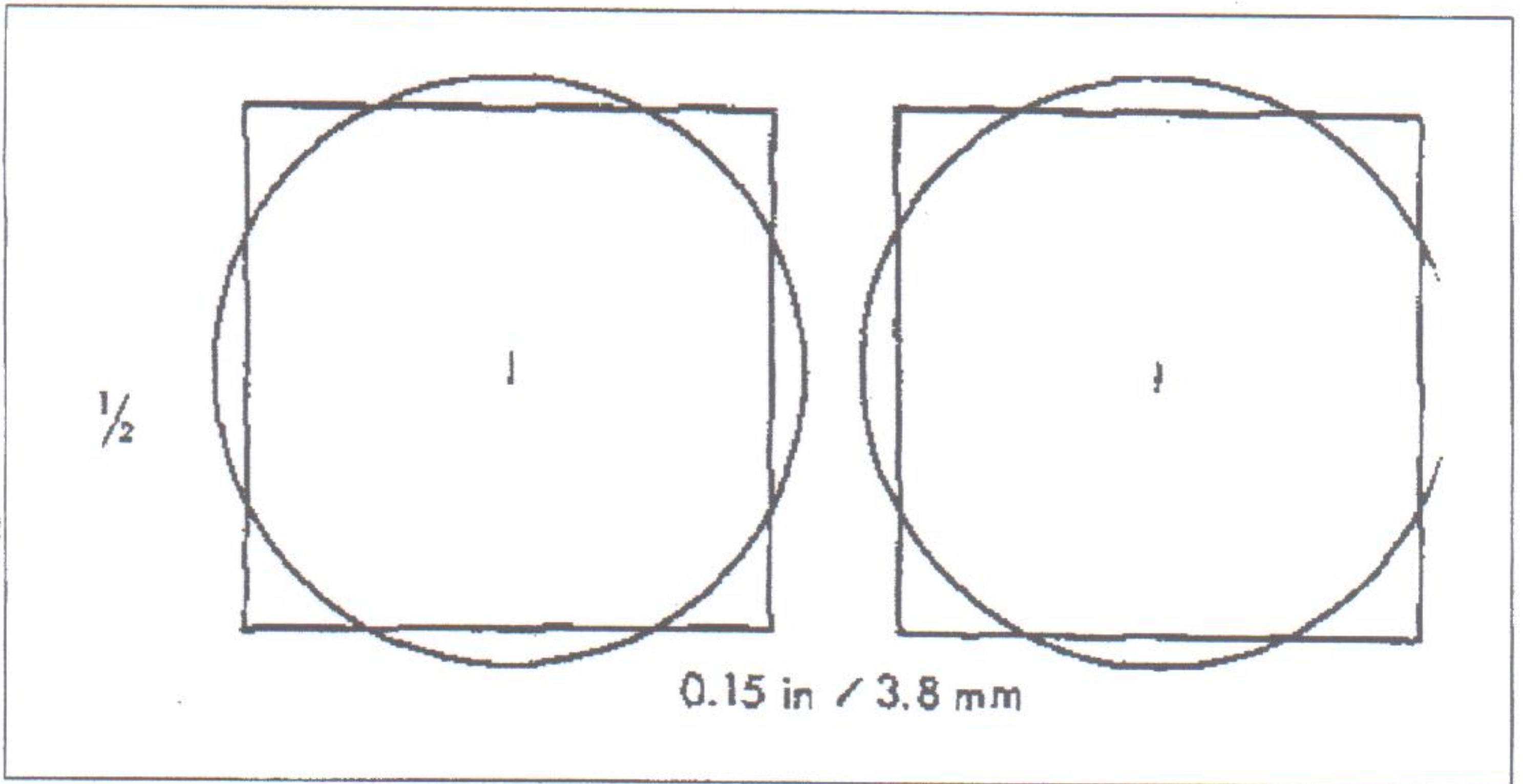
Thin Series

Thickness up to approximately
0.5 mm (0.02 in.)

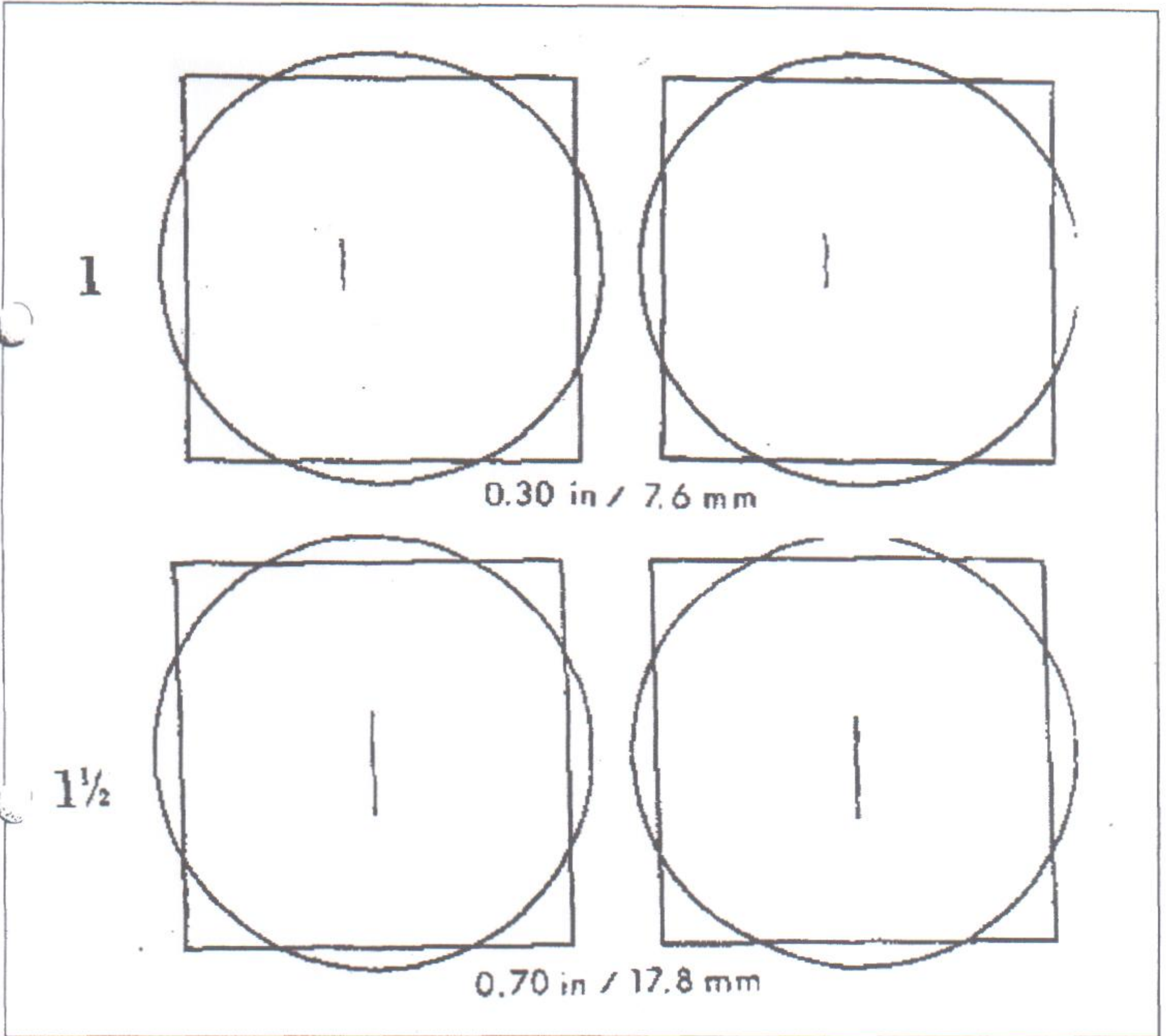
Heavy Series

Thickness approximately
0.9 mm (0.035 in.)

