

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Electromecánica

**REDISEÑO DE LA RED DE VAPOR DE LA FÁBRICA NACIONAL DE
LICORES**

Informe de práctica de especialidad para optar por el título de Ingeniero
en Mantenimiento Industrial con el grado académico de licenciatura

Fabricio Hidalgo Rodríguez

Cartago, agosto 2020

Profesor guía

Ing. Julio Andrés Morera Hidalgo.

Asesor Industrial

Ing. Esteban Oviedo Alfaro.

Tribunal examinador

Ing. Francisco Bonilla Guido.

Ing. Nicolás Vaquerano Pineda.

Información del estudiante

Nombre: Fabricio Hidalgo Rodríguez.

Número de cédula: 2 0766 0813.

Número de carné: 2015 089132.

Números de teléfono: 7164 1800.

Correo electrónico: fabrihid19@gmail.com

Dirección exacta de domicilio: San Juan de Grecia, Alajuela, 400 metros este de la escuela San Juan, camino a San Luis.

Información del proyecto

Nombre: Rediseño de la red de vapor de la Fábrica Nacional de Licores.

Profesor Asesor: Ing. Julio Andrés Morera Hidalgo.

Horario de trabajo del estudiante: lunes a viernes de 8:00 a.m. a 3:30 p.m.

Datos de la Empresa

Nombre: Fabrica Nacional de Licores.

Actividad Principal: Producción y comercialización de alcoholes para la industria y bebidas alcohólicas.

Dirección: Rincón de Salas, Grecia, Alajuela.

Contacto: Esteban Oviedo Alfaro.

Teléfono: 2444 3473.

Resumen: Rediseño de la red de vapor de la Fábrica Nacional de Licores

Problema detectado: La Fábrica Nacional de Licores (FANAL) es una empresa dedicada a la producción y comercialización de alcoholes para la industria y bebidas alcohólicas. Con el fin de realizar el proceso de confección de alcohol FANAL dispone de un sistema de vapor que permite aportar energía en forma de calor en los equipos que así lo necesiten. El sistema de vapor cuenta con 2 calderas pirotubulares con capacidad de generación de 11 200 kg/h de vapor cada una. Asimismo, el sistema de distribución suministra vapor a 4 zonas de la planta (destilación, confección de licores, envase y vena de vapor). Las tuberías y accesorios fueron instalados desde 1981 cuando FANAL cambió su sede de San José a la localidad de Grecia y se mantienen sin ningún cambio. Actualmente el consumo máximo de vapor se estima en tan solo 3780 kg/h.

La baja demanda de vapor comparada con la capacidad de las calderas, aunado a fugas, deterioro en aislamiento y la presencia de un sistema de retorno de condensados pobre, lleva a una eficiencia baja en las calderas, de aproximadamente 61%, lo cual se ve reflejado en un total de ₡374 564 61 asociados a costos operativos (combustible, tratamientos químicos y mantenimiento).

Descripción del proyecto: El proyecto se basa en un rediseño del sistema de vapor de la planta, con equipos ajustados a las necesidades del sistema. Se propone una mejora en el diseño de la zona de confección de licores que permitirá tener mayor facilidad y seguridad en el lavado de tanques, además del uso de vapor en otras áreas como la cocina (marmitas) y el Departamento de Mantenimiento. Por su parte, se pretende colocar trampas de vapor en puntos estratégicos, además de retornar algunos condensados que están siendo enviados a la cañería; también se busca ubicar aislamiento en ciertos tramos y válvulas que se encuentran desnudos. Estas últimas medidas procuran disminuir las necesidades energéticas de las calderas aumentando sus eficiencias.

Se contempla presurizar el tanque de retorno de condensados, pasándolo de 0 kPa a 200 kPa manométricos, esto permitirá que los condensados retornados mantengan su capacidad energética, además se incluye la adquisición de un intercambiador de calor que permita aumentar la temperatura del agua de reposición externa con ayuda del calor presente en las purgas continuas. Se estima un incremento en la temperatura del agua de entrada de la caldera de 28°C, que, aunado a las otras medidas de mejora, harán que las calderas pasen a tener una eficiencia de 68,2%.

Inversión: Se estima una inversión de ₡113 383 013, de los cuales ₡84 848 840 son correspondientes a equipos y accesorios mientras que ₡28 534 174 están asociados a la instalación del sistema.

Resultados económicos: la implementación del proyecto podría traer ahorros anuales en los costos operativos de ₡43 123 741 y evaluando el proyecto en 4 años con una tasa de descuento de 10%, se espera un VAN de ₡23 313 442, un TIR de 19% y se estima un período de recuperación de 3 años y 3 meses, haciendo que el proyecto sea rentable.

Otros aportes: además de las ventajas ya citadas, la implementación del proyecto permitirá reducir las emisiones de dióxido de carbono equivalentes en 523 859 kg por año, mitigando así el impacto ambiental de la Fábrica Nacional de Licores, lo cual permite aportar al Gobierno de Costa Rica en el camino a la descarbonización del país.

Abstract: Steam system redesign of the National Liquor Factory

Problem detected: The National Liquor factory (FANAL) is a company in charge of production and commercialization of industrial alcohols and alcoholic beverages. In order to carry out the alcohol preparation process, FANAL has a steam system that allows energy to be supplied in the form of heat to equipment that needs it. The steam system has 2 fire tube boilers each one with a generation capacity of 11,200 kg/h of steam. Similarly, the distribution system supplies steam to 4 areas of the plant (distillation, liqueur making, packaging and steam vein). The pipes and fittings were installed since 1981 when FANAL changed its headquarters from San José to Grecia and they remain unchanged. Currently the maximum demand for steam is estimated at just 3,780 kg/h.

The low steam demand compared to the capacity of the boilers, combined with leaks, deterioration in insulation and the presence of a poor condensate return system, leads to a low efficiency in the boilers, of approximately 61%, which is seen reflected in a total of ₡ 374 564 61 associated with operating costs (fuel, chemical treatments and maintenance).

Project description: The project is based on a redesign of the plant's steam system, with equipment adjusted to the needs of the factory. An improvement is proposed in the design of the liquor manufacturing area that will allow greater ease and safety in tank washing, in addition to the use of steam in other areas such as the kitchen (kettles) and the Maintenance Department. In addition, it is intended to place steam traps at strategic points, it also seeks to return some condensates that are being discarded. Besides, the design contemplates locating insulation in certain sections and valves that are completely bare. These last ideas try to reduce the energy needs of the boilers, increasing their efficiencies.

The project contemplates pressurizing the condensate return tank, passing it from a pressure of 0 kPa to 200 kPa gauge, this allows the returned condensates to maintain their energy capacity, in addition, the design includes the acquisition of a heat exchanger that increases the external make-up water temperature with the help of the heat present in continuous drains. An increase in the boiler inlet water temperature of 28 ° C is estimated, which, together with the other improvement actions, will make the boilers have an efficiency of 68.2%.

Investment: an investment of ₡113 383 013 is estimated, of which ₡ 84 848 840 correspond to equipment and accessories, while ₡28 534 174 are associated with the installation of the system.

Economic results: the implementation of the project could bring annual savings in operating costs of ₡43 123 74, if the investment is evaluated in 4 years with a rate of return of 10%, a NPV of ₡23 313 442 and a IRR 19% are expected, finally a recovery period of 3 years and 3 months is estimated, making the project profitable.

Other contributions: in addition to the advantages already mentioned, the implementation of the project will reduce the equivalent carbon dioxide emissions by 523 859 kg per year, thus mitigating the environmental impact of the National Liquor Factory, which allows it to contribute to the Government of Costa Rica on the road to decarbonization of the country.

Tabla 1. Simbología y acrónimos

Símbolo	Descripción
<i>aa</i>	Acarreo anticipado
<i>A</i>	Área
Δ	Cambio
<i>c_p</i>	Calor específico
<i>Q</i>	Caudal
<i>k</i>	Conductividad térmica
<i>h</i>	Coefficiente de convección
α	Coefficiente de expansión térmica
<i>C_v</i>	Coefficiente de la válvula
<i>U</i>	Coefficiente de pérdidas de calor
ρ	Densidad
<i>d</i>	Diámetro
η	Eficiencia
δ	Elongación térmica
<i>E</i>	Energía
<i>h_{fg}</i>	Entalpía de vaporización
<i>F</i>	Factor de diseño de tuberías
<i>FS</i>	Factor de seguridad
<i>y</i>	Factor de velocidad
\dot{Q}	Flujo de calor
\dot{m}	Flujo másico
<i>INV</i>	Inversión
<i>L</i>	Longitud
<i>Nu</i>	Número de Nusselt
<i>Pr</i>	Número de Prandtl
<i>Re</i>	Número de Reynolds
<i>ppm</i>	Partes por millón
<i>P</i>	Presión
<i>cc</i>	Poder calorífico
<i>r</i>	Radio
<i>R</i>	Resistencia térmica
<i>rend</i>	Tasa de rendimiento
<i>T</i>	Temperatura
<i>t</i>	Tiempo
<i>VA</i>	Valor actual
<i>VF</i>	Valor futuro
<i>V</i>	Volumen
<i>v</i>	Velocidad
μ	Viscosidad dinámica

Fuente: propia.

CONTENIDO

1. Introducción	23
1.1. Objetivos	23
1.2. Alcance	23
1.3. Emplazamiento	26
2. Datos de partida de diseño	30
2.1. Parámetros de operación	30
2.2. Entorno físico del diseño	31
2.3. Estado del sistema actual	32
3. Diseño del sistema.....	43
3.1. Aspectos generales del diseño	43
3.2. Selección de componentes del sistema	63
3.3. Verificación del diseño	99
4. Análisis de viabilidad del proyecto	102
4.1. Perfil de consumo energético y costos actuales	102
4.2. Perfil de consumo energético y costos a futuro planteados	111
4.3. Estimación de ahorro anual	125
4.4. Inversión requerida	125
4.5. Cálculo de rentabilidad.....	138
5. Impacto ambiental.....	140
6. Conclusiones	144
6.1. Resumen de resultados y aportes del proyecto	144
6.2. Recomendaciones	145

6.3. Líneas de trabajo futuro	146
7. Bibliografía	149
8. Anexos	153
8.1. Memoria de cálculo	153
8.2. Informes de simulaciones	264
9. Apéndices	339
9.1. Información para el diseño	339
9.2. Cotizaciones	381

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de la Fábrica Nacional de Licores	26
Figura 2. Proceso productivo de la Fábrica Nacional de Licores.....	27
Figura 3. Torres del proceso de destilación	28
Figura 4. Área de confección	29
Figura 5. Área de embotellado	29
Figura 6. Sistema de vapor estado actual.....	32
Figura 7. Calderas del sistema de Vapor	33
Figura 8. Sección de tubería no aislada.....	34
Figura 9. Cabezal principal	35
Figura 10. Cabezal Destilación	35
Figura 11. Trampeo existente de línea	36
Figura 12. Torre Hidroselectora (C536)	37
Figura 13. Torre Rectificadora (C540)	38
Figura 14. Torre Deshidratadora (C570).....	39
Figura 15. Torre Recuperadora (C580).....	40
Figura 16. Toma de vapor a confección.....	41
Figura 17. Máquina Lavadora de botellas.....	42
Figura 18. Trampeo a cañería	42
Figura 19. Típicos sistemas de trazado	46
Figura 20. Detalles de montaje mecánico en venas de vapor	46
Figura 21. Dimensiones recomendadas para para piernas colectoras.....	47
Figura 22. Distribución de vapor a niveles superiores.....	48
Figura 23. Red de resistencias para cilindro de 3 capas.....	51
Figura 24. Número de Nusselt para una sección cilíndrica	52

Figura 25. Número de Nusselt para un flujo laminar completamente desarrollado en una tubería circular	53
Figura 26. Conexión de válvula reductora recomendada.....	55
Figura 27. Coeficiente de pérdidas de calor	58
Figura 28. Recomendación de trampas de vapor según su aplicación	60
Figura 29. Diagrama del sistema Propuesto.....	63
Figura 30. Zonas de uso de vapor en la planta.....	65
Figura 31. Capacidad y designación válvula de compuerta Bridadas	82
Figura 32. Datos técnicos para la válvula GP2000	84
Figura 33. Capacidades de la válvula modelo GP2000	84
Figura 34. Capacidades para válvula de seguridad modelo 19K	85
Figura 35. Número de modelos para trampa seleccionada.....	86
Figura 36. Capacidad del filtro modelo CA	87
Figura 37. Características del venteador TV-2.....	88
Figura 38. Características del expansor Metragator 4 in.....	89
Figura 39. Características de los separadores.....	90
Figura 40. Capacidades de los separadores de vapor.....	90
Figura 41. Capacidades de la trampa de Balde invertido 812.....	93
Figura 42. Dimensiones de las trampas de vapor de balde invertido 800-813	94
Figura 43. Comprobación de tubería AC	99
Figura 44. Comprobación válvula reductora RED1	100
Figura 45. Comprobación trampa de vapor TR1	101
Figura 46. Incremento de la eficiencia de una caldera a partir del precalentamiento del agua de alimentación.....	119
Figura 47. Oxígeno disuelto vs Temperatura del agua	122

Figura 48. Comprobación de tubería BC	264
Figura 49. Comprobación de tubería AD	264
Figura 50. Comprobación de tubería BE.....	265
Figura 51. Comprobación de tubería CF.....	265
Figura 52. Comprobación de tubería CAN.....	266
Figura 53. Comprobación de tubería CAÑ.....	266
Figura 54. Comprobación de tubería FG	267
Figura 55. Comprobación de tubería GH.....	267
Figura 56. Comprobación de tubería HC540	268
Figura 57. Comprobación de tubería GI.....	268
Figura 58. Comprobación de tubería IC536.....	269
Figura 59. Comprobación de tubería GJ.....	269
Figura 60. Comprobación de tubería JC570	270
Figura 61. Comprobación de tubería GK	270
Figura 62. Comprobación de tubería KC580.....	271
Figura 63. Comprobación de tubería FL	271
Figura 64. Comprobación de tubería LM	272
Figura 65. Comprobación de tubería M1	272
Figura 66. Comprobación de tubería MN.....	273
Figura 67. Comprobación de tubería N2.....	273
Figura 68. Comprobación de tubería NÑ	274
Figura 69. Comprobación de tubería Ñ3.....	274
Figura 70. Comprobación de tubería ÑO	275
Figura 71. Comprobación de tubería O4.....	275
Figura 72. Comprobación de tubería LP	276

Figura 73. Comprobación de tubería PQ	276
Figura 74. Comprobación de tubería QR	277
Figura 75. Comprobación de tubería QS	277
Figura 76. Comprobación de tubería PT	278
Figura 77. Comprobación de tubería TU.....	278
Figura 78. Comprobación de tubería U1.....	279
Figura 79. Comprobación de tubería UV	279
Figura 80. Comprobación de tubería V2.....	280
Figura 81. Comprobación de tubería VW.....	280
Figura 82. Comprobación de tubería W3	281
Figura 83. Comprobación de tubería WX.....	281
Figura 84. Comprobación de tubería X4.....	282
Figura 85. Comprobación de tubería XY.....	282
Figura 86. Comprobación de tubería Y5.....	283
Figura 87. Comprobación de tubería YZ.....	283
Figura 88. Comprobación de tubería Z6	284
Figura 89. Comprobación de tubería ZAA	284
Figura 90. Comprobación de tubería AA7.....	285
Figura 91. Comprobación de tubería TAB	285
Figura 92. Comprobación de tubería ABAC.....	286
Figura 93. Comprobación de tubería ABAD.....	286
Figura 94. Comprobación de tubería AD1	287
Figura 95. Comprobación de tubería ADAE.....	287
Figura 96. Comprobación de tubería AE2.....	288
Figura 97. Comprobación de tubería AEAF	288

Figura 98. Comprobación de tubería AF3.....	289
Figura 99. Comprobación de tubería AFAG.....	289
Figura 100. Comprobación de tubería AG4	290
Figura 101. Comprobación de tubería AGAH	290
Figura 102. Comprobación de tubería AH5	291
Figura 103. Comprobación de tubería AHA1	291
Figura 104. Comprobación de tubería AI6	292
Figura 105. Comprobación de tubería AIAJ.....	292
Figura 106. Comprobación de tubería AJ7	293
Figura 107. Comprobación de tubería HAK.....	293
Figura 108. Comprobación de tubería HAL	294
Figura 109. Comprobación de tubería SAM.....	294
Figura 110. Comprobación válvula reductora RED2	295
Figura 111. Comprobación válvula reductora RED3	295
Figura 112. Comprobación válvula reductora RED4	296
Figura 113. Comprobación válvula reductora RED5	296
Figura 114. Comprobación Trampa de vapor TR1 (Opción 2)	297
Figura 115. Comprobación Trampa de vapor TR2 (Opción 1)	297
Figura 116. Comprobación Trampa de vapor TR2 (Opción 2)	298
Figura 117. Comprobación Trampa de vapor TR3 (Opción 1)	298
Figura 118. Comprobación Trampa de vapor TR3 (Opción 2)	299
Figura 119. Comprobación Trampa de vapor TR4 (Opción 1)	299
Figura 120. Comprobación Trampa de vapor TR4 (Opción 2)	300
Figura 121. Comprobación Trampa de vapor TR5 (Opción 1)	300
Figura 122. Comprobación Trampa de vapor TR5 (Opción 2)	301

Figura 123. Comprobación Trampa de vapor TR6 (Opción 1)	301
Figura 124. Comprobación Trampa de vapor TR6 (Opción 2)	302
Figura 125. Comprobación Trampa de vapor TR7 (Opción 1)	302
Figura 126. Comprobación Trampa de vapor TR7 (Opción 2)	303
Figura 127. Comprobación Trampa de vapor TR8 (Opción 1)	303
Figura 128. Comprobación Trampa de vapor TR8 (Opción 2)	304
Figura 129. Comprobación Trampa de vapor TR9 (Opción 1)	304
Figura 130. Comprobación Trampa de vapor TR9 (Opción 2)	305
Figura 131. Comprobación Trampa de vapor TR10 (Opción 1)	305
Figura 132. Comprobación Trampa de vapor TR10 (Opción 2)	306
Figura 133. Comprobación Trampa de vapor TR11 (Opción 1)	306
Figura 134. Comprobación Trampa de vapor TR11 (Opción 2)	307
Figura 135. Comprobación Trampa de vapor TR12 (Opción 1)	307
Figura 136. Comprobación Trampa de vapor TR12 (Opción 2)	308
Figura 137. Comprobación Trampa de vapor TR13 (Opción 1)	308
Figura 138. Comprobación Trampa de vapor TR13 (Opción 2)	309
Figura 139. Comprobación Trampa de vapor TR14 (Opción 1)	309
Figura 140. Comprobación Trampa de vapor TR14 (Opción 2)	310
Figura 141. Comprobación Trampa de vapor TR15 (Opción 1)	310
Figura 142. Comprobación Trampa de vapor TR15 (Opción 2)	311
Figura 143. Comprobación Trampa de vapor TR16 (Opción 1)	311
Figura 144. Comprobación Trampa de vapor TR16 (Opción 2)	312
Figura 145. Comprobación Trampa de vapor TR17 (Opción 1)	312
Figura 146. Comprobación Trampa de vapor TR17 (Opción 2)	313
Figura 147. Comprobación Trampa de vapor TR18 (Opción 1)	313

Figura 148. Comprobación Trampa de vapor TR18 (Opción 2)	314
Figura 149. Comprobación Trampa de vapor TR19 (Opción 1)	314
Figura 150. Comprobación Trampa de vapor TR19 (Opción 2)	315
Figura 151. Comprobación Trampa de vapor TR20 (Opción 1)	315
Figura 152. Comprobación Trampa de vapor TR20 (Opción 2)	316
Figura 153. Comprobación Trampa de vapor TR21 (Opción 1)	316
Figura 154. Comprobación Trampa de vapor TR21 (Opción 2)	317
Figura 155. Comprobación Trampa de vapor TR22 (Opción 1)	317
Figura 156. Comprobación Trampa de vapor TR22 (Opción 2)	318
Figura 157. Comprobación Trampa de vapor TR23 (Opción 1)	318
Figura 158. Comprobación Trampa de vapor TR23 (Opción 2)	319
Figura 159. Comprobación Trampa de vapor TR24 (Opción 1)	319
Figura 160. Comprobación Trampa de vapor TR24 (Opción 2)	320
Figura 161. Comprobación Trampa de vapor TR25 (Opción 1)	320
Figura 162. Comprobación Trampa de vapor TR25 (Opción 2)	321
Figura 163. Comprobación Trampa de vapor TR26 (Opción 1)	321
Figura 164. Comprobación Trampa de vapor TR26 (Opción 2)	322
Figura 165. Comprobación Trampa de vapor TR27 (Opción 1)	322
Figura 166. Comprobación Trampa de vapor TR27 (Opción 2)	323
Figura 167. Comprobación Trampa de vapor TR28 (Opción 1)	323
Figura 168. Comprobación Trampa de vapor TR28 (Opción 2)	324
Figura 169. Comprobación Trampa de vapor TR29 (Opción 1)	324
Figura 170. Comprobación Trampa de vapor TR29 (Opción 2)	325
Figura 171. Comprobación Trampa de vapor TR30 (Opción 1)	325
Figura 172. Comprobación Trampa de vapor TR30 (Opción 2)	326

Figura 173. Comprobación Trampa de vapor TR31 (Opción 1)	326
Figura 174. Comprobación Trampa de vapor TR31 (Opción 2)	327
Figura 175. Comprobación Trampa de vapor TR32 (Opción 1)	327
Figura 176. Comprobación Trampa de vapor TR32 (Opción 2)	328
Figura 177. Comprobación Trampa de vapor TR33 (Opción 1)	328
Figura 178. Comprobación Trampa de vapor TR33 (Opción 2)	329
Figura 179. Comprobación Trampa de vapor TR34 (Opción 1)	329
Figura 180. Comprobación Trampa de vapor TR34 (Opción 2)	330
Figura 181. Comprobación Trampa de vapor TR35 (Opción 1)	330
Figura 182. Comprobación Trampa de vapor TR35 (Opción 2)	331
Figura 183. Comprobación Trampa de vapor TR36 (Opción 1)	331
Figura 184. Comprobación Trampa de vapor TR36 (Opción 2)	332
Figura 185. Comprobación Trampa de vapor TR37 (Opción 1)	332
Figura 186. Comprobación Trampa de vapor TR37 (Opción 2)	333
Figura 187. Comprobación Trampa de vapor TR38 (Opción 1)	333
Figura 188. Comprobación Trampa de vapor TR38 (Opción 2)	334
Figura 189. Comprobación Trampa de vapor TR39 (Opción 1)	334
Figura 190. Comprobación Trampa de vapor TR39 (Opción 2)	335
Figura 191. Comprobación Trampa de vapor TR40 (Opción 1)	335
Figura 192. Comprobación Trampa de vapor TR40 (Opción 2)	336
Figura 193. Comprobación Trampa de vapor TR41 (Opción 1)	336
Figura 194. Comprobación Trampa de vapor TR41 (Opción 2)	337
Figura 195. Comprobación Trampa de vapor TR42 (Opción 1)	337
Figura 196. Comprobación Trampa de vapor TR42 (Opción 2)	338
Figura 197. Propiedades termodinámicas del agua	339

Figura 198. Propiedades termodinámicas del Aire.....	340
Figura 199. Propiedades termodinámicas del agua comprimida.....	341
Figura 200. Densidad del búnker C (fuel oil 6) vs temperatura	342
Figura 201. Calor específico del búnker C (fuel oil 6) a diferentes temperaturas	343
Figura 202. Productos de la combustión de derivados del petróleo	344
Figura 203. Porcentaje de Vapor flash.....	344
Figura 204. Temperatura de Proceso vs Tipo de trazado	345
Figura 205. Espesores de aislamiento típicos.....	345
Figura 206. Temperatura de proceso a mantener (1)	346
Figura 207. Temperatura de proceso a mantener (2)	347
Figura 208. Número de trazas de 15mm recomendadas (1).....	348
Figura 209. Número de trazas de 15mm recomendadas (2).....	349
Figura 210. Factores de corrección por temperatura ambiente mínima	350
Figura 211. Factores de corrección por tipo de aislamiento.....	351
Figura 212. Distancias de trampeo	352
Figura 213. Factores de presión	353
Figura 214. Factores de capacidad de tubería y caída de presión.....	354
Figura 215. Longitud equivalente de accesorios para tuberías de cédula 40.....	355
Figura 216. Dimensiones de las tuberías (1)	355
Figura 217. Dimensiones de las tuberías (2)	356
Figura 218. Dimensiones de las tuberías (3)	357
Figura 219. Dimensiones de las tuberías (4)	357
Figura 220. Dimensiones de las tuberías (5)	358
Figura 221. Coeficiente de conducción para acero al carbono a diferentes temperaturas .	358

Figura 222. Coeficiente de conducción para fibra mineral 1000F (Temperatura en [°F] y Coeficiente en [Btu in / h ft ² °F])	359
Figura 223. Capacidad y designación válvula de Globo Bridada	360
Figura 224. Capacidad de la válvula de Compuerta Roscada	361
Figura 225. Designación de la válvula de Compuerta Roscada.....	361
Figura 226. Capacidad de válvula de Globo Roscada	362
Figura 227. Designación de válvula de Globo Roscada.....	362
Figura 228. Capacidad y designación válvula de Bola Roscada.....	363
Figura 229. Guía de selección.....	363
Figura 230. Datos técnicos para la válvula GP1000	364
Figura 231. Capacidades de la válvula modelo GP1000	364
Figura 232. Capacidades de las válvulas de seguridad baja presión.....	365
Figura 233. Modelos disponibles de válvulas de seguridad a baja presión	365
Figura 234. Identificación de malla para filtros.....	366
Figura 235. Características del expansor Metragator 6 in.....	367
Figura 236. Capacidades de la trampa de Balde Invertido 800.....	368
Figura 237. Capacidades de la trampa de Balde Invertido 811.....	368
Figura 238. Capacidades de la trampa de Balde Invertido 816.....	369
Figura 239. Dimensiones de las trampas de vapor de balde invertido 814-816	369
Figura 240. Capacidades de la trampa de Flotador y termostato 75 Al.....	370
Figura 241. Capacidades de la trampa de Flotador y termostato 125 Al.....	370
Figura 242. Dimensiones de las trampas de vapor de Flotador y termostato A-Al	371
Figura 243. Designación de las trampas de vapor de Flotador y termostato A-Al.....	371
Figura 244. Capacidades de la trampa de Flotador y termostato AIC 1-1/2.....	372
Figura 245. Dimensiones de las trampas de vapor de Flotador y termostato AIC.....	372