Total Length

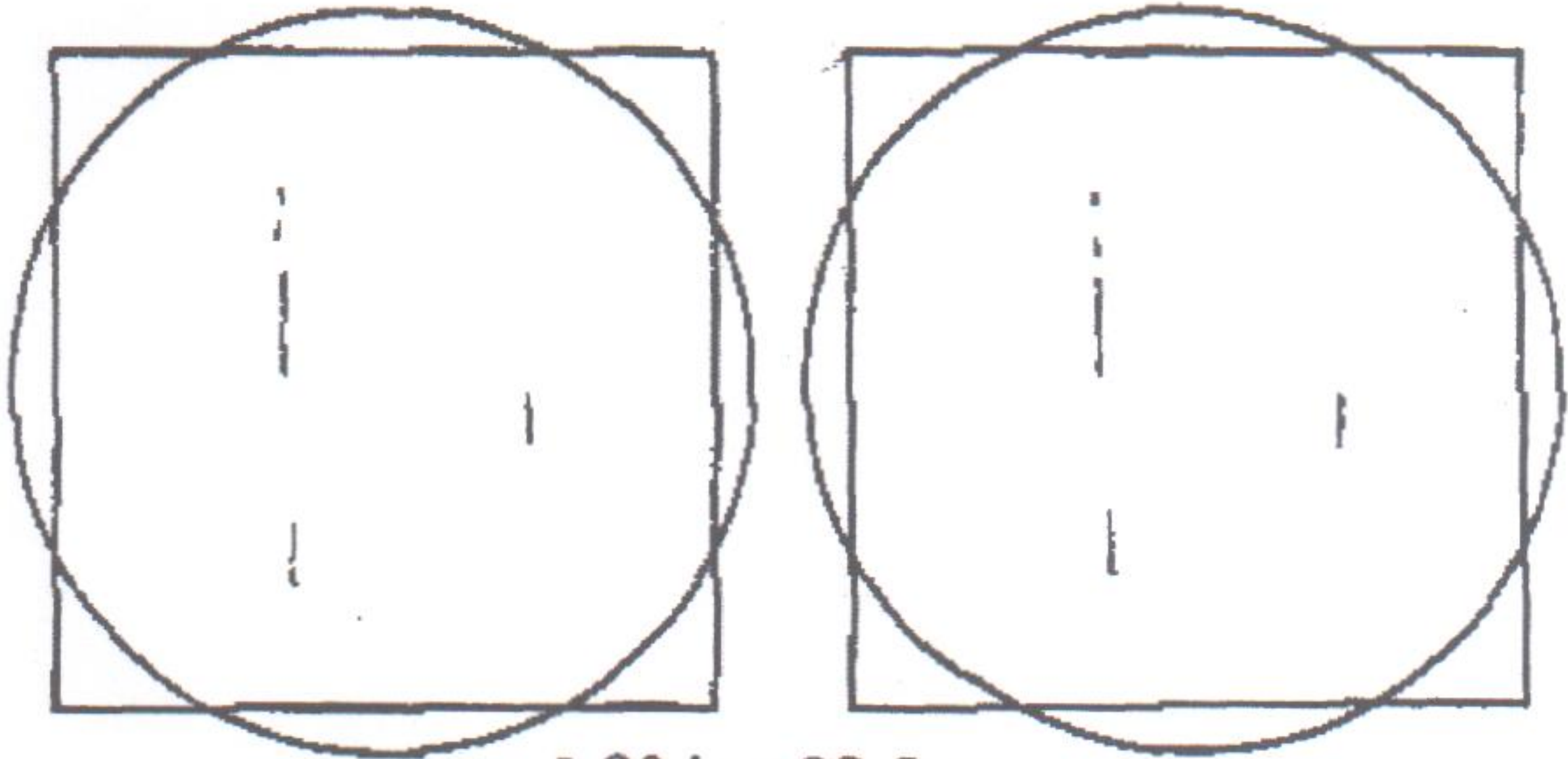


All dimensions at 100X



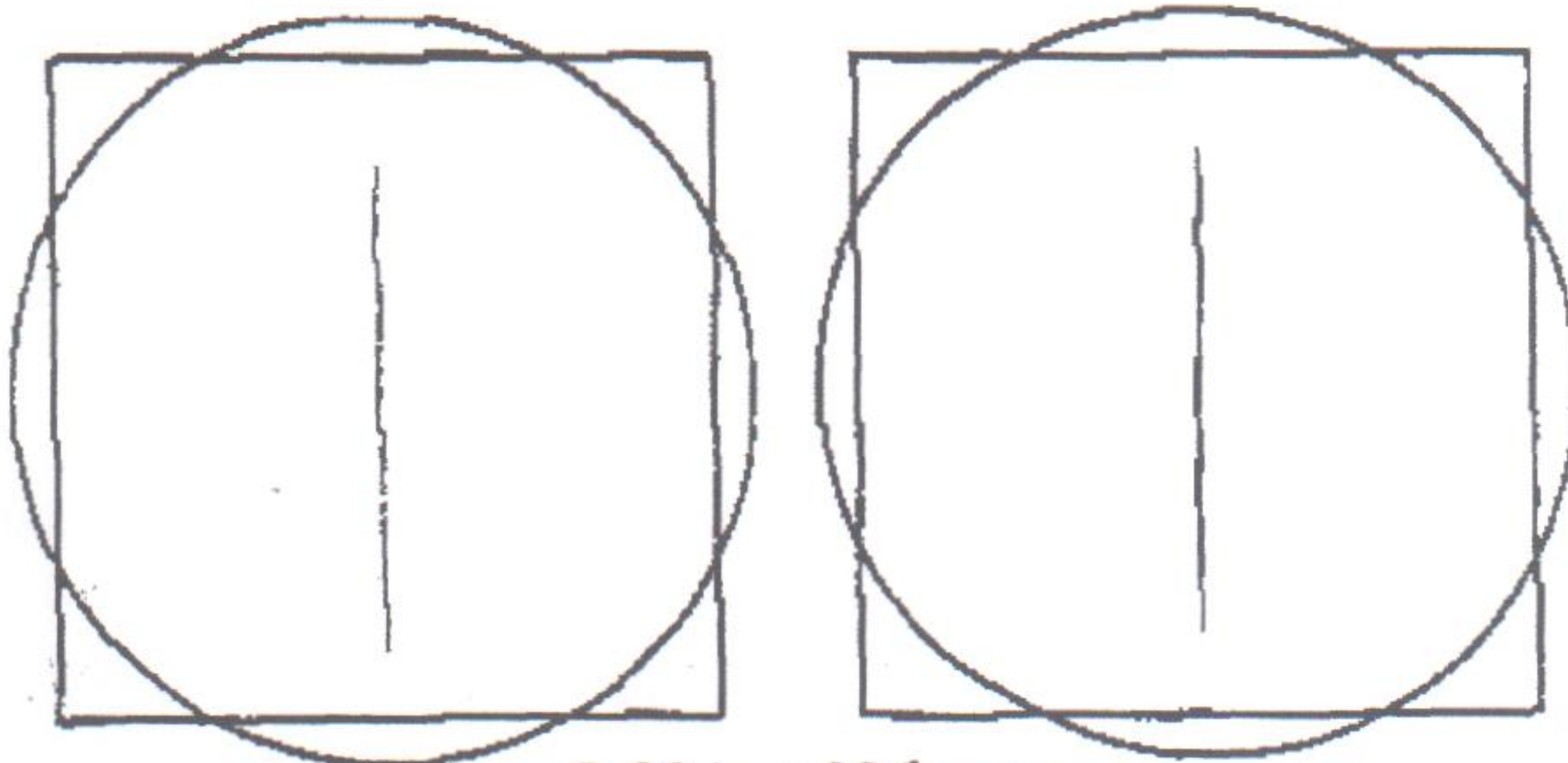
All dimensions at 100X

2



1.20 in / 30.5 mm

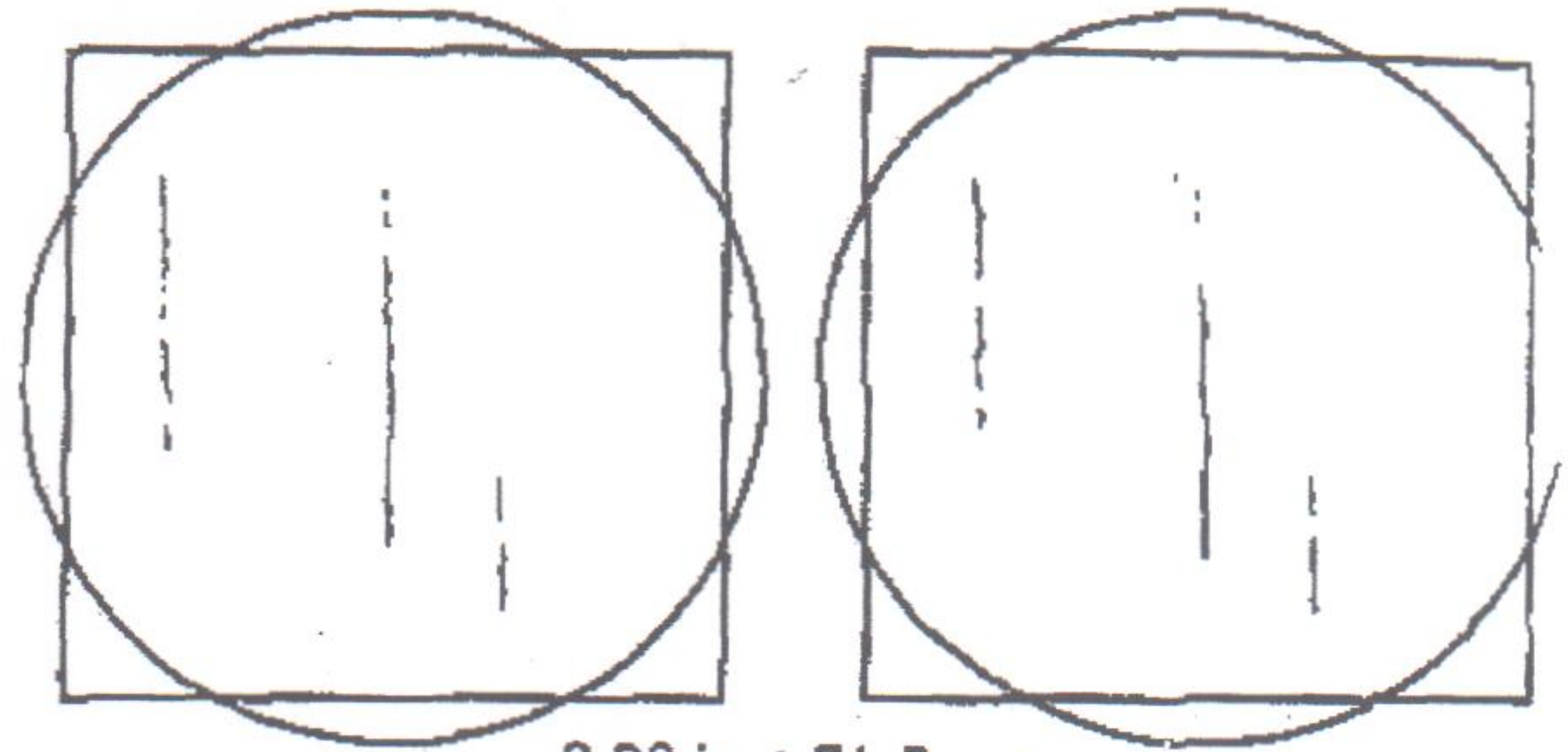
2 1/2



2.00 in / 50.8 mm

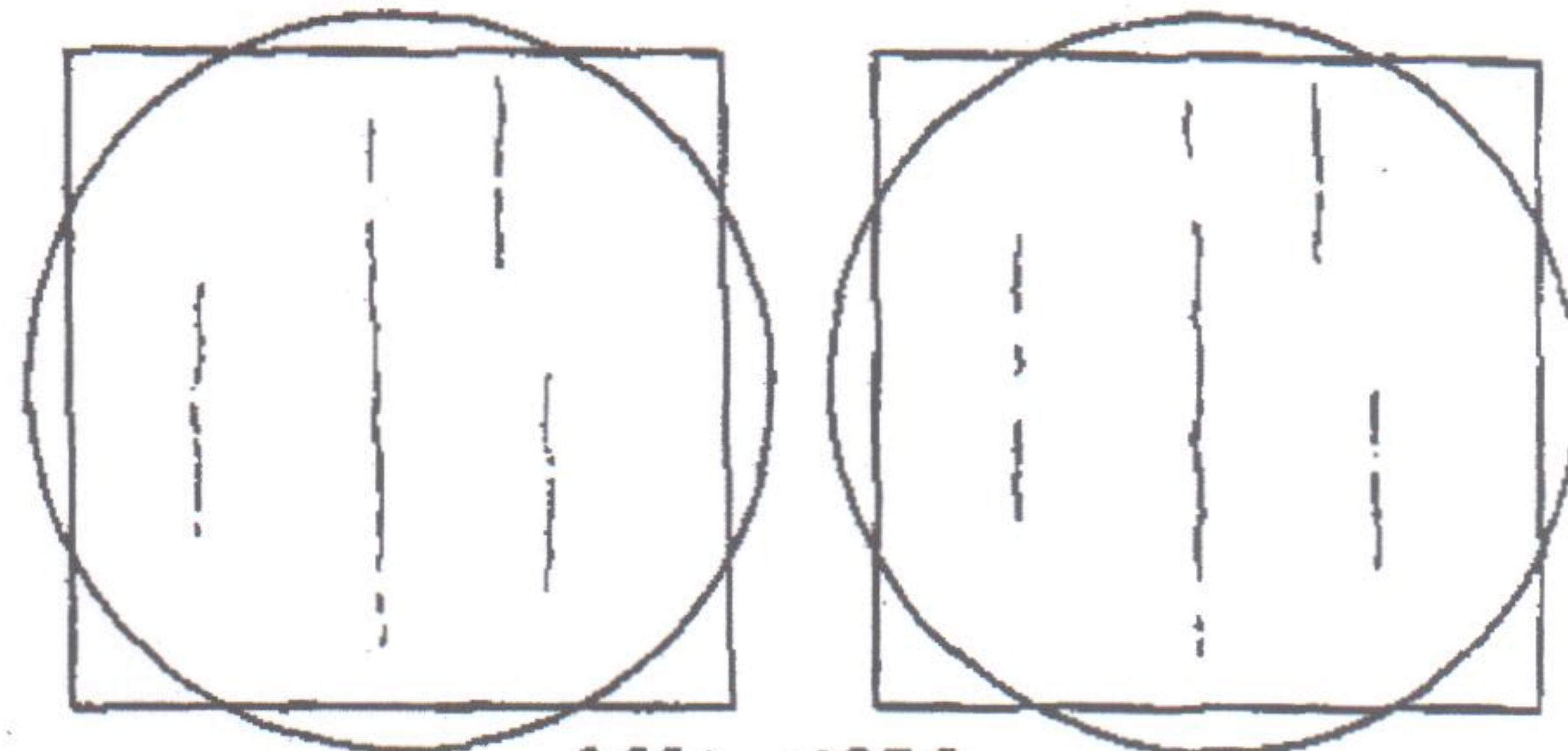
All dimensions at 100X

3



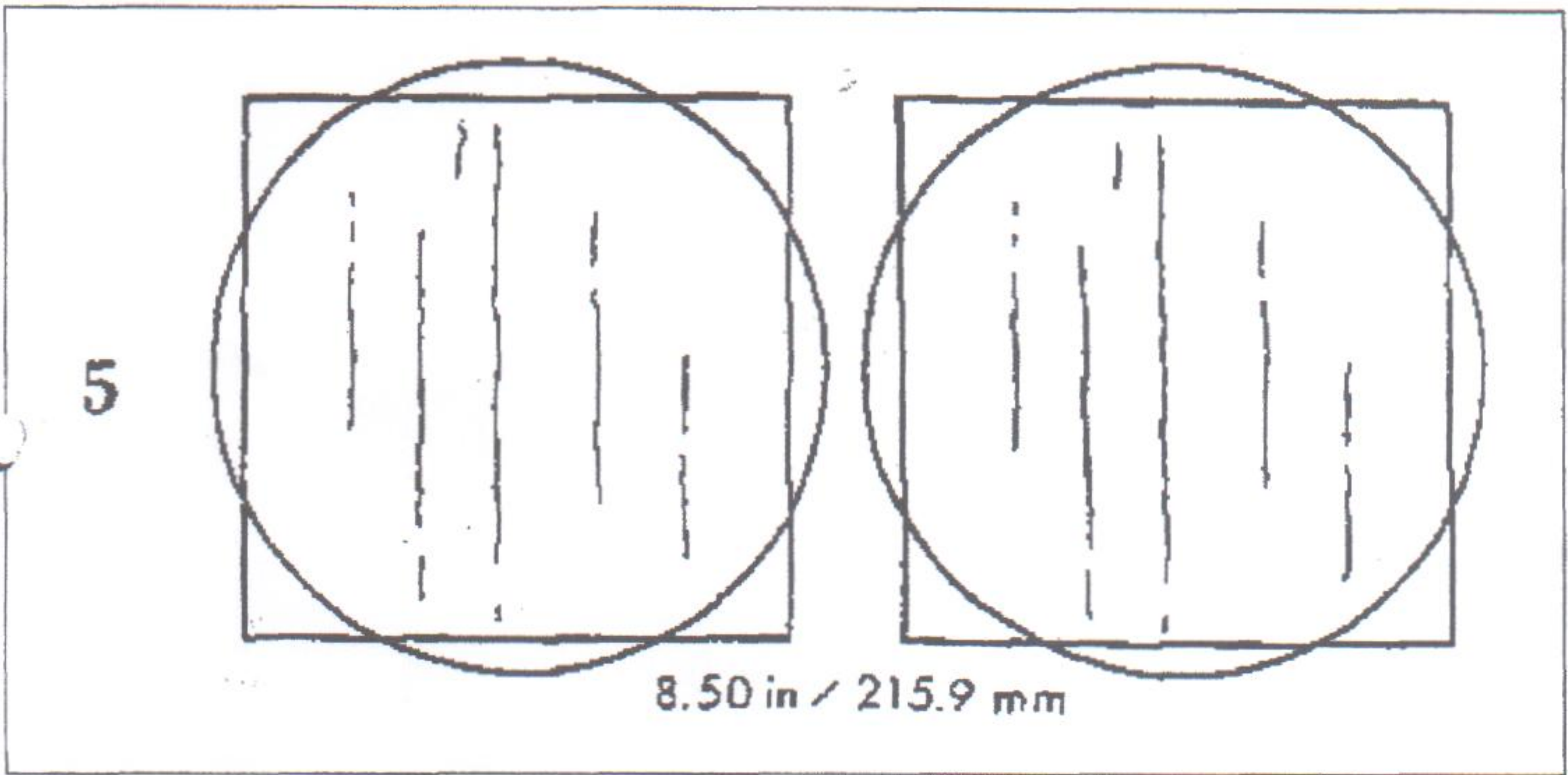
3.00 in / 76.2 mm

4



5.00 in / 127.0 mm

All dimensions at 100X



All dimensions at 100X