Figura 246. Designación de las trampas de vapor de Flotador y termostato AIC	373
Figura 247. Capacidades del controlador diferencial automático de condensados 81DC ..	373
Figura 248. Dimensiones de controlador diferencial automático de condensados 81DC-86DC	374
Figura 249. Capacidades de la trampa termodinámica CD-33.....	374
Figura 250. Dimensiones de controlador diferencial automático de condensados CD-33..	375
Figura 251. Caída de presión (ft/100ft) y velocidad (ft/m) para tuberías cédula 40 que transportan agua	376
Figura 252. Longitudes en pies equivalentes para accesorios.....	377
Figura 253. Ficha técnica de Marmita.....	378
Figura 254. Generadores de Vapor Industriales	379
Figura 255. Curva de la bomba de agua.....	380
Figura 256. Intercambiador aprovechador de purgas	380
Figura 257. Cotización tuberías y accesorios Tubocobre (1)	381
Figura 258. Cotización tuberías y accesorios Tubocobre (2)	382
Figura 259. Cotización tuberías y accesorios Tubocobre (3)	383
Figura 260. Cotización tuberías y accesorios Tubocobre (4)	384
Figura 261. Cotización tuberías y accesorios Tubocobre (5)	385
Figura 262. Cotización Aislamiento térmico de tuberías y accesorios de Aislatérmico.....	385
Figura 263. Cotización de chaquetas aislantes de Procoen.....	386
Figura 264. Cotización Válvulas de Monaro.....	387
Figura 265. Cotización Válvulas reductoras de Monaro.....	388
Figura 266. Cotización de filtros de Monaro.....	388
Figura 267. Cotización Trampas, separadores y venteadores de Monaro	389
Figura 268. Cotización Trampas FyT de Monaro.....	390

Figura 269. Cotización válvulas de seguridad de Monaro.....	390
Figura 270. Cotización expansores térmicos Maximo Supply- Monaro (1).....	391
Figura 271. Cotización expansores térmicos Maximo Supply- Monaro (2).....	392
Figura 272. Cotización de intercambiador de purgas.....	393
Figura 273. Cotización de bomba de agua	394

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Simbología y acrónimos	5
Tabla 2. Parámetros de operación para el diseño	30
Tabla 3. Fluidos de entrada en la Torre Hidroselectora (C536).....	66
Tabla 4. Fluidos de salida en la Torre Hidroselectora (C536).....	66
Tabla 5. Fluidos de entrada en la Torre Recuperadora (C580)	67
Tabla 6. Fluidos de salida en la Torre Recuperadora (C580)	67
Tabla 7. Mediciones de caudal para la torre rectificadora C540	67
Tabla 8. Mediciones de caudal para la torre rectificadora C570	68
Tabla 9. Mediciones de caudal para las purgas de la caldera	69
Tabla 10. Parámetros iniciales para el diseño de la vena de vapor.....	71
Tabla 11. Variables de diseño del sistema para el cálculo de tuberías.....	73
Tabla 12. Designación de tuberías de vapor	74
Tabla 13. Designación de tuberías de condensados.....	94
Tabla 14. Régimen de trabajo anual para el sistema de vapor (actual).....	103
Tabla 15. Consumo de combustible en el sistema de vapor (actual).....	104
Tabla 16. Flujos máscicos actuales de condensado retornado	105
Tabla 17. Eficiencia de las calderas.....	107

Tabla 18. Costos actuales asociados a los insumos del sistema de vapor.....	108
Tabla 19. Costos asociados al mantenimiento del sistema de vapor actuales	109
Tabla 20. Costos asociados al gas licuado de petróleo consumido por la cocina actuales.	110
Tabla 21. Resumen de costos del sistema de vapor	110
Tabla 22. Régimen de trabajo anual para el sistema de vapor (propuesto).....	111
Tabla 23. Flujos máxicos previstos de condensado retornado	112
Tabla 24. Pérdida de calor en la vena de vapor	115
Tabla 25. Pérdida de calor en las válvulas.....	115
Tabla 26. Requerimientos de la bomba de agua.....	118
Tabla 27. Consumo de combustible en el sistema de vapor	121
Tabla 28. Costos previstos asociados a los insumos del sistema de vapor.....	123
Tabla 29. Costos asociados al mantenimiento del sistema de vapor previstos	123
Tabla 30. Costos asociados al gas licuado de petróleo consumido por la cocina previstos	124
Tabla 31. Resumen de costos del sistema de vapor previstos.....	124
Tabla 32. Ahorro previsto por la implementación del sistema	125
Tabla 33. Costo de las tuberías	126
Tabla 34. Costo de los codos rectos	126
Tabla 35. Costo de los codos a 45°	127
Tabla 36. Costo de uniones tipo brida.....	127
Tabla 37. Costo de uniones sencillas.....	128
Tabla 38. Costo de reducciones.....	128
Tabla 39. Costo de uniones T	129
Tabla 40. Costo de uniones T a 45°	129
Tabla 41. Costo de aislamiento para tuberías (fibra mineral)	130
Tabla 42. Costo de aislamiento para codos (fibra mineral).....	130

Tabla 43. Costo de aislamiento para uniones T (fibra mineral)	131
Tabla 44. Costo de aislamiento para válvulas	131
Tabla 45. Costo de válvulas.....	132
Tabla 46. Costo de las trampas de vapor.....	133
Tabla 47. Costo de los venteadores de aire.....	134
Tabla 48. Costo de los separadores de vapor.....	134
Tabla 49. Costo de las válvulas reductoras.....	134
Tabla 50. Costo de las válvulas de seguridad.....	135
Tabla 51. Costo de los filtros en Y	135
Tabla 52. Costo de los expansores térmicos.....	136
Tabla 53. Costos de los otros componentes del sistema	136
Tabla 54. Resumen de costos del sistema de vapor	137
Tabla 55. Análisis económico	139
Tabla 56. Reducción en los gases efecto invernadero debido a la implementación del proyecto	141
Tabla 57. Cálculo de tuberías de vapor, diseño preliminar.....	153
Tabla 58. Cálculo de tuberías de vapor, comprobación	157
Tabla 59. Cálculo de cabezales de vapor	161
Tabla 60. Datos de entrada para cálculo de aislamiento.....	161
Tabla 61. Cálculo de la resistencia de convección interna	166
Tabla 62. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono	170
Tabla 63. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral	173
Tabla 64. Cálculo de la resistencia de convección externa	177
Tabla 65. Flujo de calor y temperaturas de interés	182
Tabla 66. Selección de válvulas para tubería de vapor	186

Tabla 67. Selección de válvulas reguladoras de presión.....	191
Tabla 68. Válvulas de seguridad seleccionadas.....	192
Tabla 69. Selección de filtros para tuberías de vapor.....	193
Tabla 70. Selección de venteadores de aire	194
Tabla 71. Selección de expansores térmicos	195
Tabla 72. Selección de separadores de vapor	195
Tabla 73. Dimensiones de las piernas colectoras del sistema	196
Tabla 74. Cálculo de condensado para cabezales	198
Tabla 75. Cálculo de condensados para tuberías	198
Tabla 76. Trampas de vapor (datos de entrada)	201
Tabla 77. Selección de trampas (opción principal).....	203
Tabla 78. Selección de trampas (alternativa)	206
Tabla 79. Diseño Preliminar para tuberías de condensados	209
Tabla 80. Comprobación de tuberías de condensado	215
Tabla 81. Datos de entrada para el cálculo de aislamiento de tuberías de condensado	221
Tabla 82. Cálculo de resistencia de convección interna.....	226
Tabla 83. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono	232
Tabla 84. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral.....	237
Tabla 85. Cálculo de la resistencia de convección externa	243
Tabla 86. Flujo de calor y temperaturas de interés	249
Tabla 87. Selección de filtros para tuberías de condensado	255
Tabla 88. Selección de válvulas para condensados.....	258

1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo General

Rediseñar el sistema de suministro y recirculación de vapor de la Fábrica Nacional de Licores buscando una mejoría ligada a aspectos económicos, ambientales y de seguridad, de acuerdo con los pasos de diseño indicados en los manuales de los fabricantes Spirax-Sarco, Armstrong, entre otros.

1.1.2. Objetivos Específicos

1. Medir variables de temperatura y presión, en los diferentes puntos del sistema de vapor, con ayuda de equipos como termómetros infrarrojos y manómetros, para el recuento de datos que permita el rediseño del sistema de vapor.
2. Calcular los caudales de vapor de los de procesos de producción de acuerdo con los requerimientos necesarios de cada uno de los equipos del sistema.
3. Dimensionar los equipos y accesorios relacionados con el sistema de vapor, basándose en fundamentos matemáticos y recomendaciones de fabricantes como Spirax Sarco, Armstrong, entre otros.
4. Estimar los costos del vapor directamente relacionados con el rediseño del sistema de vapor de FANAL.
5. Analizar la viabilidad del proyecto de inversión mediante un análisis económico que involucre indicadores como TIR, VAN y Periodo de recuperación.

1.2. ALCANCE

1.2.1. Diagnóstico y levantamiento del sistema

Primeramente, se pretende realizar un levantamiento y diagnóstico del sistema actual con el fin de conocer tanto el perfil de consumos de vapor de la planta como las

necesidades del sistema. Actualmente no se cuenta con flujómetros, por lo que se desconoce el porcentaje de vapor demandado en las diferentes zonas de la fábrica. Por consiguiente, como objetivo inicial se busca determinar dichos flujos máscicos, utilizando métodos indirectos de medición y cálculos ingenieriles; esto permitirá un completo rediseño del sistema que se ajuste a los requerimientos reales de la planta, propiciando así un uso correcto de los recursos.

1.2.2. Diseño de sistema de retorno de condensados

Como mejora se contempla un sistema completamente nuevo de retorno de condensados que contenga un trampeo eficaz, tanto en líneas de distribución como en equipos específicos, posibilitando así el uso de vapor saturado, lo cual permite un uso más eficiente de los equipos. Paralelamente, al reutilizar el condensado, que cuenta con un alto poder energético, se logrará la reducción directa de los costos asociados al combustible y tratamientos químicos del agua de alimentación de la caldera.

El retorno de condensados también traerá consigo ventajas de carácter ambiental significativas, esto debido a que la ejecución de este proyecto brindará una mejora considerable en el ahorro del agua utilizada. Actualmente, un porcentaje del agua suele ser desechada a la cañería una vez que cumple su función en el sistema de vapor, sin embargo, al implementar el retorno de condensados se pretende reutilizar en gran medida el fluido y además se busca evitar que se convierta en desecho.

1.2.3. Rediseño de sección de confección

En zonas específicas como confección, se propone un diseño completamente nuevo, ya que, en la actualidad, los trabajadores de dicha área manipulan el vapor mediante mangueras para el lavado de tanques, realizando la labor de manera poco segura e ineficiente. El diseño planteado permitirá un acceso al vapor en puntos específicos del recinto, lo cual agilizará el proceso de lavado, aumentando análogamente la seguridad de las operaciones.

1.2.4. Mejora en sistema de aislamiento

Actualmente, el deterioro en las líneas de distribución es notable, además en ciertos puntos de la tubería el aislamiento se encuentra en contacto con el ambiente e incluso algunas secciones específicas, como las válvulas de vapor y la vena encargada de calentar el combustible, se encuentran completamente desnudas. Por dicha razón el diseño contempla mejorar el aislamiento de tuberías, sustituyéndolo donde se encuentra degradado y ubicándolo donde no existe.

La mejora en el aislamiento reducirá las pérdidas por flujo de calor a los alrededores, haciendo que la caldera requiera de menos combustible para solventarlas. Además, disminuirá la formación de condensado, haciendo que se necesiten trampas más pequeñas y proporcionando vapor saturado a los equipos, del mismo modo, limitará la temperatura superficial de las tuberías del sistema, procurando ofrecer un mayor grado de seguridad en contra de las posibles quemaduras de los trabajadores.

1.2.5. Análisis económico

Una vez finalizado el diseño, se plantea un análisis económico, que contemple los costos asociados al vapor con sus posibles ahorros relacionados a la ejecución del proyecto. Se evalúa la viabilidad de la inversión mediante los clásicos métodos económicos, VAN, TIR y periodo de recuperación.

1.2.6. Impacto ambiental

Por último, se pretende determinar el impacto del proyecto en el área ambiental, de manera que se pueda relacionar la reducción de emisiones y desperdicio de agua con algunos indicadores o datos globales, y así mostrar la importancia del proyecto en este ámbito.

1.3. EMPLAZAMIENTO

La Fábrica Nacional de Licores (FANAL) es una empresa dedicada a la producción y comercialización de alcoholes para la industria y bebidas alcohólicas. La empresa se encuentra ubicada en la comunidad de Rincón de Salas, en el cantón de Grecia de Alajuela. FANAL nació en el año 1853 bajo la administración de Juan Rafael Mora, bajo el nombre de Fábrica Nacional de Aguardientes, el objetivo inicial en aquel entonces era fomentar la industria cañera y defender la población del consumo de licores perniciosos con alto contenido de impurezas. Inicialmente la planta estuvo ubicada en donde actualmente se encuentra el Centro Nacional de Cultura CENAC en San José.

En la década de 1950 se decidió reubicar la fábrica fuera de San José, la planta actual fue inaugurada en el año 1981 y desde entonces los diferentes sectores de la compañía fueron asentándose en dicho lugar, entre ellos: confección de licores, envase, bodegas, tonelería y oficinas, completando el proceso de reubicación en 1996.



Figura 1. Localización de la Fábrica Nacional de Licores

Fuente: Google Maps.

La misión de la empresa es ser la primera agroindustria estatal, especializada en la producción y comercialización de alcoholes y bebidas alcohólicas con altos estándares de calidad, para apoyar el desarrollo del sector agropecuario nacional.

Y por su parte la visión de la fábrica se basa en ser una empresa pública competitiva, moderna y consolidada en la producción y comercialización de alcoholes para la industria y bebidas alcohólicas, con altos estándares de calidad e inocuidad, para satisfacer los gustos y preferencias del mercado, con un enfoque de bienestar social y salud pública.

El proceso de confección de licor consta de 4 pasos, fermentación, destilación, confección y embotellado.



Figura 2. Proceso productivo de la Fábrica Nacional de Licores

Fuente: propia, Word.

Fermentación: el proceso inicia con el paso de fermentación, en FANAL se utiliza caña de azúcar como insumo principal, sin embargo, es posible utilizar otro fruto para la producción del fermento. La caña en unión con las levaduras son las encargadas de producir la fermentación, para esto es necesario que se repose la sustancia un periodo de aproximadamente 60 horas a una temperatura cercana a 40°C. En la actualidad por factores económicos y otros, la Fábrica Nacional de Licores no realiza este proceso, y adquieren la materia prima (fermentos) de un proveedor externo. Cabe destacar que se cuenta con los equipos e instalaciones para desarrollar el proceso.

Destilación: el objetivo principal de la destilación es separar los componentes que conforman una sustancia utilizando para ello los procesos de evaporación y condensación basados en la volatilidad de la sustancia compuesta.

En las torres de destilación de la planta se ingresa una sustancia fermentada compuesta por varias sustancias entre ellas etanol, metanol, agua... Cuando a dicha mezcla se le suministra energía mediante la transferencia de calor con el vapor, aumenta su temperatura hasta que el componente de menor punto de ebullición empiece a evaporar, separándose del compuesto inicial.

Estos vapores alcohólicos luego son condensados, separando así la mezcla, el proceso se lleva a cabo las ocasiones que sean necesarias hasta lograr el resultado esperado eliminando todas las impurezas. De este proceso se extraen alcoholes a diferentes concentraciones que serán luego almacenados para la venta (alcoholes industriales y alcohol anhidro) o enviados a la sección de confección.



Figura 3. Torres del proceso de destilación

Fuente: propia.

Confección: en dicho paso se producen los diferentes licores de consumo, la sección de confección consta de grandes tanques con agitadores, donde se realizan las mezclas de los alcoholes provenientes del proceso de destilación con los diferentes productos dependiendo de la clase de licor que se desee obtener.



Figura 4. Área de confección

Fuente: propia.

Embotellado: una vez obtenidos los diferentes alcoholes de consumo, se procede con la fase de embotellado automático. Se cuenta con líneas autónomas que permiten tanto el llenado, etiquetado y roscado de tapas del producto. Se utilizan tanto botellas nuevas como recicladas, por dicha razón se cuenta con una maquina lavadora que mediante el vapor esteriliza cada uno de los recipientes a utilizar. Una vez concluido el proceso de embotellado, se almacena el producto para ser posteriormente vendido.



Figura 5. Área de embotellado

Fuente: propia.

2. DATOS DE PARTIDA DE DISEÑO

2.1. PARÁMETROS DE OPERACIÓN

Se muestra a continuación una serie de parámetros de operación para el diseño:

Tabla 2. Parámetros de operación para el diseño

Equipo	Variable	Valor
Calderas	Presión de trabajo de la caldera	(612 ± 6) kPa
	Temperatura agua de alimentación	Mínimo 70 °C
Tanque de búnker	Temperatura de ingreso del búnker al tanque de uso diario	Mínimo 90 °C
Torre Hidroselectora (C536)	Presión de entrada	Actual del proceso
	Flujo másico	Actual del proceso
Torre rectificadora (C540)	Presión de entrada	Actual del proceso
	Flujo másico	Actual del proceso
Torre Deshidratadora (C570)	Presión de entrada	Actual del proceso
	Flujo másico	Actual del proceso
Torre Recuperadora (C580)	Presión de entrada	Actual del proceso
	Flujo másico	Actual del proceso
Máquina Lavadora	Presión de entrada	De 340 kPa a 477 kPa
	Flujo másico	250 kg/h de vapor seco
Tomas de vapor en confección	Presión de entrada	Criterio del diseñador
	Flujo másico	
Aislamiento de tuberías	Material	Fibra mineral
	Grosor	Criterio del diseñador
Trampeo de tuberías y equipos	Tipo de trampa	Criterio del diseñador

Fuente: propia.

Como es posible observar en la tabla 2, existe una serie de criterios desconocidos numéricamente, sin embargo, se pide que se continúe de acuerdo con los valores que presenta el sistema en su consumo habitual. Por dicha razón la medición de dichos valores en sitio de manera directa e indirecta es primordial para el desarrollo del diseño. La recolección de datos de las mediciones se presenta en el apartado de selección de componentes del sistema.

2.2. ENTORNO FÍSICO DEL DISEÑO

La Fábrica Nacional de Licores se encuentra ubicada en Rincón de Salas, del cantón de Grecia de Alajuela, aproximadamente a 826 m.s.n.m., la presión atmosférica correspondiente para esta altura es de 91,8 kPa.

Por su parte, se indica para el último año una temperatura máxima registrada en la localidad de Grecia de 33°C en la época de verano, mientras que la mínima se registra en 17°C en la época de invierno¹. Se utilizará una temperatura de 25 °C equivalente a la media entre la máxima y mínima presentada.

A su vez, la velocidad del viento en lugares cercanos (Aeropuerto Juan Santamaria) ronda un promedio anual de 18,52 km/h ². La velocidad de 18 km/h se adecua de manera correcta a lo presentado en la planta, por lo cual será la seleccionada como velocidad de diseño para zonas abiertas. En el caso de recintos cerrados la velocidad se limitará a 3 km/h. Las tuberías ubicadas en la sección de distribución serán diseñadas a 14 km/h.

¹ Datos obtenidos de AccuWeather INC (<https://www.accuweather.com/es/cr/grecia/111935/march-weather/111935?year=2019>).

² Datos obtenidos de Windfinder (<https://es.windfinder.com/windstatistics/alajuela-aeropuerto-juan-santamaria>).

2.3. ESTADO DEL SISTEMA ACTUAL

Se muestra a continuación el diagrama del sistema actual:

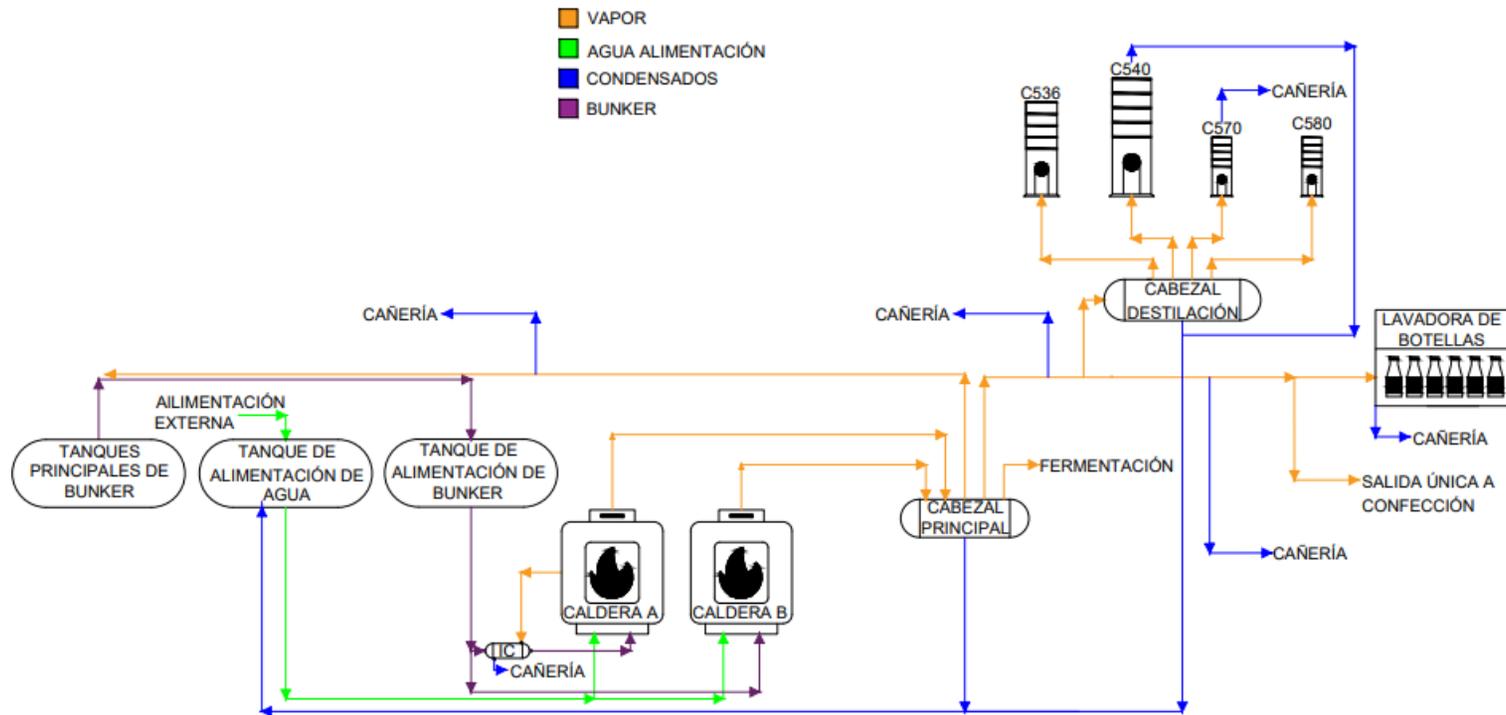


Figura 6. Sistema de vapor estado actual

Fuente: Propia, AutoCAD 2020.

Se detallan a continuación los principales componentes del sistema de vapor.

Calderas: se cuentan con dos calderas pirotubulares capaces de producir 11200 kg/h de vapor cada una, ambas alimentadas por búnker. Actualmente las calderas operan a 612 kPa, y de acuerdo con el ingeniero a cargo se desea que se continúe con la misma presión de trabajo. Las calderas no operan simultáneamente, por el contrario, su uso es alternado. La caldera A presenta un precalentador de combustible, este se describe como un intercambiador de calor, donde se utiliza el vapor propio de la caldera para incrementar la temperatura del búnker y así hacer más eficiente el proceso de combustión. El condensado generado por dicho intercambiador es desechado a la cañería.



Figura 7. Calderas del sistema de Vapor

Fuente: propia.

Sistema de alimentación de agua: el tanque de alimentación de agua actual supe ambas calderas, este se encuentra venteado a presión atmosférica y es alimentado tanto por condensados del proceso como por agua externa debidamente tratada por suavizadores. El agua de correspondiente a los condensados es flasheada una vez que ingresa al tanque a una presión correspondiente a la atmosférica, por ende, su temperatura es de aproximadamente 100 °C, mientras que el agua externa ingresa a 25°C. Por su parte el agua de alimentación entra a la caldera a 70 °C en estado nominal.

Tubería de combustible y vena de vapor: la tubería de combustible transporta el búnker desde los tanques principales de la fábrica hasta el tanque de alimentación de uso diario para las calderas. Con el fin de mejorar la eficiencia del proceso de combustión, y facilitar el bombeo del combustible, la tubería de búnker es acompañada por una vena de vapor, que se encarga de elevar su temperatura, esta se extiende desde los tanques principales de búnker hasta el tanque de uso diario, donde ingresa y mediante un serpentín mantiene la temperatura del combustible. La temperatura del búnker se eleva desde 24°C hasta 90 °C. Cabe destacar que la vena de vapor cuenta con una longitud de más de 200 metros y solo es trampeada en 3 puntos, donde el condensado es desechado a la cañería, además de que, en gran parte del sistema, tanto la vena como la tubería de combustible no se encuentran aisladas.