D

Globular Oxide Type

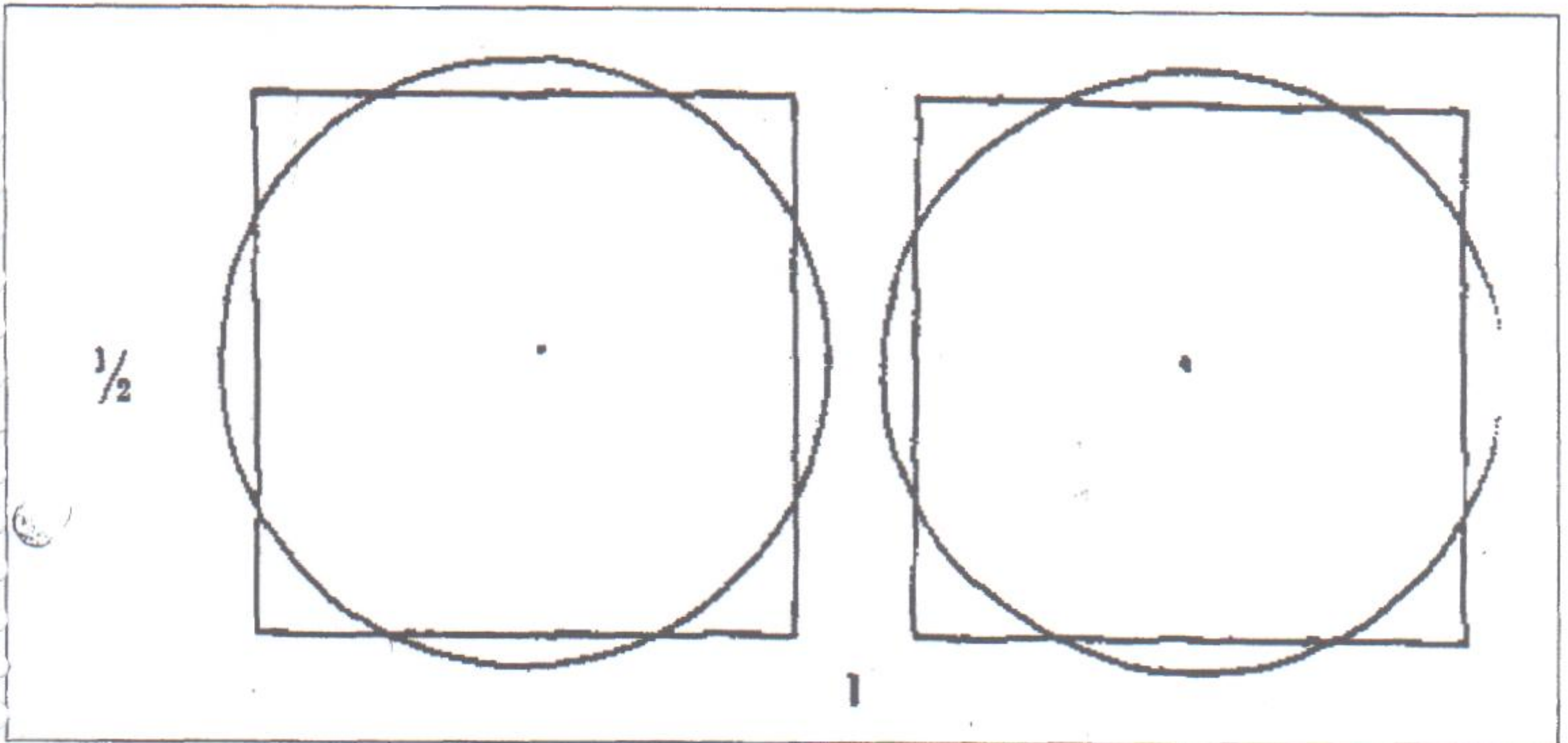
Thin Series

Thickness up to approximately
0.8 mm (0.03 in.)

Heavy Series

Diameter approximately
1.2 mm (0.05 in.)

Number of inclusions

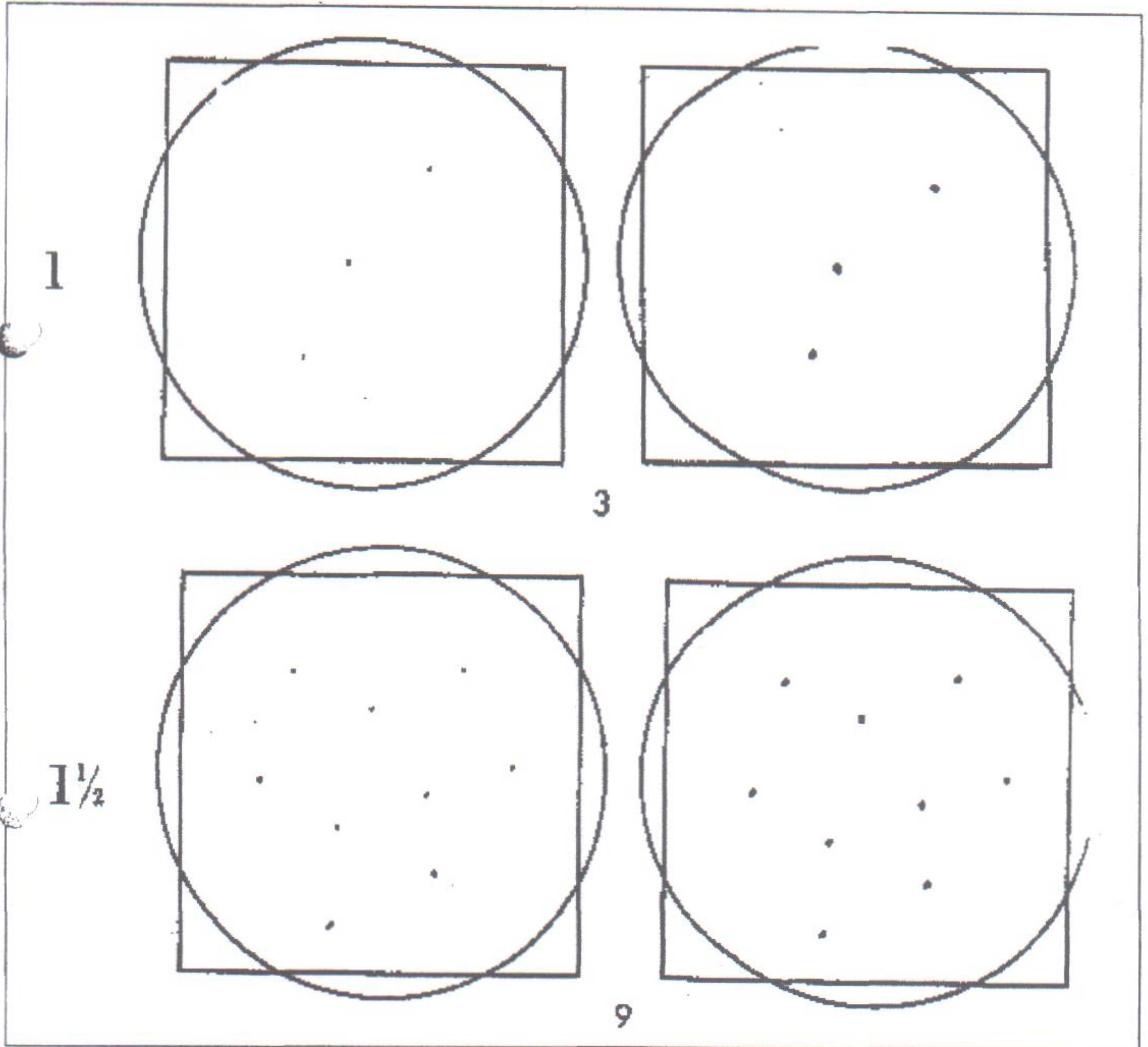


D type inclusions larger than shown above.

● 0.10 in./2.54 mm

● 0.15 in./3.80 mm

● 0.20 in./5.08 mm



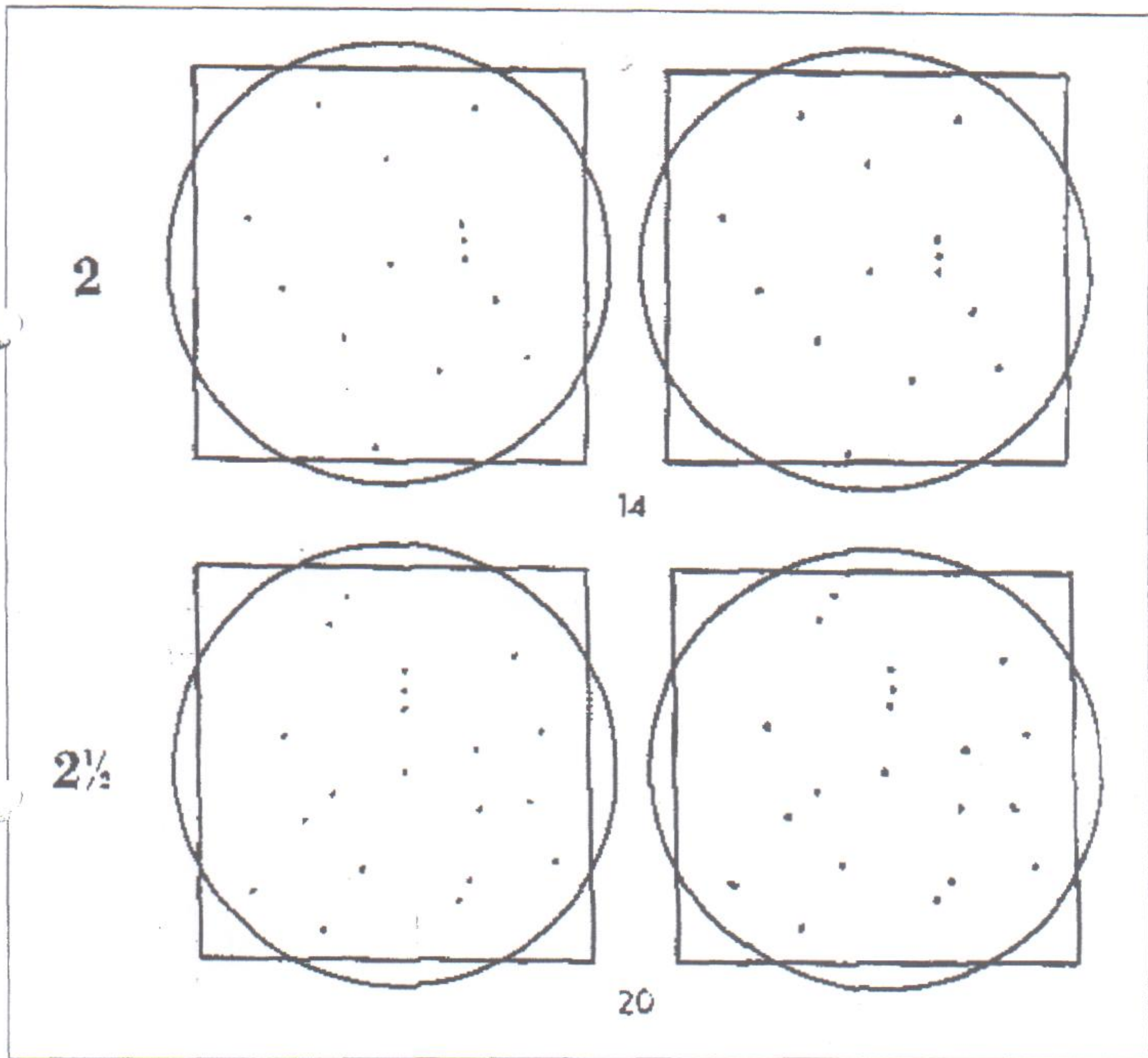
D type inclusions larger than shown above.