Figura 8. Sección de tubería no aislada

Fuente: propia.

Cabezales: se tienen 2 cabezales, el cabezal principal y el de destilación. El cabezal principal es el encargado de recibir el vapor de las calderas y de él salen las diferentes tuberías que se encargan de distribuir el vapor en el sistema. Por su parte, el cabezal de la sección de destilación recibe el vapor y lo distribuye a las diferentes torres del proceso, de él salen 7 tuberías, de las cuales actualmente solo 4 están en uso. Ambos cabezales cuentan con piernas colectoras mal dimensionadas, el cabezal de vapor carece de una trampa y su descarga de condensados se realiza de manera manual. Mientras que el de destilación si cuenta con trampeo; ambos flujos de condensados son retornados al tanque de alimentación.



Figura 9. Cabezal principal

Fuente: propia.



Figura 10. Cabezal Destilación

Fuente: propia.

Tuberías de distribución: distribuyen el vapor a los equipos que conforman el sistema de vapor, el aislamiento actual de las tuberías no es el deseable, además de que no cuentan con piernas colectoras y poseen solamente 1 trampa en más de 120 m de largo, el condensado es desechado a la cañería.



Figura 11. Trapeo existente de línea

Fuente: propia.

Torre Hidroselectora (C536): La torre Hidroselectora es encargada de eliminar contaminantes provenientes del fermento. En la torre el alcohol es suministrado a un grado de pureza del 55% y abandona hacia la torre rectificadora con un grado de pureza del 12%. De igual manera ingresa vapor de manera directa y se mezcla con el alcohol, formando parte del producto, dicho flujo de vapor no es conocido.

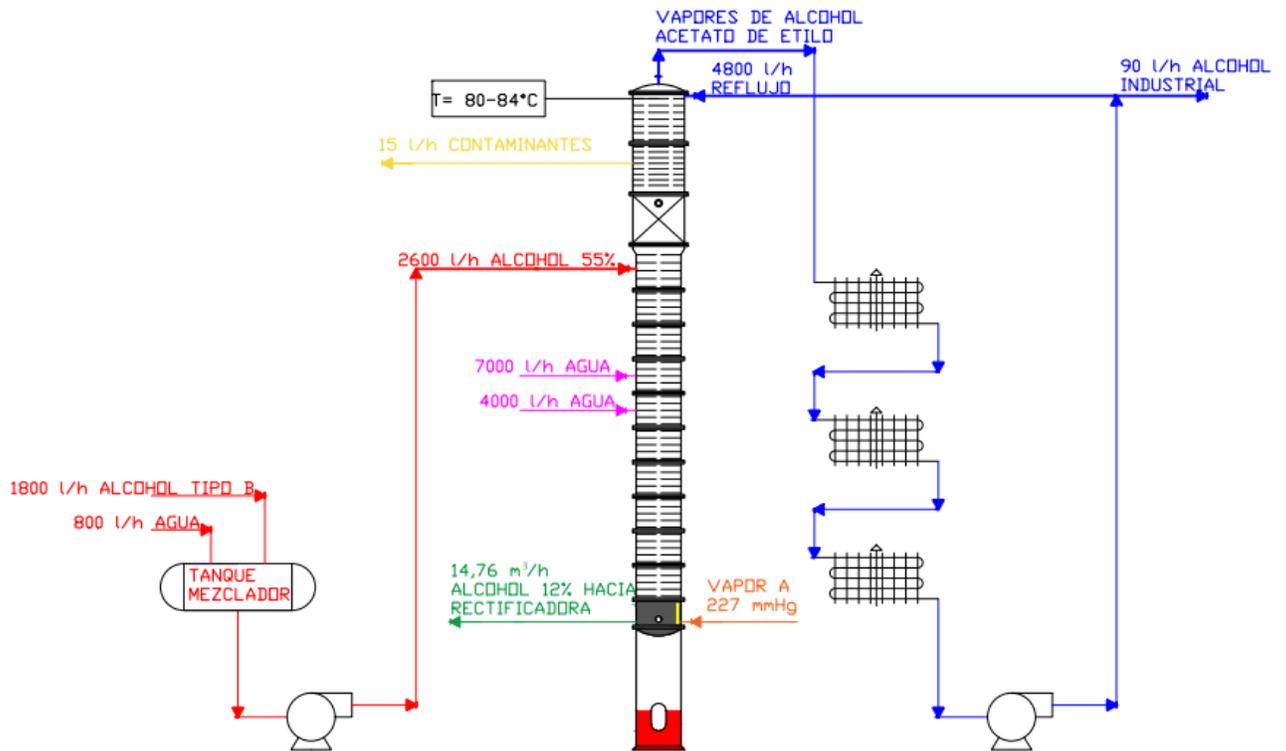


Figura 12. Torre Hidroselectora (C536)

Fuente: Kenneth Ocampo, AutoCAD 2020.

Torre Rectificadora (C540) e intercambiador de calor: la torre rectificadora es encargada de subir la concentración del alcohol de 12% a 95%. En el pie de la torre se encuentra un intercambiador de calor externo que con ayuda del vapor aumenta la temperatura de la mezcla en dicha zona. El condensado del intercambiador es retornado al tanque de alimentación. De acuerdo con los operadores y personal de mantenimiento la trampa actual no se encuentra bien dimensionada, ya que la original fue suplantada por una más pequeña debido a falta de stock.

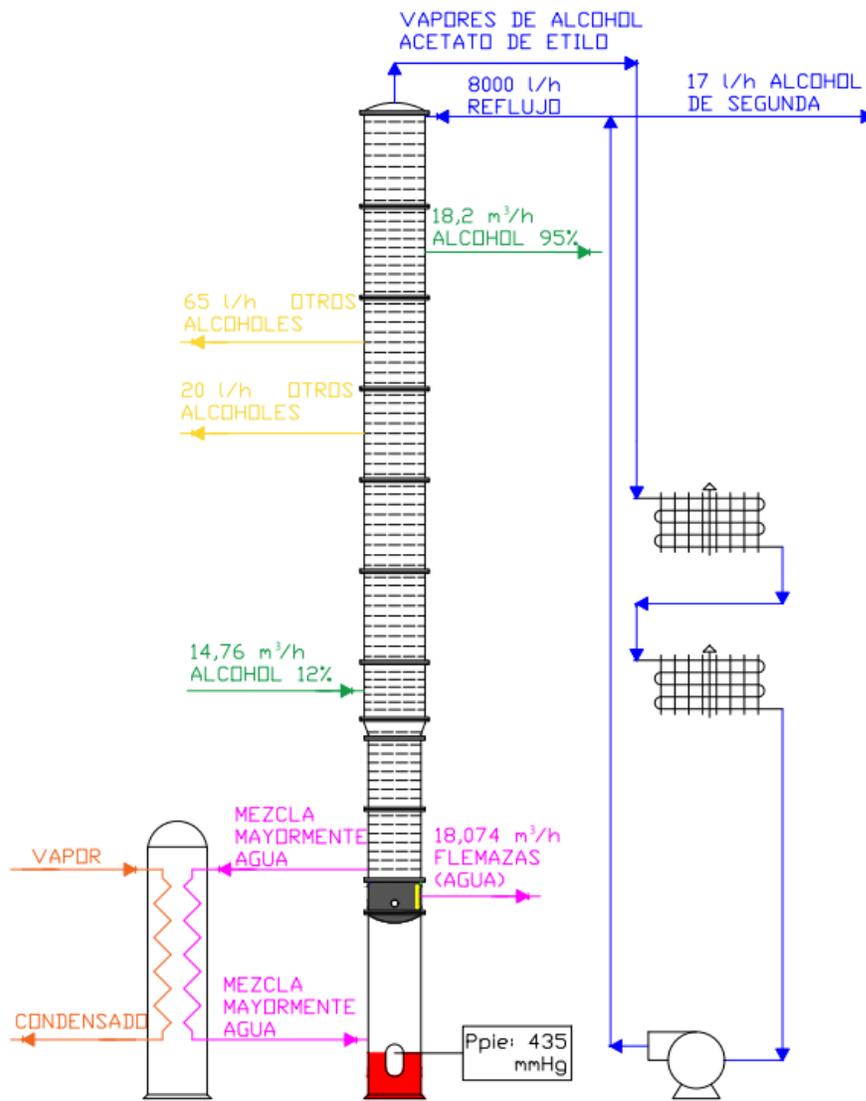


Figura 13. Torre Rectificadora (C540)

Fuente: Kenneth Ocampo, AutoCAD 2020.

Torre Deshidratadora (C570): la torre deshidratadora es una de las dos torres encargada de la producción de alcohol anhidro. A dicha torre ingresa vapor y aumenta la temperatura del alcohol mediante un serpentín interno. El flujo de vapor no es conocido. El condensado del serpentín es desechado a la cañería.

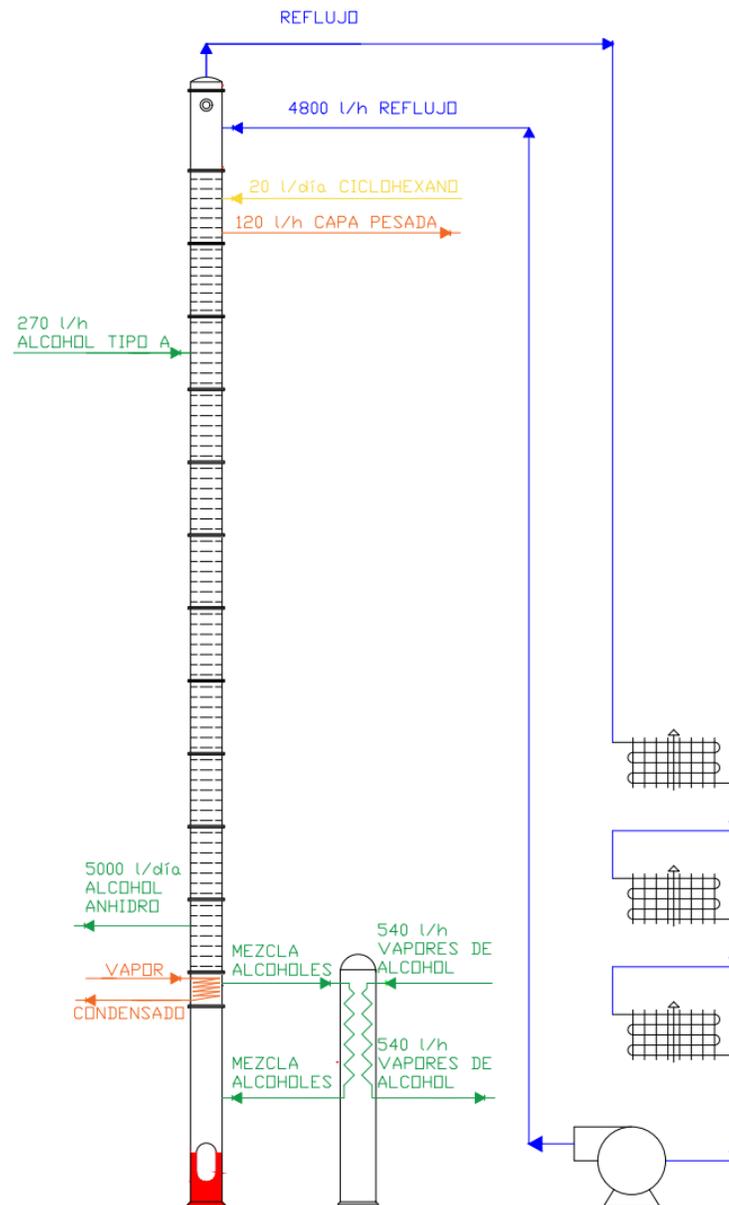


Figura 14. Torre Deshidratadora (C570).

Fuente: Kenneth Ocampo, AutoCAD 2020.

Torre Recuperadora (C580): la torre recuperadora es la segunda torre encargada de la producción de alcohol anhidro, a esta ingresa vapor de manera directa mezclándose con el alcohol y produciendo una sola sustancia. El flujo de vapor no es conocido.

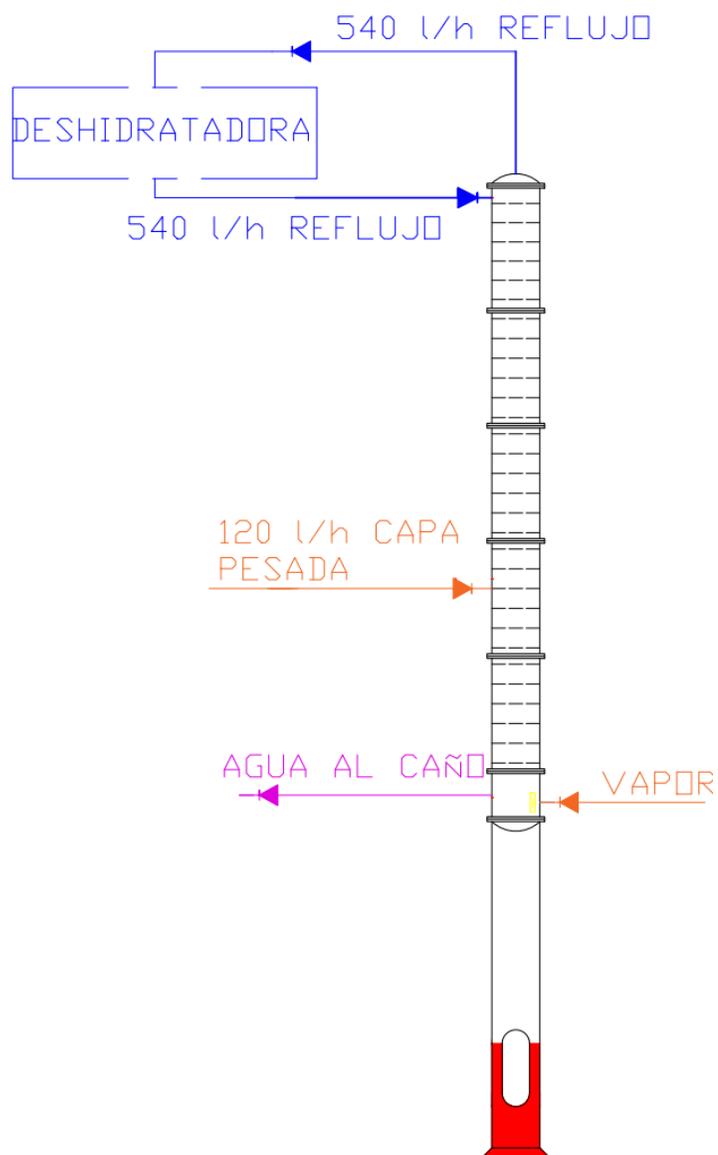


Figura 15. Torre Recuperadora (C580)

Fuente: Kenneth Ocampo, AutoCAD 2020.

Confección: en la zona de confección el vapor es utilizado específicamente para el lavado de tanques. Actualmente solo se tiene una toma de vapor en una de las esquinas del recinto para cubrir el lavado de más de 20 tanques, los cuales se encuentran distribuidos en un área aproximada de 700 m². El lavado de tanque se realiza mediante mangueras y otros instrumentos de limpieza, que, con ayuda del vapor, permiten eliminar posibles bacterias presentes y rastros de otros productos no deseados. Los tanques son lavados cuando así se amerite y en caso de que se requiera limpiar uno de los tanques que se encuentre lejos de la toma de vapor, se realiza un arreglo de mangueras para poder realizar la labor. El consumo de vapor es desconocido.



Figura 16. Toma de vapor a confección

Fuente: propia.

Lavadora: en la sección de embotellado se encuentra la maquina lavadora encargada de esterilizar las botellas reutilizadas. La máquina consume 250 kg/h de vapor a una presión que puede ser modulada entre 340 y 477 kPa. Cuenta con 4 intercambiadores de calor trampeados. El condensado de la máquina es desechado a la cañería.



Figura 17. Máquina Lavadora de botellas

Fuente: propia.



Figura 18. Trampeo a cañería

Fuente: propia.

3. DISEÑO DEL SISTEMA

3.1. ASPECTOS GENERALES DEL DISEÑO

3.1.1. Estimación de flujos de vapor

- Balance de masas para torres: Durante un proceso de flujo estacionario, la cantidad total de masa contenida dentro de un volumen de control no cambia con el tiempo. Entonces, el principio de conservación de la masa requiere que la cantidad total de masa que entra a un volumen de control sea igual a la cantidad total de masa que sale del mismo. (Cengel & Boles, 2014).

Bajo este principio las torres de destilación C536 y C580 pueden ser vistas como volúmenes de control de manera que se cumplen lo siguiente:

$$\sum \dot{m}_{entran} = \sum \dot{m}_{salen} \quad (1)$$

La ecuación anterior será utilizada para calcular los consumos en las torres donde el vapor ingresa de manera directa y se mezcla con el alcohol.

- Recipiente calibrado para torres: en el caso de las torres en las que el vapor no entra directamente, el flujo de condensados será utilizados para estimar el caudal.

Con el fin de conocer el flujo de vapor, se utiliza la medición por medio de recipientes calibrados. En este caso se tiene un recipiente previamente graduado, en el cual se deposita el condensado y se cronometra el tiempo.

$$Q = \frac{V}{\Delta t}$$
$$\dot{m} = \rho \times Q = \rho \times \frac{V}{\Delta t} \quad (2)$$

Para este caso, cabe destacar, que el condensado es liberado súbitamente de la presión propia de la trampa a la presión atmosférica, provocando que cierta parte de este se convierta en vapor flash. Se determina el porcentaje de vapor flash con ayuda del apéndice 2.

- Transferencia de calor: la transferencia de calor se utilizará en el cálculo de los intercambiadores de precalentamiento de búnker, en este caso específico es conocido el flujo másico de búnker que ingresa a la caldera. Además, se conoce la presión de entrada del vapor al intercambiador. Se utiliza la ecuación presentada a continuación, obtenida del libro “*Transferencia de calor y masa, fundamentos y aplicaciones*” (Cengel & Ghajar, 2011).

$$\dot{Q}_{bunker} = \dot{m}_{bunker} \times c_{p\ bunker} \times (T_{salida\ del\ bunker} - T_{entrada\ del\ bunker})$$

$$\dot{Q}_{vapor} = \dot{m}_{vapor} \times h_{fg\ vapor}$$

Despreciando las pérdidas de calor del intercambiador con el exterior, se tiene que la transferencia de calor del búnker será igual a la transferencia de calor del vapor, logrando entonces determinar el flujo másico del vapor necesario como:

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{\dot{m}_{bunker} \times c_{p\ bunker} \times (T_{salida\ del\ bunker} - T_{entrada\ del\ bunker})}{h_{fg\ vapor}} \quad (3)$$

3.1.2. Vena de vapor (steam tracing)

En este caso se sigue el proceso recomendado por el fabricante estadounidense Thermon. El procedimiento presente a continuación es extraído del manual “*Design guide for steam tracing applications*”:

1. Establecer parámetros de diseño: determinar los siguientes parámetros:
 - Diámetro de tubería a calentar.
 - Longitud de tubería a calentar.

- Temperatura mínima ambiental.
 - Temperatura que se desea mantener.
 - Temperatura máxima.
 - Tipo y espesor del aislamiento.
 - Presión del vapor disponible.
2. Seleccionar el método de trazado: con el fin de seleccionar el método de trazado se utiliza la tabla adjunta en el apéndice 3, figura 204. Una vez determinado el tipo de trazado, se selecciona el espesor de aislamiento necesario, para ello se utiliza la tabla adjunta en el apéndice 3, figura 205.
 3. Identificar la temperatura a mantener: se utilizan las tablas del apéndice 3, figura 206, sabiendo que estas se parametrizan para una mínima temperatura de -18 °F, y una velocidad de 11 m/s.
 4. Determinar factores de corrección: para corregir los valores de temperatura se utilizan las tablas del apéndice 3, figura 210 y 211.
 5. Determinar las longitudes de los circuitos: se utiliza la tabla adjunta en el apéndice 3. Las distancias deben ser reducidas si existe elevación de más del 15% respecto a la presión de entrada, y si existen abundantes accesorios.
 6. Escoger accesorios: se determinan los accesorios a utilizar para la sujeción de la vena, esto dependerá del método de tracing seleccionado en el punto 2. Se muestran los casos a continuación.

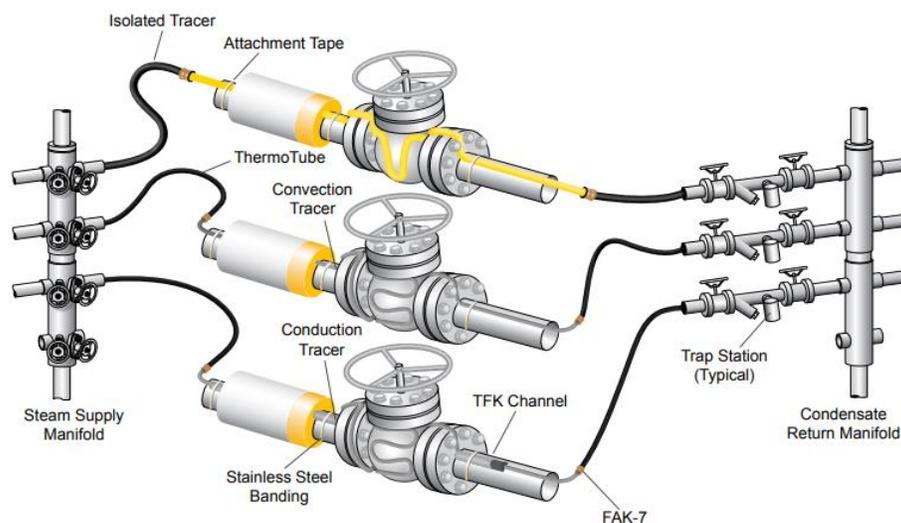


Figura 19. Típicos sistemas de trazado

Fuente: (Thermon).

En el caso del trazado de tuberías, Spirax-Sarco recomienda seguir una serie de detalles mostrados a continuación:

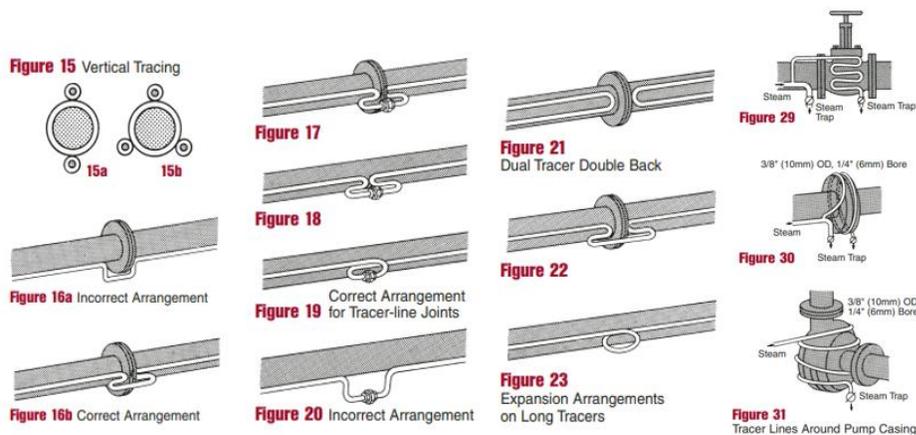


Figura 20. Detalles de montaje mecánico en venas de vapor

Fuente: (Spirax-Sarco , 2004).

3.1.3. Sistema de distribución

Se detallan a continuación una recopilación de recomendaciones dadas tanto por el fabricante Spirax Sarco, como Armstrong, para el correcto trazado del sistema de vapor:

- Las piernas colectoras deben ser instaladas mayormente antes de elevaciones, finales de tuberías, antes de juntas de expansión y antes de válvulas reguladoras. (Armstrong, 1998).
- Los diámetros y longitudes de las piernas colectoras son los detallados a continuación.

M		D		H	
Tamaño de Tubería		Diámetro de Pierna Colectora		Longitud Mínima de Pierna Colectora (mm)	
mm	in	mm	in	Pre calentamiento Supervisado	Pre calentamiento Automático
15	1/2	15	1/2	250	710
20	3/4	20	3/4	250	710
25	1	25	1	250	710
50	2	50	2	250	710
80	3	80	3	250	710
100	4	100	4	250	710
150	6	100	4	250	710
200	8	100	4	300	710
250	10	150	6	380	710
300	12	150	6	460	710
350	14	200	8	535	710
400	16	200	8	610	710
450	18	250	10	685	710
500	20	250	10	760	760
600	24	300	12	915	915

Figura 21. Dimensiones recomendadas para para piernas colectoras

Fuente: (Armstrong, 1998).

- Las piernas colectoras en las tuberías de distribución horizontales deben ser ubicadas en intervalos de 30 a 60 metros. (Spirax-Sarco, 2000).
- La tubería de distribución horizontal debe de tener una inclinación a favor del flujo de vapor, esta pendiente corresponde a 1/2" cada 10 pies, es decir 0,5% de la longitud total. (Spirax-Sarco, 2000)
- Las derivaciones siempre deben de ser tomadas de la parte superior de la tubería, y cuando son mayores a los 3 metros debe existir trampeo antes de la válvula de control. (Armstrong, 1998).

- Las trampas de vapor en sistemas de presión variable deben especificarse con una válvula check interna, o bien, se debe instalar una válvula check de compuerta antes de la trampa. (Armstrong, 1998).
- Cuando la altura geométrica es limitada, es posible realizar el trazado mostrado a continuación para logra inclinar la tubería.

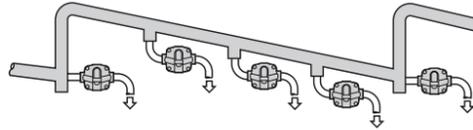


Figura 22. Distribución de vapor a niveles superiores

Fuente: (Spirax-Sarco, 2000).