● 0.10 in./2.54 mm

● 0.15 in./3.80 mm

● 0.20 in./5.08 mm

Attachment to Product Materials Specification No. FW-1
(ES-PM-FW0001)

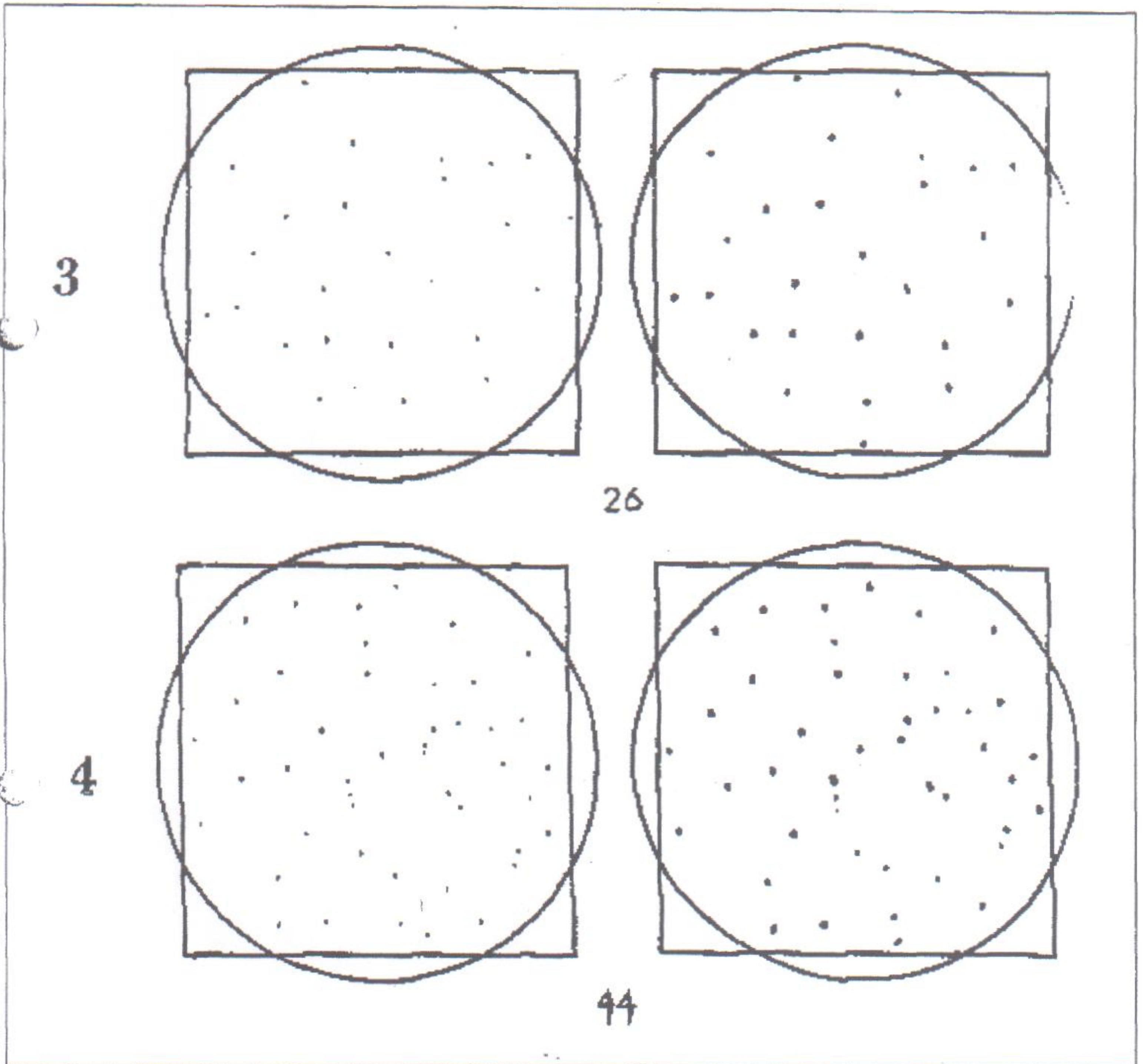


D type inclusions larger than shown above.

● 0.10 in./2.54 mm

● 0.15 in./3.80 mm

● 0.20 in./5.08 mm

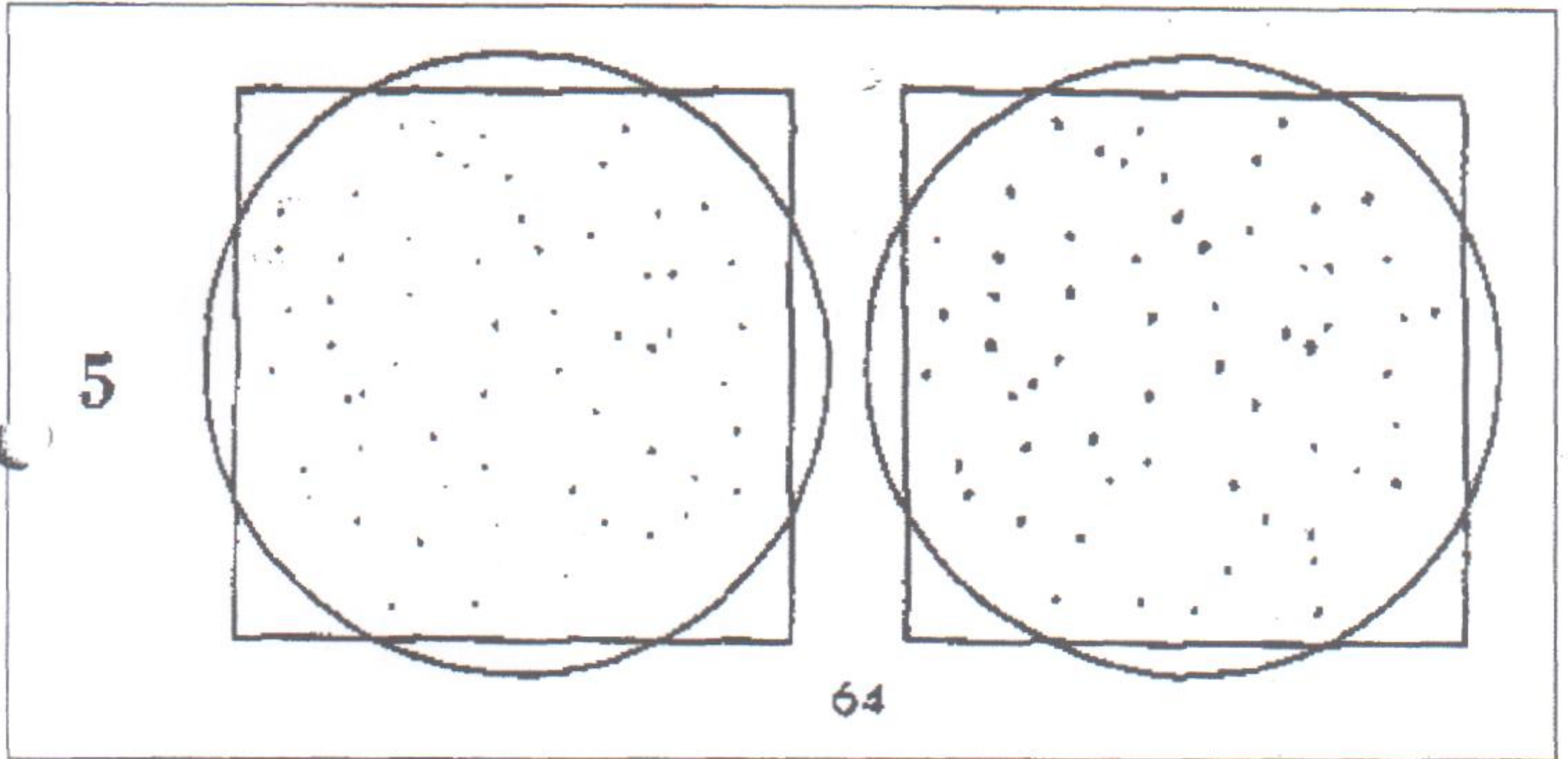


D type inclusions larger than shown above.

● 0.10 in./2.54 mm

● 0.15 in./3.80 mm

● 0.20 in./5.08 mm



D type inclusions larger than shown above.

● 0.10 in./2.54 mm

● 0.15 in./3.80 mm

● 0.20 in./5.08 mm

Table I
Minimum Values for Inclusion Rating Numbers
(Methods A and D) ASTM E45

<u>Inclusion Rating Number</u>	<u>Minimum Total Length in One Field at 100X, in. (mm)</u>			<u>Minimum Inclusions in One Field Type D</u>
	<u>Type A</u>	<u>Type B</u>	<u>Type C</u>	
1/2	0.15 (3.8)	0.15 (3.8)	0.15 (3.8)	1
1	0.50 (12.7)	0.30 (7.6)	0.30 (7.6)	3
1 1/2	1.00 (25.4)	0.70 (17.8)	0.70 (17.8)	9
2	1.70 (43.2)	1.20 (30.5)	1.20 (30.5)	14
2 1/2	2.50 (63.5)	2.00 (50.8)	2.00 (50.8)	20
3	3.50 (88.9)	3.20 (81.3)	3.00 (76.2)	26
3 1/2	4.50 (114.3)	4.60 (116.8)	4.00 (101.6)	35
4	6.00 (152.4)	6.00 (152.4)	5.00 (127.0)	44
4 1/2	7.50 (190.5)	8.00 (203.2)	7.00 (177.8)	52
5	9.00 (228.6)	10.00 (254.0)	8.50 (215.9)	64

ANEXO H



REGISTRO

F-MTCC,02,02

Edición : Segunda

LIBERACIÓN DE MATERIA PRIMA

ESTADO DEL INFORME **EN PROCESO**
 SOLICITADO POR : **Dpto de Producción**
 LOTE DE PRODUCCIÓN : **LA002969 (SAE1020)** SECCION: **127 X 127** Fecha en **2009-06-30**
 LARGO PROME **mm** PROVEEDOR : **ArcelorMittal Las Truchas, S.A. de C.V.**
 PESO PROMEDI **kg/ m** PROCEDENCIA : **MEXICO**
GRADO : SAE 1020
 PEDIDO: **09,06,00507**
 PESO DE ARRIBO A PLANTA : **2274650 Kg** NUMERO DE UNIDADES :
GRADO : SAE 1020