- Siempre que se necesite vapor seco en un equipo, se debe de instalar un separador de vapor en la entrada de este. (Armstrong, 1998).

3.1.4. Cálculo de tuberías de vapor

Para el cálculo de tuberías se seguirá el procedimiento recomendado por el fabricante Spirax Sarco, donde se podrá determinar la caída de presión del fluido, el procedimiento es el siguiente:

1. Determinar la longitud equivalente de la tubería: inicialmente como no es conocido el diámetro de la tubería, se estima un aumento de 20% debido a accesorios si la tubería es menor a los 100 metros, y de 10% si la tubería excede dicho valor.
2. Determinar el flujo másico de la tubería: se determinará un flujo total igual al flujo del equipo más 3,4% del mismo por cada 100 metros de tubería; esto debido al acarreo de condensados.
3. Determinar factores de presión: para este caso, la presión de entrada debe ser conocida, y se especulará una presión de salida a criterio del diseñador. Los factores de presión P1 y P2 son obtenidos de la tabla correspondiente al apéndice 4.

4. Calcular factor de diseño: se calcula el factor de diseño utilizando la siguiente ecuación.

$$F = \frac{P_1 - P_2}{L_{equivalente}} \quad (4)$$

5. Determinar tamaño de tubería y factor de velocidad: se ingresa con el factor de diseño a la tabla correspondiente al apéndice 4, se elige la fila correspondiente al próximo inferior. Se selecciona la columna que presente como mínimo el flujo de vapor deseado. De dicha columna se obtiene el diámetro nominal de la tubería en pulgadas y el factor de velocidad “y”.
6. Determinar la velocidad de la tubería: Spirax-Sarco recomienda un rango de velocidades de entre 25 y 40 m/s en tuberías principales, y cercanas a 15 m/s en ramales (se delimitan entre 10 y 20 m/s). para calcular la velocidad de la tubería se utiliza la siguiente fórmula.

$$v = y \times V_{específico} \quad (5)$$

En caso de que la velocidad se encuentre fuera de los límites se vuelve a seleccionar una presión de salida y se repiten los pasos 3,4,5 y 6.

7. Determinar longitud equivalente: una vez conocido el diámetro de la tubería se seleccionan accesorios y se determina la longitud equivalente real de la tubería, para dicho proceso se utiliza la tabla de longitudes equivalentes propuesta en el apéndice 4.
8. Determinar la nueva presión de salida: se sigue el procedimiento inverso para determinar la presión de salida y continuar con el siguiente tramo de tubería.

3.1.5. Cálculo de cabezales

Para el cálculo del diámetro del cabezal, se considera el mismo como si fuese una tubería, con pérdida de presión despreciable, se recomienda que la velocidad del vapor en el cabezal ronde los 20 m/s, por lo que se restringirá la misma entre 15 y 25 m/s. se obtiene el diámetro óptimo de la tubería como:

$$\dot{m}_{cabezal} = \rho_{vapor} \times A_{transversal} \times v = \rho_{vapor} \times \frac{\pi}{4} \times (d_{interno})^2 \times v$$

$$d_{interno} = \sqrt{\frac{\dot{m}_{cabezal} \times 4}{\pi \times v \times \rho_{vapor}}} \quad (6)$$

Se selecciona un diámetro apropiado que cumpla con lo calculado, los diámetros internos de las tuberías son adjuntados en el apéndice 5.

En el caso de la longitud, se selecciona un largo que permita el ingreso de todas las tuberías conectadas al cabezal, además el diámetro de la pierna colectora y su largo será correspondiente a lo indicado en la figura 21.

3.1.6. Cálculo de aislamiento

Para el proceso de selección del espesor del aislamiento se utilizarán las ecuaciones de transferencia de calor planteadas en el libro *“Transferencia de calor y masa, fundamentos y aplicaciones”* (Cengel & Ghajar, 2011). Para este caso se plantea un flujo de calor uniforme por unidad de longitud.

La tubería y su relación con el entorno puede ser visto como un circuito de resistencias térmicas en serie, donde el flujo de calor será determinado como:

$$\dot{Q} = \frac{T_{vapor} - T_{ambiente}}{R_{total}} \quad (7)$$

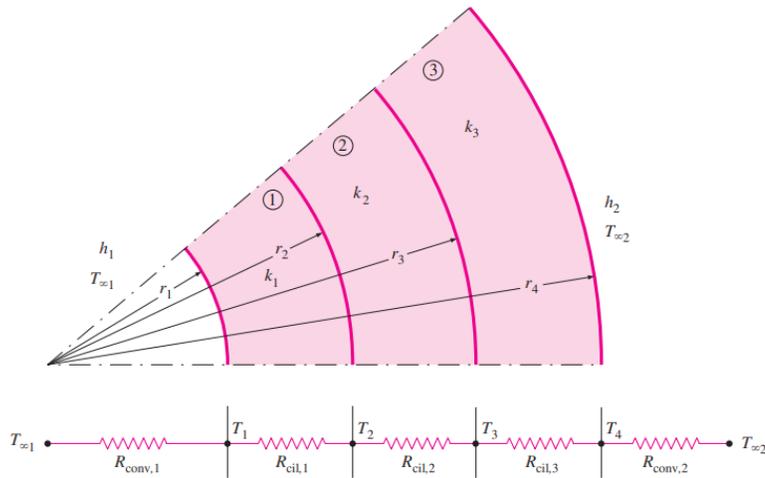


Figura 23. Red de resistencias para cilindro de 3 capas

Fuente: Cengel & Ghajar, 2011.

Las resistencias de conducción por metro, tanto del tubo como del aislamiento se calculan como:

$$R_{conducción} = \frac{\ln\left(\frac{r_{ext}}{r_{int}}\right)}{2 \times \pi \times k_{material}} \quad (8)$$

La conductividad de los materiales se presenta en el apéndice 6. En el caso de las resistencias de convección por metro son determinadas como se muestra a continuación:

$$R_{convección} = \frac{1}{2 \times \pi \times r_{exp} \times h_{medio}} \quad (9)$$

Los coeficientes de convección dependerán del flujo externo e interno que pase por la tubería. Para determinar el coeficiente de convección externo se determina el número de Reynolds inicialmente como:

$$Re = \frac{v_{fluido} \times d_{exp} \times \rho_{fluido}}{\mu_{fluido}} \quad (10)$$

Las propiedades físicas del aire son obtenidas del apéndice 1. A partir del número de Reynolds, se determina el número de Nusselt de acuerdo con las siguientes ecuaciones, donde se selecciona el rango correspondiente.

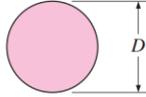
Sección transversal del cilindro	Fluido	Rango de Re	Número de Nusselt
Círculo 	Gas o líquido	0.4-4	$Nu = 0.989Re^{0.330} Pr^{1/3}$
		4-40	$Nu = 0.911Re^{0.385} Pr^{1/3}$
		40-4 000	$Nu = 0.683Re^{0.466} Pr^{1/3}$
		4 000-40 000	$Nu = 0.193Re^{0.618} Pr^{1/3}$
		40 000-400 000	$Nu = 0.027Re^{0.805} Pr^{1/3}$

Figura 24. Número de Nusselt para una sección cilíndrica

Fuente: Cengel & Ghajar, 2011.

Una vez obtenido el número de Nusselt, se calcula el coeficiente de transferencia de calor por convección como:

$$h_{medio} = \frac{k_{fluido} \times Nu}{d_{exp}} \quad (11)$$

De manera similar, para calcular el coeficiente de convección interno se debe primeramente determinar el número de Reynolds, para ello se utiliza la ecuación 10, usando el diámetro interno de la tubería. El número de Nusselt por su parte para un flujo turbulento ($Re > 4\,000$) será de:

$$Nu = 0,023 \times Re^{0,8} \times Pr^{\frac{1}{3}} \quad (12)$$

En caso de que el flujo sea laminar ($Re < 4000$), el número de Nusselt será determinado como se presenta a continuación:

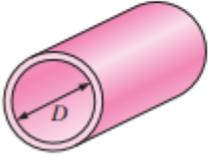
Configuración geométrica del tubo	a/b o θ°	Número de Nusselt		Factor de fricción f
		$T_s = \text{Const.}$	$\dot{q}_s = \text{Const.}$	
Círculo 	—	3.66	4.36	64.00/Re

Figura 25. Número de Nusselt para un flujo laminar completamente desarrollado en una tubería circular

Fuente: Cengel & Ghajar, 2011.

Las tuberías en el caso planteado están presentadas a un flujo de calor constante. Posteriormente se calcula el valor de coeficiente de convección siguiendo la ecuación 11.

Cuando se obtiene el valor de flujo de calor, se procede a calcular la temperatura superficial, para ello se utiliza la ecuación 7, con el valor de resistencia correspondiente. Según Leire Azcona Barbed, farmacéutica comunitaria de Bizkaia, Master en Cosmética y Dermofarmacia, las quemaduras de manera instantáneas se dan cuando se está en contacto con superficies de más de 70 °C, por dicha razón la temperatura superficial será limitada a 55 °C, para así evitar las quemaduras en los trabajadores de la planta.

La selección de aislamiento para condensado será bajo el mismo principio.

3.1.7. Selección de válvulas de vapor

La selección de válvulas se basa en el diámetro de la tubería y su presión de operación. Se utilizan los catálogos proporcionados por el fabricante Sharpe (Smith Cooper). El tipo de válvula será seleccionado según lo siguiente

- Compuerta: se utiliza donde el paso fluido no necesite ser regulado y su manipulación no sea constante.
- Globo: donde se requiera un flujo regulado.
- Bola: se utiliza si es necesario manipulación rápida sin flujo regulado.

La selección de válvulas para condensado será bajo el mismo principio.

3.1.8. Selección de válvulas reguladoras de presión

Se deben definir una serie de datos de entrada importantes, entre ellos los siguientes:

- Presión de entrada y diámetro de tubería anterior a la válvula
- Presión regulable y diámetro de la tubería después de la válvula
- Flujo másico.
- Temperatura máxima de operación del fluido.
- Tipo de piloto: interno (no tan preciso) o externo (más preciso).

Inicialmente se calcula el coeficiente de flujo de válvula necesario, utilizando la siguiente fórmula:

$$C_V = \frac{\dot{m}}{2,1 \times \sqrt{(P_{Entrada} - P_{salida}) \times (P_{Entrada} + P_{salida})}} \text{ cuando } \frac{P_{Entrada}}{2} < P_{salida} \quad (13)$$

$$C_V = \frac{\dot{m}}{1,71 \times P_{Entrada}} \text{ cuando } \frac{P_{Entrada}}{2} > P_{salida} \quad (14)$$

Los valores de presión deben ser en presión absoluta. Para la selección de las válvulas se utiliza el catálogo de productos del fabricante Armstrong, inicialmente para seleccionar entre una gama de modelos se sigue la recomendación de la figura 229, del apéndice 8. una vez seleccionado el modelo de la trampa, se selecciona el tamaño de conexión, se buscará siempre un tamaño de conexión que brinde un coeficiente de flujo de válvula mayor al necesario. Las válvulas menores a 2" serán roscadas, mientras que las que superen las 2" serán bridadas.

Una vez seleccionado el diámetro de conexión se verifica que, para el rango de presiones necesarias, el flujo máximo del reductor esté por encima del flujo de diseño, de lo contrario se reselecciona la válvula. Se indica por último el número de modelo, el tamaño de conexión y tipo, la temperatura del fluido, máxima presión de entrada, presión a la que se desea reducir, flujo másico, entre otras. La conexión de válvulas reductoras recomendadas se muestra a continuación.

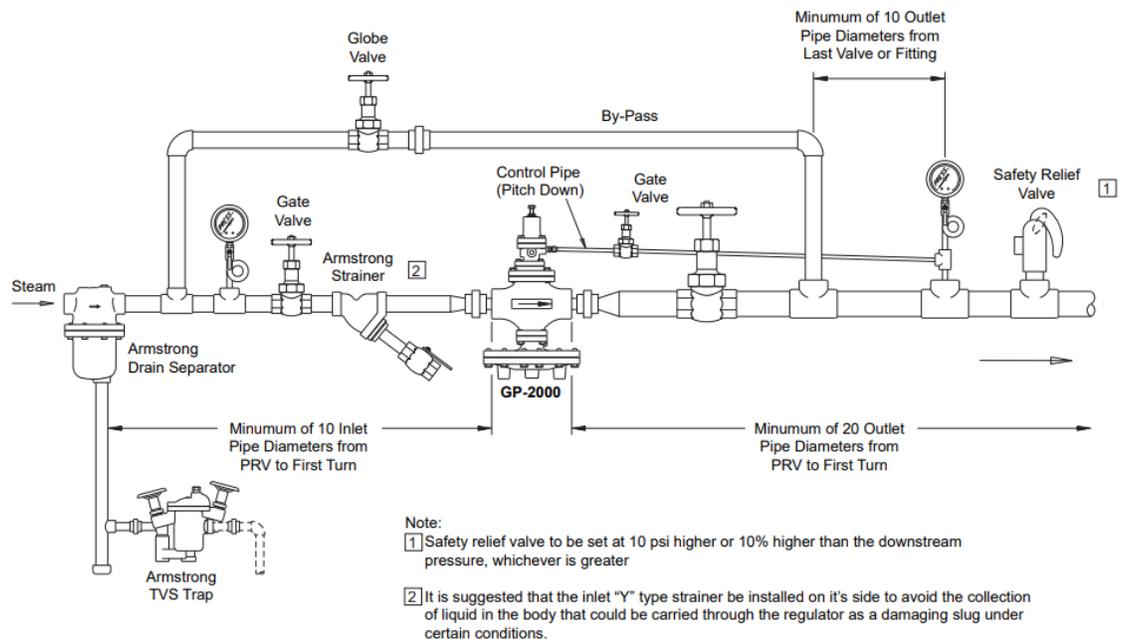


Figura 26. Conexión de válvula reductora recomendada

Fuente: Armstrong.