N°	COLADA	Carbono Equivalente	% C	% Si	% Mn	% S	% P	% Cu	% Ni	% Cr	% Sn	% Al	% Mo	% V	% Nb	% Ti x 100	CE	PESO POR COLADA KG	NUMERO DE BULTOS	NUMERO DE UNIDADES	PESO POR UNIDAD Kg	
1	318752	0.275	0.1900	0.1200	0.4900	0.0110	0.0190	0.0430	0.0110	0.0190	0.0020	0.0040	0.0010									
2	318754	0.277	0.1900	0.0700	0.5000	0.0160	0.0130	0.0560	0.0140	0.0160	0.0020	0.0040	0.0010									
3	318736	0.281	0.1900	0.0900	0.5200	0.0050	0.0140	0.0540	0.0130	0.0250	0.0010	0.0030	0.0020									
4	318772	0.282	0.2000	0.1000	0.4700	0.0150	0.0110	0.0430	0.0140	0.0180	0.0010	0.0030	0.0010									
5	318766	0.285	0.2000	0.0900	0.4900	0.0300	0.0140	0.0450	0.0120	0.0180	0.0040	0.0030	0.0010									
6	318760	0.289	0.2000	0.0700	0.5100	0.0220	0.0220	0.0650	0.0140	0.0180	0.0030	0.0030	0.0020									
7	318753	0.292	0.2000	0.0800	0.5300	0.0170	0.0080	0.0580	0.0150	0.0180	0.0010	0.0040	0.0010									
8	318734	0.294	0.2000	0.1000	0.5200	0.0160	0.0180	0.0900	0.0260	0.0370	0.0010	0.0040	0.0050									
9	318762	0.296	0.2100	0.0900	0.4900	0.0190	0.0140	0.0590	0.0140	0.0170	0.0040	0.0040	0.0010									
10	318768	0.298	0.2100	0.0800	0.5100	0.0220	0.0120	0.0520	0.0120	0.0150	0.0010	0.0030	0.0010									
11	318728	0.299	0.2100	0.1000	0.5100	0.0090	0.0100	0.0530	0.0140	0.0250	0.0010	0.0030	0.0020									
12	318732	0.300	0.2100	0.1000	0.5100	0.0100	0.0240	0.0630	0.0160	0.0320	0.0010	0.0040	0.0040									
13	318765	0.303	0.2200	0.1000	0.4800	0.0190	0.0070	0.0460	0.0100	0.0120	0.0030	0.0030	0.0010									
14	318738	0.304	0.2100	0.1000	0.5400	0.0110	0.0170	0.0580	0.0130	0.0210	0.0010	0.0040	0.0020									
15	318548	0.306	0.2200	0.0900	0.4900	0.0240	0.0070	0.0550	0.0150	0.0200	0.0040	0.0040	0.0010									
16	318764	0.306	0.2100	0.0700	0.5600	0.0240	0.0210	0.0420	0.0100	0.0140	0.0030	0.0030	0.0010									
17	318767	0.313	0.2200	0.0900	0.5400	0.0140	0.0170	0.0430	0.0120	0.0150	0.0030	0.0040	0.0010									
18	318739	0.316	0.2200	0.0900	0.5600	0.0190	0.0140	0.0350	0.0090	0.0180	0.0010	0.0030	0.0020									
19	318742	0.327	0.2300	0.0900	0.5600	0.0180	0.0110	0.0550	0.0110	0.0200	0.0010	0.0030	0.0030									
DESV		0.014	0.011	0.013	0.028	0.006	0.005	0.012	0.004	0.006	0.001	0.001	0.001	#####	##	#####	##DIV/0!	##	0.000	#####	#####	##DIV/0!
max		0.327	0.230	0.120	0.560	0.030	0.024	0.090	0.026	0.037	0.004	0.004	0.005	0.000	##	##	0.000	0.000	##	0.000	0.000	0.000
min		0.275	0.190	0.070	0.470	0.005	0.007	0.035	0.009	0.012	0.001	0.003	0.001	0.000	##	##	0.000	0.000	##	0.000	0.000	0.000
Promedio		0.2971	0.2074	0.0905	0.5147	0.0169	0.0144	0.0534	0.0134	0.0199	0.0020	0.0035	0.0017	#####	##	#####	##DIV/0!	##	#####	#####	##DIV/0!	##DIV/0!

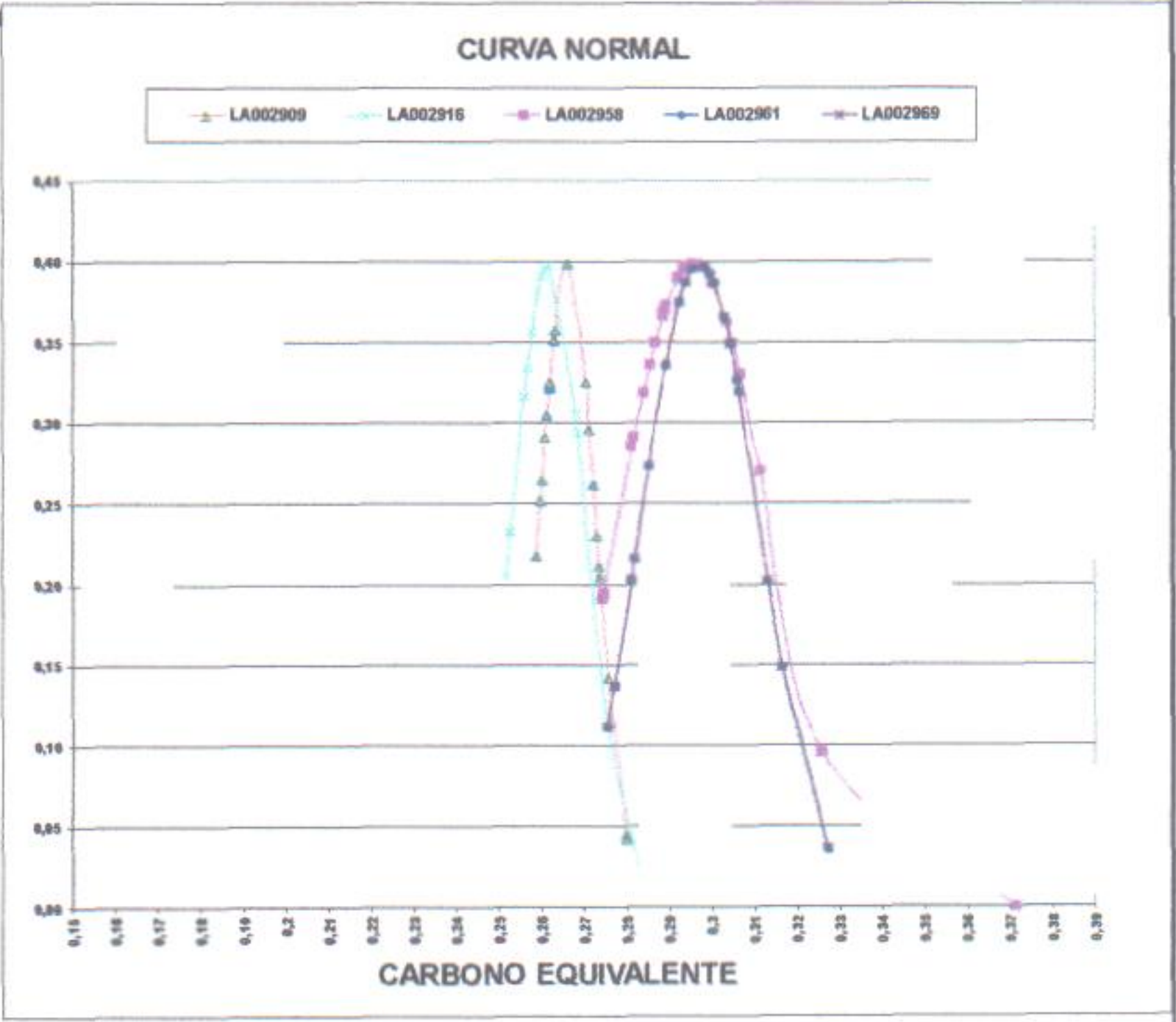
ESPECIFICACION NORMA SAE J-403

SAE1020	0.18-0.23	0.30-0.60	MAX 0.05	MAX 0.03																	
---------	-----------	-----------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

CLASIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA

#	Grupo 1			
1	318752			
2	318754			
3	318736			
4	318772			
5	318766			
6	318760			
7	318753			
8	318734			
9	318762			
10	318768			
11	318728			
12	318732			
13	318765			
14	318738			
15	318548			
16	318764			
17	318767			
18	318739			
19	318742			

Liberao para: Todos los perfiles laminados en caliente - Tren 1



ENTREGADO POR
Responsable de Materia Prima

APROBADO POR
Control de Calidad



REGISTRO

F-MTCC,02,02

LIBERACIÓN DE MATERIA PRIMA

Edición: Segunda

ESTADO DEL INFORME **EN PROCESO**
 SOLICITADO POR: **Dpto de Producción**
 LOTE DE PRODUCCIÓN: **LA002989 (SAE1020)** SECCION: **127 X 127** Fecha en **2009-06-30**
 LARGO PROME **mm** PROVEEDOR: **ArcelorMittal Las Truchas, S.A. de C.V.**
 PESO PROMEDI **kg/ m** PROCEDENCIA: **MEXICO**
 PEDIDO: **09,06,00507** **GRADO : SAE 1020**
 PESO DE ARRIBO A PLANTA: **2274650 Kg** NUMERO DE UNIDADES: **GRADO : SAE 1020**

N°	COLADA	Carbono Equivalente	% C	% Si	% Mn	% S	% P	% Cu	% Ni	% Cr	% Sn	% Al	% Mo	% V	% Nb x 10	% Ti x 100	CE	PESO POR COLADA Kg	NUMERO DE BULTOS	NUMERO DE UNIDADES	PESO POR UNIDAD Kg	
1	318752	0.275	0.1900	0.1200	0.4900	0.0110	0.0190	0.0430	0.0110	0.0190	0.0020	0.0040	0.0010									
2	318754	0.277	0.1900	0.0700	0.5000	0.0160	0.0130	0.0560	0.0140	0.0160	0.0020	0.0040	0.0010									
3	318736	0.281	0.1900	0.0900	0.5200	0.0050	0.0140	0.0540	0.0130	0.0250	0.0010	0.0030	0.0020									
4	318772	0.282	0.2000	0.1000	0.4700	0.0150	0.0110	0.0430	0.0140	0.0180	0.0010	0.0030	0.0010									
5	318766	0.285	0.2000	0.0900	0.4900	0.0300	0.0140	0.0450	0.0120	0.0180	0.0040	0.0030	0.0010									
6	318760	0.289	0.2000	0.0700	0.5100	0.0220	0.0220	0.0650	0.0140	0.0180	0.0030	0.0030	0.0020									
7	318753	0.292	0.2000	0.0800	0.5300	0.0170	0.0080	0.0680	0.0150	0.0180	0.0010	0.0040	0.0010									
8	318734	0.294	0.2000	0.1000	0.5200	0.0160	0.0180	0.0900	0.0260	0.0370	0.0010	0.0040	0.0050									
9	318762	0.296	0.2100	0.0900	0.4900	0.0190	0.0140	0.0590	0.0140	0.0170	0.0040	0.0040	0.0010									
10	318768	0.298	0.2100	0.0800	0.5100	0.0220	0.0120	0.0520	0.0120	0.0150	0.0010	0.0030	0.0010									
11	318728	0.299	0.2100	0.1000	0.5100	0.0090	0.0100	0.0530	0.0140	0.0250	0.0010	0.0030	0.0020									
12	318732	0.300	0.2100	0.1000	0.5100	0.0100	0.0240	0.0630	0.0160	0.0320	0.0010	0.0040	0.0040									
13	318765	0.303	0.2200	0.1000	0.4800	0.0190	0.0070	0.0460	0.0100	0.0120	0.0030	0.0030	0.0010									
14	318738	0.304	0.2100	0.1000	0.5400	0.0110	0.0170	0.0580	0.0130	0.0210	0.0010	0.0040	0.0020									
15	318548	0.306	0.2200	0.0900	0.4900	0.0240	0.0070	0.0550	0.0150	0.0200	0.0040	0.0040	0.0010									
16	318764	0.306	0.2100	0.0700	0.5600	0.0240	0.0210	0.0420	0.0100	0.0140	0.0030	0.0030	0.0010									
17	318767	0.313	0.2200	0.0900	0.5400	0.0140	0.0170	0.0430	0.0120	0.0150	0.0030	0.0040	0.0010									
18	318739	0.316	0.2200	0.0900	0.5600	0.0190	0.0140	0.0350	0.0090	0.0180	0.0010	0.0030	0.0020									
19	318742	0.327	0.2300	0.0900	0.5600	0.0180	0.0110	0.0550	0.0110	0.0200	0.0010	0.0030	0.0030									
DESV		0.014	0.011	0.013	0.028	0.006	0.005	0.012	0.004	0.006	0.001	0.001	0.001	#####	##	#####	##	0.000	#####	#####	##	#####
max		0.327	0.230	0.120	0.560	0.030	0.024	0.090	0.026	0.037	0.004	0.004	0.005	0.000	##	0.000	0.000	##	0.000	0.000	0.000	0.000
min		0.275	0.190	0.070	0.470	0.005	0.007	0.035	0.009	0.012	0.001	0.003	0.001	0.000	##	0.000	0.000	##	0.000	0.000	0.000	0.000
Promedio		0.2971	0.2074	0.0905	0.5147	0.0169	0.0144	0.0534	0.0134	0.0199	0.0020	0.0035	0.0017	#####	##	#####	##	#####	#####	##	#####	#####

ESPECIFICACION NORMA SAE J-403

SAE1020	0.18-0.23	0.30-0.60	MAX 0.05	MAX 0.03																	
---------	-----------	-----------	----------	----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

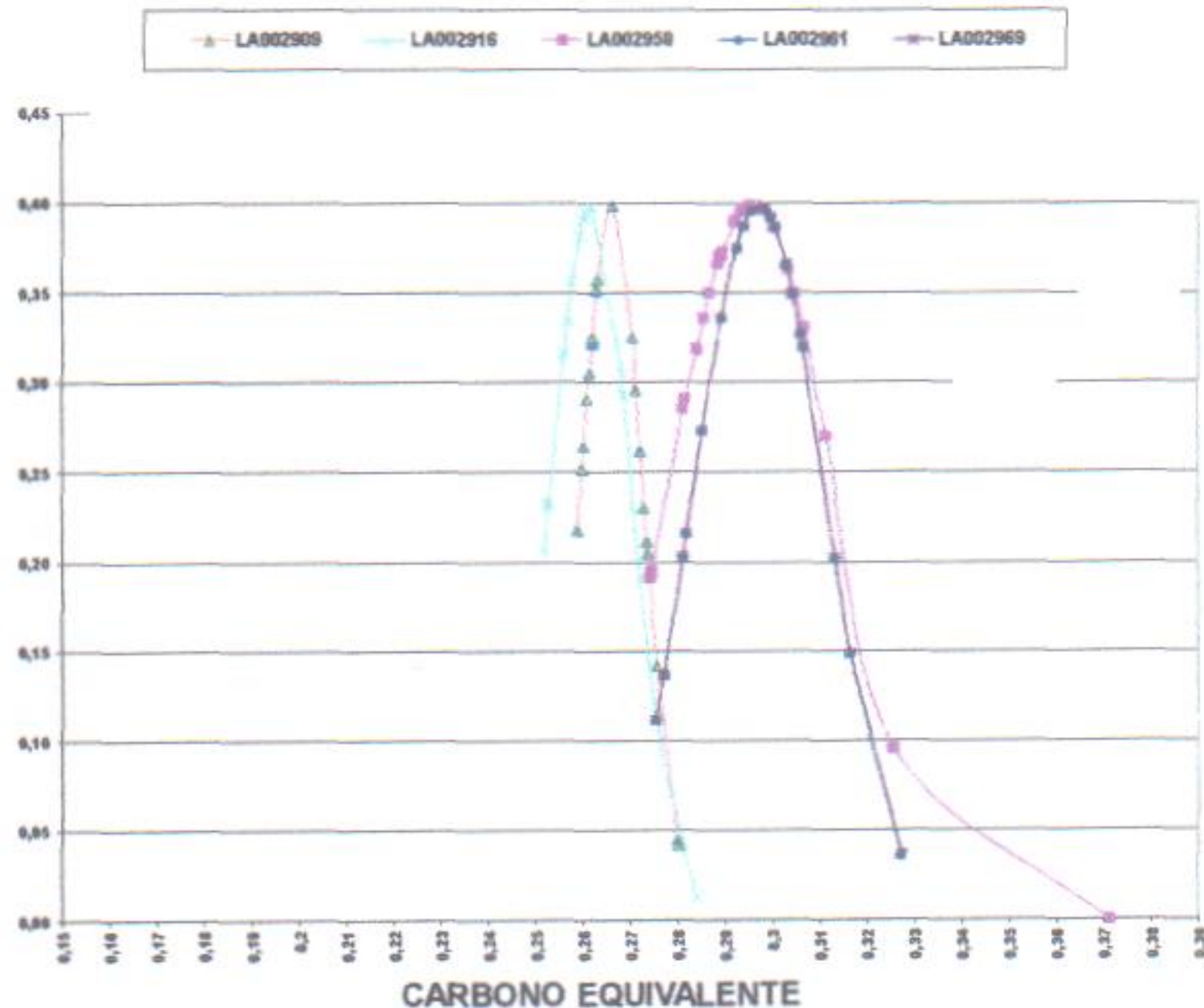
CLASIFICACIÓN DE MATERIA PRIMA

#	Grupo 1			
1	318752			
2	318754			
3	318736			
4	318772			
5	318766			
6	318760			
7	318753			
8	318734			
9	318762			
10	318768			
11	318728			
12	318732			
13	318765			
14	318738			
15	318548			
16	318764			
17	318767			
18	318739			
19	318742			

Liberado para:

Todos los perfiles laminados en caliente - Tren 1

CURVA NORMAL



ENTREGADO POR
Responsable de Materia Prima

APROBADO POR
Control de Calidad



**DETALLE RECEPCION
PALANQUILLA 100**

No. PEDIDO 06,04,00261
No. ORDEN COMPRA LA002627

ORD	FECHA	No. GUÍA	PLACA	NUMERO UNIDADES	BULTOS
1	28-jul	841	XAH/327	45	5
2	28-jul	842	P/C	45	5
3	28-jul	843	HBV/652	45	5
4	28-jul	844	XAH/147	54	6
5	28-jul	840	XAF/879	45	5
6	28-jul	845	XAF/162	54	6
7	29-jul	854	CAE/424	42	5
8	29-jul	850	PZX/289	45	5
9	29-jul	853	IBW/273	45	5
10	29-jul	846	IBR/032	45	5
11	29-jul	848	XBW/374	45	5
12	29-jul	849	XBT/467	45	5
13	29-jul	851	PZU/658	43	5
14	29-jul	852	PAI/700	45	5
15	29-jul	847	XBS/661	54	6
16	29-jul	855	SBC/643	45	5
17	01-ago	861	GLI/513	45	5
18	01-ago	860	PAU/951	43	5
19	01-ago	859	PXS/064	45	5
20	01-ago	865	PAI/701	45	5
21	01-ago	856	XBL/680	45	5
22	01-ago	857	XBL/753	45	5
23	01-ago	863	KBC/046	45	5
24	01-ago	866	XBS/661	45	5
25	01-ago	864	PPM/820	45	5
26	01-ago	867	GAZ/412	45	5
27	01-ago	862	XAH/327	45	5
28	01-ago	868	P/C	45	5
29	01-ago	858	IBF/850	45	5
30	01-ago	869	POY/736	45	5
31	02-ago	873	PZS/172	45	5
32	02-ago	872	PUC/374	45	5
33	02-ago	874	PAI/700	44	5
34	02-ago	878	PYC/065	45	5
35	02-ago	876	PZY/278	45	5
36	02-ago	877	PAQ/948	45	5



**DETALLE RECEPCION
PALANQUILLA 100**

No. PEDIDO 06,04,00261
No. ORDEN COMPRA LA002627

ORD	FECHA	No. GUÍA	PLACA	NUMERO UNIDADES	BULTOS
37	02-ago	879	P/C	45	5
38	02-ago	880	TCE/122	45	5
39	02-ago	875	PAQ/949	45	5
40	02-ago	871	IBR/032	45	5
41	02-ago	870	XBT/467	45	5
42	03-ago	881	XAF/249	45	5
43	03-ago	882	CBG/215	45	5
44	03-ago	883	XBL/680	45	5
45	03-ago	884	P/C	45	5
46	03-ago	885	PZY/595	45	5
47	03-ago	886	PZU/658	45	5
48	03-ago	887	LBM/837	45	5
49	03-ago	888	XAH/650	45	5
TOTAL				2.224	248

LAS GUIAS ORIGINALES DE TRANSPORTE REPOSAN EN NUESTROS ARCHIVOS
(PLANTA LASSO)

Sr: Lasluisa Pedro	
Largo promedio de la palanquilla de 12Mt.	11879
Constante de la Palanquilla.	74,88
Peso por Unidad de 12 Metros.	889,48

1563709,32



DETALLE RECEPCION MATERIA PI
PALANQUILLA 100 X 100 X12

lo. PEDIDO 06,04,00261
lo. ORDEN COMPRA LA002627

ORD	FECHA	No. GUÍA	PLACA	NUMERO UNIDADES	BULTOS	PESO POR TRAILER
1	28-jul	841	XAH/327	45	5	39.930
2	28-jul	842	P/C	45	5	40.060
3	28-jul	843	HBV/652	45	5	40.190
4	28-jul	844	XAH/147	54	6	47.290
5	28-jul	840	XAF/879	45	5	39.570
6	28-jul	845	XAF/162	54	6	47.480
7	29-jul	854	CAE/424	42	5	37.610
8	29-jul	850	PZX/289	45	5	40.040
9	29-jul	853	IBW/273	45	5	39.690
10	29-jul	846	IBR/032	45	5	40.110
11	29-jul	848	XBW/374	45	5	39.820
12	29-jul	849	XBT/467	45	5	40.060
13	29-jul	851	PZU/658	43	5	38.360
14	29-jul	852	PAI/700	45	5	40.230
15	29-jul	847	XBS/661	54	6	48.010
16	29-jul	855	SBC/643	45	5	39.840
17	01-ago	861	GLI/513	45	5	40.040
18	01-ago	860	PAU/951	43	5	38.450
19	01-ago	859	PXS/064	45	5	40.340
20	01-ago	865	PAI/701	45	5	40.100
21	01-ago	856	XBL/680	45	5	40.270
22	01-ago	857	XBL/753	45	5	40.000
23	01-ago	863	KBC/046	45	5	40.360
24	01-ago	866	XBS/661	45	5	39.930
25	01-ago	864	PPM/820	45	5	40.080
26	01-ago	867	GAZ/412	45	5	39.480
27	01-ago	862	XAH/327	45	5	39.970
28	01-ago	868	P/C	45	5	39.840
29	01-ago	858	IBF/850	45	5	40.290
30	01-ago	869	POY/736	45	5	40.010
31	02-ago	873	PZS/172	45	5	39.150
32	02-ago	872	PUC/374	45	5	40.160
33	02-ago	874	PAI/700	44	5	40.510
34	02-ago	878	PYC/065	45	5	39.780
35	02-ago	876	PZY/278	45	5	40.000
36	02-ago	877	PAQ/948	45	5	39.850



DETALLE RECEPCION MATERIA PI
PALANQUILLA 100 X 100 X12

lo. PEDIDO 06,04,00261
lo. ORDEN COMPRA LA002627

ORD	FECHA	No. GUÍA	PLACA	NUMERO UNIDADES	BULTOS	PESO POR TRAILER
37	02-ago	879	P/C	45	5	39.980
38	02-ago	880	TCE/122	45	5	39.690
39	02-ago	875	PAQ/949	45	5	40.270
40	02-ago	871	IBR/032	45	5	39.880
41	02-ago	870	XBT/467	45	5	40.350
42	03-ago	881	XAF/249	45	5	40.530
43	03-ago	882	CBG/215	45	5	39.720
44	03-ago	883	XBL/680	45	5	39.420
45	03-ago	884	P/C	45	5	40.300
46	03-ago	885	PZY/595	45	5	40.320
47	03-ago	886	PZU/658	45	5	39.770
48	03-ago	887	LBM/837	45	5	39.860
49	03-ago	888	XAH/650	45	5	39.770
TOTAL				2.224	248	1.976.760

AS GUIAS ORIGINALES DE TRANSPORTE REPOSAN EN NUESTROS ARCHIVOS
(PLANTA LASSO)

Dir: Lasluisa Pedro	
argom promedio de la palanquilla de 12Mt.	11879
Constante de la Palanquilla.	74,88
Peso por Unidad de 12 Metros.	889,48

1563709,32

TOTAL PE

TOTAL PEDIDO
TOTAL RECIBIDO
DIFERENCIA:

TOTAL PEDID

TOTAL PEDIDO
TOTAL RECIBIDO
DIFERENCIA:

DETALLE RECEPCION MATERIA PRIMA
PALANQUILLA 100 X 100 X12010

DO 06,04,00261
EN COMPRA LA002627

FECHA	No. GUÍA	PLACA	NUMERO UNIDADES	BULTOS	PESO POR TRAILER
28-jul	841	XAH/327	45	5	39.930
28-jul	842	P/C	45	5	40.060
28-jul	843	HBV/652	45	5	40.190
28-jul	844	XAH/147	54	6	47.290
28-jul	840	XAF/879	45	5	39.570
28-jul	845	XAF/162	54	6	47.480
29-jul	854	CAE/424	42	5	37.610
29-jul	850	PZX/289	45	5	40.040
29-jul	853	IBW/273	45	5	39.690
29-jul	846	IBR/032	45	5	40.110
29-jul	848	XBW/374	45	5	39.820
29-jul	849	XBT/467	45	5	40.060
29-jul	851	PZU/658	43	5	38.360
29-jul	852	PAI/700	45	5	40.230
29-jul	847	XBS/661	54	6	48.010
29-jul	855	SBC/643	45	5	39.840
01-ago	861	GLI/513	45	5	40.040
01-ago	860	PAU/951	43	5	38.450
01-ago	859	PXS/064	45	5	40.340
01-ago	865	PAI/701	45	5	40.100
01-ago	856	XBL/680	45	5	40.270
01-ago	857	XBL/753	45	5	40.000
01-ago	863	KBC/046	45	5	40.360
01-ago	866	XBS/661	45	5	39.930
01-ago	864	PPM/820	45	5	40.080
01-ago	867	GAZ/412	45	5	39.480
01-ago	862	XAH/327	45	5	39.970
01-ago	868	P/C	45	5	39.840
01-ago	858	IBF/850	45	5	40.290
01-ago	869	POY/736	45	5	40.010
02-ago	873	PZS/172	45	5	39.150
02-ago	872	PUC/374	45	5	40.160
02-ago	874	PAI/700	44	5	40.510
02-ago	878	PYC/065	45	5	39.780
02-ago	876	PZY/278	45	5	40.000
02-ago	877	PAQ/948	45	5	39.850

DETALLE RECEPCION MATERIA PRIMA
PALANQUILLA 100 X 100 X12010

DO 06,04,00261
EN COMPRA LA002627

	FECHA	No. GUÍA	PLACA	NUMERO UNIDADES	BULTOS	PESO POR TRAILER
	02-ago	879	P/C	45	5	39.980
	02-ago	880	TCE/122	45	5	39.690
	02-ago	875	PAQ/949	45	5	40.270
	02-ago	871	IBR/032	45	5	39.880
	02-ago	870	XBT/467	45	5	40.350
	03-ago	881	XAF/249	45	5	40.530
	03-ago	882	CBG/215	45	5	39.720
	03-ago	883	XBL/680	45	5	39.420
	03-ago	884	P/C	45	5	40.300
	03-ago	885	PZY/595	45	5	40.320
	03-ago	886	PZU/658	45	5	39.770
	03-ago	887	LBM/837	45	5	39.860
	03-ago	888	XAH/650	45	5	39.770
L				2.224	248	1.976.760

AS ORIGINALES DE TRANSPORTE REPOSAN EN NUESTROS ARCHIVOS
(LASSO)

sa Pedro	
medio de la palanquilla de 12Mt.	11879
de la Palanquilla.	74,88
Unidad de 12 Metros.	889,48

1563709,32

TOTAL PEDIDO EN	
TOTAL PEDIDO	1.974
TOTAL RECIBIDO	1.976
DIFERENCIA:	

TOTAL PEDIDO EN UN	
TOTAL PEDIDO	2.220
TOTAL RECIBIDO	2.224
DIFERENCIA:	



REGISTRO

F-MTCC,02,02

Edición Primera

LIBERACIÓN DE MATERIA PRIMA

ESTADO DEL INFORME

TERMINADA

SOLICITADO POR :

Dpto de Producción

LOTE DE PRODUCCIÓN :

LA002874

LARGO PROMEDIO :

8996 mm

PESO PROMEDIO :

131,77 Kg/ m

PEDIDO: N° 07,07,00347

SECCION: 130 X 130

PESO DE ARRIBO A PLANTA :

962.673 kg

GRADO : SAE 1020

NUMERO DE UNIDADES : 812

FECHA en Pakin List : 2007-08-17

PROVEEDOR : GERDAU Acos Longos S.A. (TECNISEA)

PROCEDENCIA : BRAZIL

GRADO : SAE 1020

NUMERO DE UNIDADES : 812

N°	COLADA	Carbono Equivalente	% C	% Si	% Mn	% S	% P	% Cu	% Ni	% Cr	% Sn	% Al	% Mo	% V	Az (%)	N2 (%)	% Hb x 100	% Ti x 100	% Carbon	PESO POR COLADA KG	NUMERO DE SUITOS	numero de unidades	PESO POR UNIDAD Kg	
3	21106472	0.274	0.19	0.11	0.48	0.022	0.015	0.11	0.04	0.06	0.018		0.006											
4	21106473	0.290	0.20	0.12	0.48	0.022	0.014	0.09	0.05	0.06	0.017		0.006											
1	21106470	0.291	0.20	0.12	0.48	0.019	0.017	0.11	0.06	0.06	0.017		0.006											
5	21106474	0.291	0.20	0.13	0.50	0.023	0.012	0.09	0.05	0.06	0.016		0.007											
6	21106475	0.291	0.20	0.13	0.49	0.029	0.011	0.08	0.05	0.06	0.016		0.005											
8	21106477	0.294	0.20	0.12	0.49	0.020	0.012	0.09	0.04	0.06	0.017		0.006											
9	21106478	0.293	0.21	0.11	0.47	0.020	0.014	0.12	0.05	0.06	0.018		0.007											
2	21106471	0.300	0.21	0.12	0.48	0.022	0.017	0.11	0.05	0.06	0.019		0.006											
7	21106476	0.303	0.21	0.12	0.51	0.024	0.015	0.09	0.04	0.06	0.017		0.006											
10	21106479	0.314	0.21	0.12	0.56	0.024	0.017	0.11	0.05	0.06	0.018		0.008											
DERV		0.010	0.008	0.007	0.027	0.002	0.002	0.012	0.006	0.008	0.001		0.001											
MAX		0.314	0.210	0.133	0.563	0.024	0.017	0.116	0.061	0.078	0.019		0.008											
min		0.274	0.186	0.109	0.462	0.019	0.011	0.086	0.041	0.046	0.016		0.005											
Promedio		0.295	0.202	0.120	0.494	0.022	0.014	0.101	0.048	0.057	0.015		0.007											

ESPECIFICACION NORMA SAE J403

SAE1020 0.18-0.73

0.30-0.80

MAX 0.05

MAX 0.03

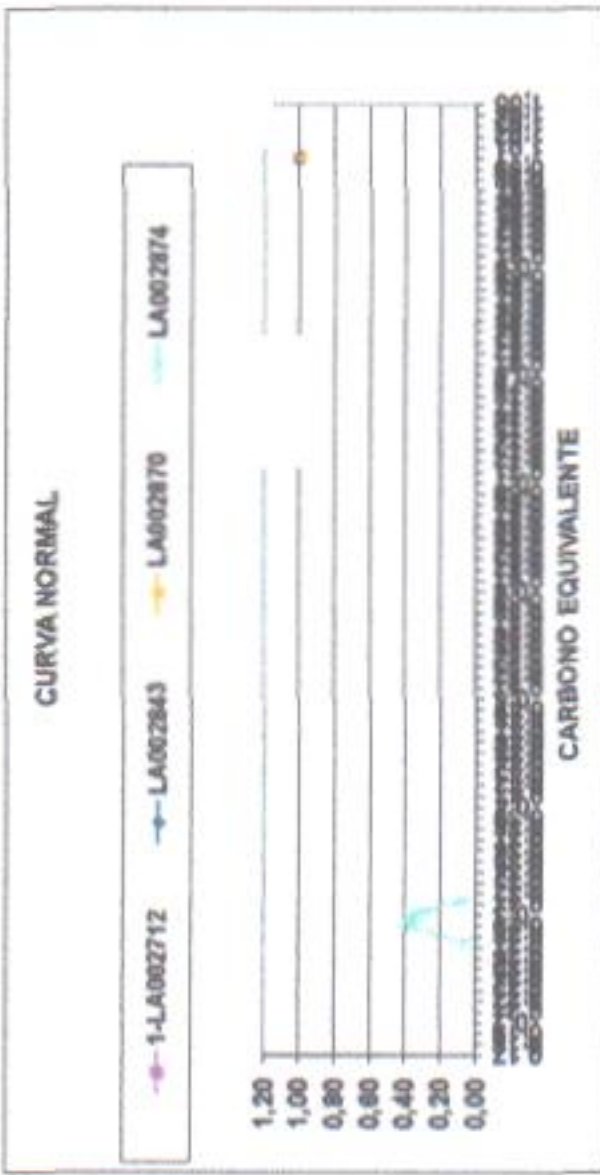
SAE1020

0.18-0.73

0.30-0.80

MAX 0.05

MAX 0.03



ENTREGADO POR

Responsable de Materia Prima

APROBADO POR

Control de Calidad

EQ	Z
0.274	-1.0621921
0.290	-0.41250693
0.291	-0.36848711
0.291	-0.3473818
0.291	-0.33872752
0.294	-0.06082463
0.296	0.31206919
0.300	0.54514595
0.303	0.80978424
0.314	1.06209152



REGISTRO

F-MTCC.02.02
Edición Primera

LIBERACIÓN DE MATERIA PRIMA

ESTADO DEL INFORME
SOLICITADO POR : **EN PROCESO**
Dpto de Producción

LOTE DE PRODUCCIÓN : LA002878

LARGO PROMEDIO : mm

PESO PROMEDIO : Kg/ m

PEDIDO: N° 07,07,00357

PESO DE ARRIBO A PLANTA : 2436789 Kg

GRADO : SAE 1020

SECCION: 130 X 130

PROVEEDOR :U.S.A.

PROCEDENCIA : FLOYDS, SOUTH CAROLINA

GRADO : SAE 1020

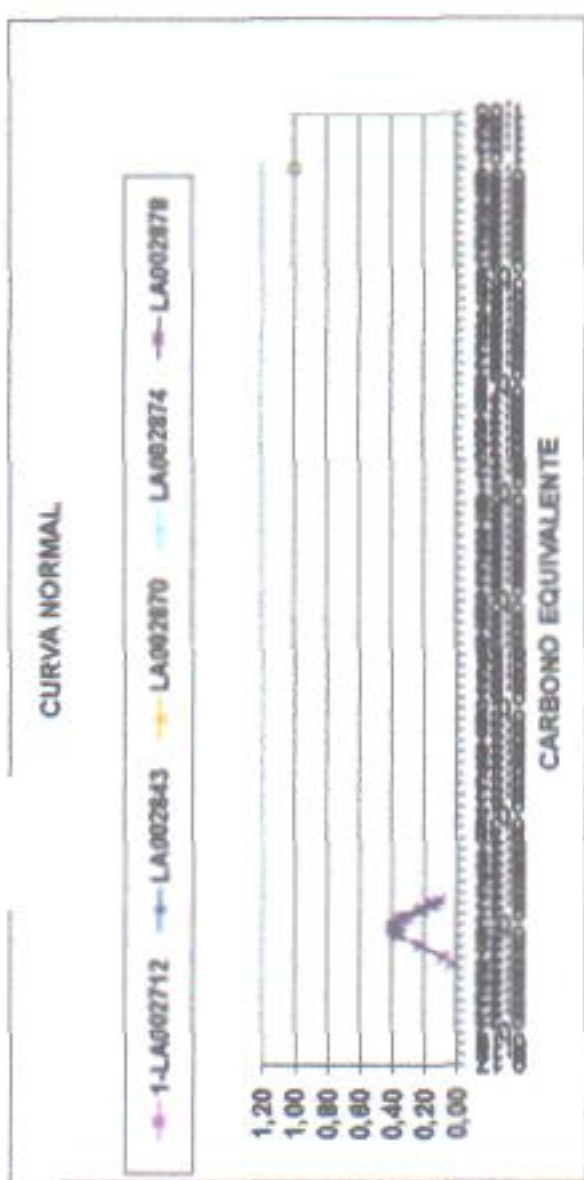
NUMERO DE UNIDADES :

GRADO : SAE 1020

N°	COLADA	Carbono Equivalente	% C	% Si	% Mn	% S	% P	% Cu	% Ni	% Cr	% Sn	% Al	% Mo	% V	Az (%)	N2 (%)	% Nb x 100	% Ti x 100	CE	PESO POR COLADA KG	NUMERO DE BULTOS	Numero de unidades	PESO POR UNIDAD Kg
1	774884	0.203	0.18	0.14	0.37	0.030	0.010	0.26	0.08	0.11			0.019	0.003		0.000	0.000	0.28					
2	774889	0.203	0.18	0.14	0.37	0.030	0.010	0.26	0.08	0.11			0.019	0.003		0.000	0.000	0.28					
3	774883	0.209	0.19	0.14	0.36	0.040	0.010	0.25	0.07	0.07			0.016	0.004		0.000	0.000	0.29					
4	774897	0.281	0.20	0.12	0.36	0.040	0.010	0.26	0.08	0.11			0.010	0.003		0.000	0.000	0.30					
5	774871	0.290	0.20	0.11	0.41	0.040	0.010	0.26	0.08	0.12			0.010	0.003		0.000	0.000	0.31					
6	774886	0.201	0.21	0.13	0.38	0.040	0.010	0.28	0.07	0.08			0.010	0.002		0.000	0.000	0.31					
7	774884	0.202	0.21	0.10	0.38	0.040	0.010	0.28	0.08	0.08			0.010	0.003		0.000	0.000	0.31					
8	774884	0.202	0.21	0.10	0.38	0.040	0.010	0.28	0.08	0.08			0.010	0.003		0.000	0.000	0.31					
9	774888	0.202	0.21	0.11	0.37	0.040	0.010	0.27	0.08	0.09			0.010	0.003		0.000	0.000	0.31					
10	774878	0.202	0.20	0.09	0.41	0.030	0.010	0.23	0.09	0.14			0.010	0.004		0.000	0.000	0.31					
11	774873	0.202	0.20	0.10	0.44	0.040	0.010	0.26	0.08	0.08			0.010	0.003		0.000	0.000	0.31					
12	774870	0.203	0.20	0.10	0.43	0.040	0.010	0.26	0.08	0.11			0.010	0.003		0.000	0.000	0.31					
13	774879	0.205	0.20	0.10	0.45	0.040	0.010	0.23	0.08	0.08			0.010	0.003		0.000	0.000	0.31					
14	774875	0.207	0.20	0.09	0.44	0.040	0.010	0.24	0.09	0.14			0.010	0.003		0.000	0.000	0.32					
15	774882	0.208	0.20	0.11	0.37	0.040	0.010	0.25	0.08	0.07			0.010	0.003		0.000	0.000	0.31					
16	774874	0.209	0.21	0.10	0.41	0.040	0.010	0.25	0.08	0.11			0.010	0.003		0.000	0.000	0.32					
17	774872	0.200	0.21	0.09	0.41	0.040	0.010	0.27	0.08	0.11			0.010	0.003		0.000	0.000	0.32					
18	774881	0.203	0.20	0.10	0.41	0.040	0.010	0.20	0.09	0.08			0.010	0.003		0.000	0.000	0.32					
19	774889	0.205	0.22	0.10	0.39	0.040	0.010	0.27	0.08	0.10			0.010	0.003		0.000	0.000	0.32					
20	774878	0.206	0.20	0.10	0.41	0.040	0.010	0.25	0.08	0.11			0.010	0.002		0.000	0.000	0.33					
21	774882	0.208	0.20	0.11	0.41	0.040	0.010	0.26	0.08	0.13			0.010	0.003		0.000	0.000	0.33					
22	774884	0.213	0.20	0.11	0.44	0.040	0.010	0.26	0.08	0.13			0.010	0.004		0.000	0.000	0.34					
23	774885	0.214	0.21	0.10	0.40	0.040	0.010	0.26	0.08	0.11			0.010	0.004		0.000	0.000	0.33					
24	774880	0.216	0.22	0.09	0.48	0.040	0.010	0.22	0.08	0.07			0.010	0.003		0.000	0.000	0.33					
25	774877	0.219	0.21	0.11	0.41	0.040	0.010	0.27	0.08	0.14			0.010	0.004		0.000	0.000	0.34					
26	774876	0.219	0.21	0.11	0.41	0.040	0.010	0.27	0.08	0.14			0.010	0.004		0.000	0.000	0.34					
27	774883	0.222	0.21	0.12	0.42	0.040	0.020	0.28	0.08	0.15			0.010	0.004		0.000	0.000	0.35					
DESV		0.016	0.010	0.015	0.060	0.003	0.002	0.018	0.004	0.024			0.000	0.001		0.000	0.000	0.017					
max		0.222	0.220	0.140	0.640	0.040	0.020	0.280	0.090	0.150			0.010	0.004		0.000	0.000	0.350					
min		0.203	0.190	0.090	0.340	0.030	0.010	0.200	0.070	0.070			0.010	0.002		0.000	0.000	0.280					
Promedio		0.207	0.204	0.108	0.436	0.039	0.010	0.266	0.080	0.107			0.010	0.003		0.000	0.000	0.317					

ESPECIFICACION NORMA SAE J-403
SAE 1020 0.18-0.23

0.35-0.60 MAX.0.05 MAX.0.03



ENTREGADO POR
Responsable de Materia Prima

APROBADO POR
Control de Calidad



REGISTRO

F-MTCC.02.02

Edición : Primera

LIBERACIÓN DE MATERIA PRIMA

ESTADO DEL INFORME

TERMINADA

SOLICITADO POR :

Dpto de Producción

LOTE DE PRODUCCIÓN :

LA002886

LARGO PROMEDIO :

8986,3 mm

PESO PROMEDIO :

132,39 kg/m

PEDIDO: N° 07.10.00366

SECCION: 130 X 130

PROVEEDOR :S.R.L.

PROCEDENCIA : U.S.A (FLOYDS SOUTH CAROLINA)

Fecha en Pakin Llist : 2007-12-12

PESO DE ARRIBO A PLANTA :

2135196 Kg

GRADO : SAE 1020

NUMERO DE UNIDADES : 1801

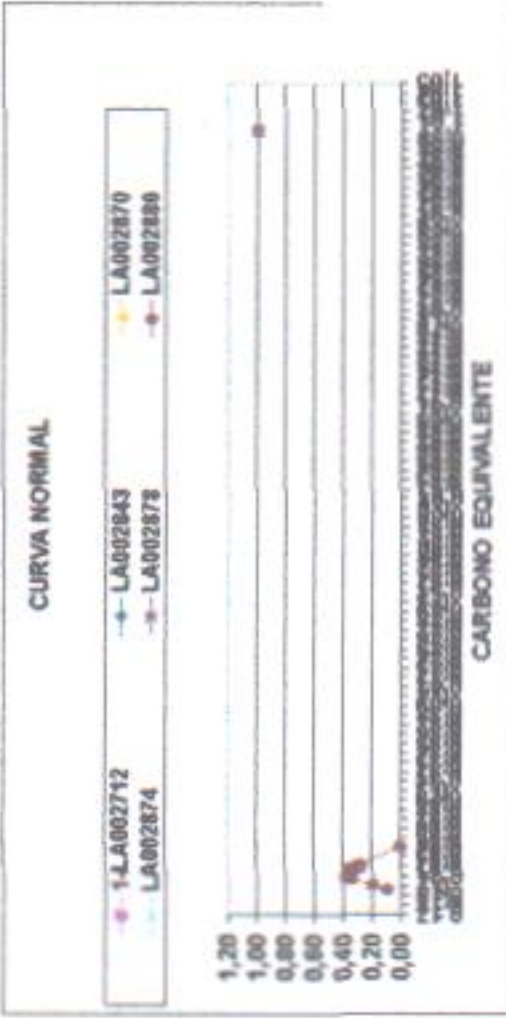
GRADO : SAE 1020

N° COLADA	Carbono Equivalente	% C	% Mn	% Si	% S	% P	% V	% Nb	% Cu	% Cr	% Ni	% Mo	% Co	A1 (%)	N2 (%)	% Sn	% Ti + Nb	Al	PESO POR COLADA KG	NUMERO DE BULTOS	Numero de unidades	PESO POR LIBRADO KG
1	717122	0.18	0.38	0.080	0.040	0.010	0.003	0.000	0.210	0.160	0.070	0.010	0.300					253797.0	97	97	2618.5	
2	717123	0.18	0.39	0.100	0.040	0.010	0.003	0.000	0.220	0.110	0.070	0.010	0.260					233044.0	80	80	2618.5	
3	717120	0.18	0.37	0.100	0.040	0.010	0.004	0.000	0.230	0.130	0.070	0.010	0.260					251428.0	98	98	2618.1	
4	717126	0.20	0.38	0.080	0.040	0.010	0.004	0.000	0.230	0.130	0.070	0.010	0.310					262345.0	100	100	2623.3	
5	717125	0.20	0.39	0.080	0.040	0.010	0.004	0.000	0.230	0.130	0.070	0.010	0.310					272315.0	104	104	2618.4	
6	717124	0.20	0.40	0.080	0.040	0.010	0.005	0.000	0.230	0.130	0.070	0.010	0.310					238158.0	91	91	2617.1	
7	717123	0.20	0.42	0.100	0.040	0.010	0.003	0.000	0.220	0.120	0.080	0.010	0.310					246801.0	94	94	2625.5	
8	717122	0.20	0.38	0.080	0.040	0.010	0.005	0.000	0.230	0.110	0.080	0.010	0.300					276091.0	104	104	2645.1	
9	717121	0.20	0.43	0.100	0.040	0.010	0.002	0.000	0.230	0.110	0.080	0.010	0.310					220589.0	84	84	2625.8	
10	717121	0.20	0.38	0.100	0.040	0.010	0.004	0.000	0.230	0.130	0.070	0.010	0.310					248527.0	94	94	2624.8	
11	717119	0.20	0.40	0.100	0.040	0.010	0.001	0.000	0.230	0.130	0.080	0.010	0.310					267377.0	98	98	2626.3	
12	717128	0.21	0.38	0.080	0.040	0.010	0.005	0.000	0.230	0.140	0.070	0.010	0.320					243115.0	83	83	2614.1	
13	717128	0.21	0.38	0.080	0.040	0.010	0.004	0.000	0.230	0.130	0.070	0.010	0.320					251159.0	83	83	2614.1	
14	717126	0.21	0.39	0.080	0.040	0.010	0.003	0.000	0.230	0.110	0.080	0.010	0.310					276095.0	96	96	2615.2	
15	717124	0.21	0.42	0.110	0.040	0.010	0.003	0.000	0.240	0.140	0.080	0.010	0.330					251343.0	98	98	2619.2	
16	717118	0.21	0.42	0.110	0.040	0.010	0.003	0.000	0.230	0.130	0.080	0.010	0.320					239634.0	90	90	2629.3	
17	717121	0.21	0.43	0.110	0.040	0.010	0.002	0.000	0.240	0.100	0.070	0.010	0.320					267628.0	102	102	2625.8	
18	717120	0.21	0.44	0.100	0.040	0.010	0.003	0.000	0.260	0.110	0.080	0.010	0.320					241966.0	92	92	2630.4	
19	717117	0.23	0.46	0.130	0.030	0.010	0.005	0.010	0.230	0.140	0.080	0.010	0.350					189673.0	75	75	2627.3	
DESV		0.010	0.026	0.010	0.003	0.000	0.001	0.002	0.011	0.014	0.005	0.000	0.014					4734736	8.00E+09	1801		
max		0.240	0.460	0.130	0.040	0.010	0.005	0.010	0.260	0.160	0.080	0.010	0.350						0.000	0.000		
min		0.180	0.370	0.080	0.030	0.010	0.001	0.000	0.210	0.100	0.070	0.010	0.290						0.000	0.000		
Promedio		0.212	0.403	0.099	0.038	0.010	0.003	0.001	0.232	0.126	0.074	0.010	0.313						8.00E+09	8.00E+09		

ESPECIFICACION NORMA SAE J403

SAE 1020 0.18-0.23 0.30-0.60

MAX 0.06 MAX 0.03



ENTREGADO POR
Responsable de Materia Prima

APROBADO POR
Control de Calidad

E.O	#	CONSTANTE
0.100	-1.840000E	0.3000
0.200	-1.151492E	0.3000
		-1.348914
		-0.001313