3.1.9. Selección de válvulas de seguridad

Las válvulas de seguridad serán ubicadas después de los reductores de presión y serán seteadas 35 kPa (5 psi) por encima de la presión de operación del equipo según lo recomendado por Spirax-Sarco. Se seleccionan a partir del catálogo del fabricante Apollo y su escogencia se basa en la presión de ajuste teniendo siempre en cuenta que la presión ofrecida por la fabricante varía en rangos de 5 psi. Se

selecciona una válvula que para dicha presión de ajuste presente una capacidad de flujo por encima de la requerida.

3.1.10. Selección de filtros

De acuerdo con lo recomendado por el fabricante, los filtros deben ser instalados, antes que válvulas reductoras de presión, trampas, y bombas de retorno de condensados. Las mallas recomendadas antes de reductores de presión deben ser finas, siendo el grado 100x100 el recomendado, por su parte, en los otros casos se utilizan mallas estándares de 40x40. Los filtros se seleccionan según su presión máxima de operación para una temperatura específica.

3.1.11. Selección de venteadores de aire

Los venteadores son necesarios para eliminar el aire del sistema de vapor, ya que este dificulta la transferencia de calor en los equipos. El fabricante recomienda ubicarlos al final de tuberías, en equipos (puntos altos), y a mitad de tuberías de distribución en caso de que sean de gran longitud. La selección de los venteadores de aire dependerá de la presión máxima de operación y de la temperatura máxima a soportar del venteador, dichos venteadores serán seleccionados a partir del catálogo brindado por el fabricante Armstrong.

3.1.12. Selección de expansores térmicos

La selección de los expansores térmicos dependerá de la restricción de movilidad de las tuberías. Debido a la configuración del sistema, se ubicarán esencialmente en tuberías de distribución. La elongación de una tubería puede ser determinada como:

$$\delta = \alpha \times L \times (T_{final} - T_{inicial}) \quad (15)$$

Con el fin de reducir el esfuerzo en la tubería y los elementos de sujeción, se busca que el expansor térmico sea capaz de soportar el 100% de la elongación que ocurriría en la tubería si esta no estuviese sujeta, y para ello se seleccionan de acuerdo con las especificaciones correspondientes brindadas por el fabricante Metraflex.

3.1.13. Selección de separadores de vapor

Los separadores de vapor serán ubicados antes de una válvula reductora, siempre y cuando, el equipo correspondiente requiera vapor saturado. Estos son seleccionados a partir del catálogo del fabricante Armstrong de acuerdo con el flujo de vapor correspondiente y la presión de trabajo.

3.1.14. Estimación de flujo de condensados

Los métodos de estimación de flujo de condensado dependerán del tipo de aplicación y para determinarlos se siguen los pasos recomendados por Armstrong en el manual N101S “*Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados*”.

Primeramente, para calcular el flujo de condensados en un cabezal distribuidor, Armstrong propone la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_{condesados} = \dot{m}_{vapor} \times aa \quad (16)$$

En este caso el flujo másico de vapor será el entregado por la tubería de entrada, ya sea el de la caldera en un cabezal principal o el de la tubería anterior en un cabezal de distribución. El “aa” se refiere al acarreo anticipado que se presentara en el cabezal, Armstrong recomienda un valor de 10 %.

Por su parte para calcular el flujo de condensado en tuberías de distribución debido a las pérdidas de calor, se sigue de igual manera las recomendaciones de Armstrong, se plantea la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_{condensados} = \frac{A_{superficial} \times U \times (T_{vapor} - T_{ambiente}) \times E}{h_{fg}} \quad (17)$$

El valor de E es equivalente a 1 menos la eficiencia del aislamiento, para determinar la eficiencia del aislamiento, se calcula el flujo de calor en la tubería si estuviese desnuda, y se compara con el flujo de calor de la tubería aislada. La eficiencia se determina como:

$$\eta = \frac{\dot{Q}_{tuberia\ sin\ aislar} - \dot{Q}_{tuberia\ aislada}}{\dot{Q}_{tuberia\ sin\ aislar}} \quad (18)$$

Por su parte el coeficiente U se calcula a partir de la siguiente gráfica:

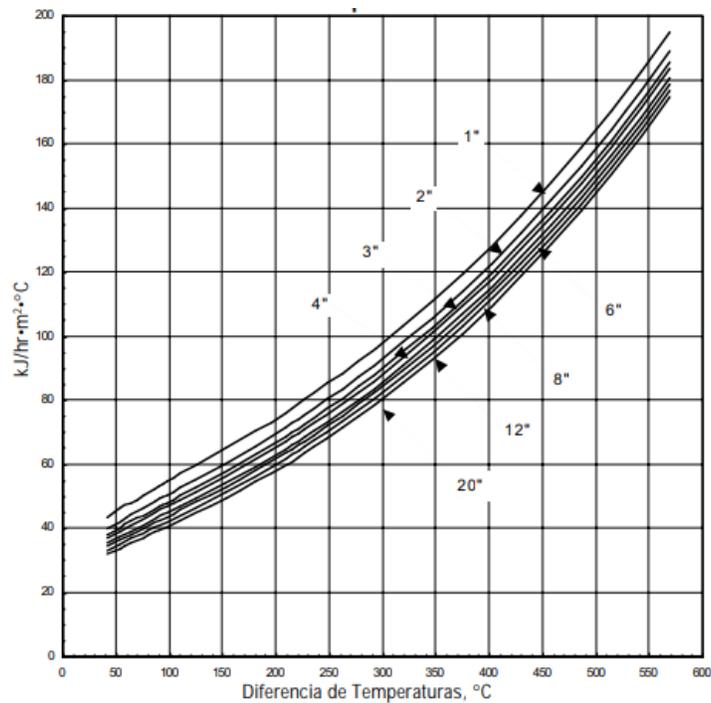


Figura 27. Coeficiente de pérdidas de calor

Fuente: Armstrong.

El gráfico anterior presenta el valor de coeficiente de transferencia de calor para aire sin mover, para el caso presentado, el aire variará entre los 3 y 18 km/h, por recomendación del fabricante se plantea un factor de corrección de 1,32, 1,95 y 2,11 para las velocidades de 3, 14 y 18 km/h respectivamente.

El valor de calor latente es adquirido a partir de las tablas termodinámicas. Los tramos de tuberías serán calculados entre piernas colectoras.

Los flujos máscicos de condensados de los equipos que consumen vapor serán equivalentes a los flujos máscicos de vapor de entrada.

3.1.15. Selección de trampas de vapor

El tipo de trampa a utilizar y el factor de seguridad dependerá de la aplicación, se muestra a continuación una serie de recomendaciones brindadas por el fabricante Armstrong.

Aplicación	1era Opción	2da Opción	Factor de Seguridad
Cabezal de la Caldera (Sobrecalentado)	IBLV	F&T	1.5
	IBCV - Pulido	Wafer	Carga al Arranque
Tuberías Principales de Vapor & Ramales de las Tuberías (Sin Congelamiento) (Congelamiento)	IB (CV si la presión varía)	F&T	2; 3 si estaría al final de la tubería, antes de la válvula, o en un ramal
	IB	Termostática o Disco	(Mismo que arriba)
Separador de Vapor Calidad del vapor del 90% o menos	IBLV	DC	3
	DC		3
Venas de Vapor	IB	Termostática o Disco	2
Unidades de Calentamiento y de Manejo de Aire (Presión Constante) (Presión Variable 0 - 1 bar) (Presión Variable 1 - 2 bar) (Presión Variable > 2 bar)	IBLV	F&T	3
	F&T	IBLV	2, a presión diferencial de 0.034 bar
	F&T	IBLV	2, a presión diferencial de 0.14 bar
	F&T	IBLV	3, a la mitad de la máxima presión diferencial
Radiadores Aletados & Tubos Serpentin (Presión Constante) (Presión Variable)	IB	Termostática	2, normalmente; 3, para calentamiento rápido
	F&T	IB	2, normalmente; 3, para calentamiento rápido
Calentadores de Aire de Proceso (Presión Constante) (Presión Variable)	IB	F&T	2
	F&T	IBLV	3, a la mitad de la máxima presión diferencial
Máquina de Absorción de Vapor (Enfriador)	F&T	IB, con Venteador Externo	2, a presión diferencial de 0.034 bar
Intercambiadores de Calor de Tubo y Coraza & Serpentes de Tubo y Estampados (Presión Constante) (Presión Variable)	IB	DC o F&T	2
	F&T	DC o IBT (IBLV, a más de 2 bar)	< 1 bar: 2, a 0.034 bar; 1 - 2 bar: 2, a 0.14 bar > 2 bar: 3, a la mitad de la máxima presión diferencial
Evaporadores de Un Paso y de Pasos Múltiples	DC	IBLV o F&T	2; 3, con cargas de 22,700 kg/hr
Ollas con Camisas de Vapor (Drenado por Gravedad) (Drenado por Sifón)	IBLV	F&T o Termostática	3
	DC	IBLV	3
Secadoras Rotatorias	DC	IBLV	3, para DC; 8, para IB a presión constante; 10, para IB presión variable
Tanques de Flasheo	IBLV	DC o F&T	3

IBLV - Balde Invertido con Venteador Grande
 IBCV - Balde Invertido con Válvula Check Interna
 IBT - Balde Invertido con Venteador Térmico
 F&T - Flotador y Termostática
 DC - Controlador Diferencial de Condensado
 Thermo - Termostática

Use una IB con venteador de aire externo cuando se excedan las limitaciones de presión de la F&T, o si el vapor está sucio. Todos los factores de seguridad son para la presión diferencial de operación, al menos que se indique lo contrario.

Figura 28. Recomendación de trampas de vapor según su aplicación

Fuente: Armstrong.

La capacidad de cada trampa de vapor dependerá de la diferencia de presión entre la entrada y la salida de esta. Para obtener esta diferencia de presión se deberá calcular la contrapresión a la que está sometida la trampa (presión en la salida), esta se obtiene sumando la diferencia de altura geométrica entre la posición de la trampa y

la descarga de la tubería (ya sea a la atmósfera o al tanque de retorno), la caída de presión en las tuberías y la presión de descarga de la tubería.

De acuerdo con la diferencia de presión se verifica para un modelo de trampa si el flujo permitido de la misma cumple con los requerimientos del sistema.

3.1.16. Cálculo de tuberías de condensado

Para la selección del flujo de condensados se debe tener en cuenta que la descarga de condensados se plantea realizar a un tanque presurizado, por lo que la generación de vapor flash es limitada. Se mantendrá como máximo una caída de presión de 0,5 kPa/m, además a diferencia de las tuberías de vapor, el agua en estado líquido presenta una densidad mayor, por lo que se considera la caída o aumento de presión debido a una diferencia geométrica de altura. A partir de ahí de acuerdo con lo presentado en el apéndice 13, con el flujo de condensados, se selecciona la tubería correspondiente.

Cabe mencionar que la descarga de las tuberías se dará a otras tuberías de diferentes presiones hasta alcanzar el tanque de alimentación. La presión que se mantendrá será aquella correspondiente a la de la tubería de un flujo mayormente superior. En caso de que el flujo sea similar se mantendrá la presión menor correspondiente.

De igual manera se mantiene una longitud equivalente de 1,2 veces la longitud sin accesorios para el diseño preliminar y se corrige con las longitudes equivalentes por accesorios correspondientes al apéndice 13.

3.1.17. Verificación del tanque de alimentación de agua

La capacidad necesaria en el tanque de condensados dependerá de la producción propia de la caldera y del tiempo que de agua disponible en la caldera. El fabricante Estadounidense P.C. McKenzie recomienda un periodo de 10 minutos de agua disponible en la caldera, además sugiere diseñar el tanque con un factor de seguridad

de 1,5 para evitar la inundación de este. El volumen del tanque mínimo necesario se puede calcular a través de la siguiente ecuación.

$$V(m^3) = \frac{\dot{m}_{caldera} \times 34,5 \times t_{agua\ disponible} \times FS \times 0,00379}{15,65 \times 8,337 \times 60} \quad (19)$$

3.2. SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL SISTEMA

3.2.1. Diagrama propuesto

Se muestra a continuación el diagrama propuesto:

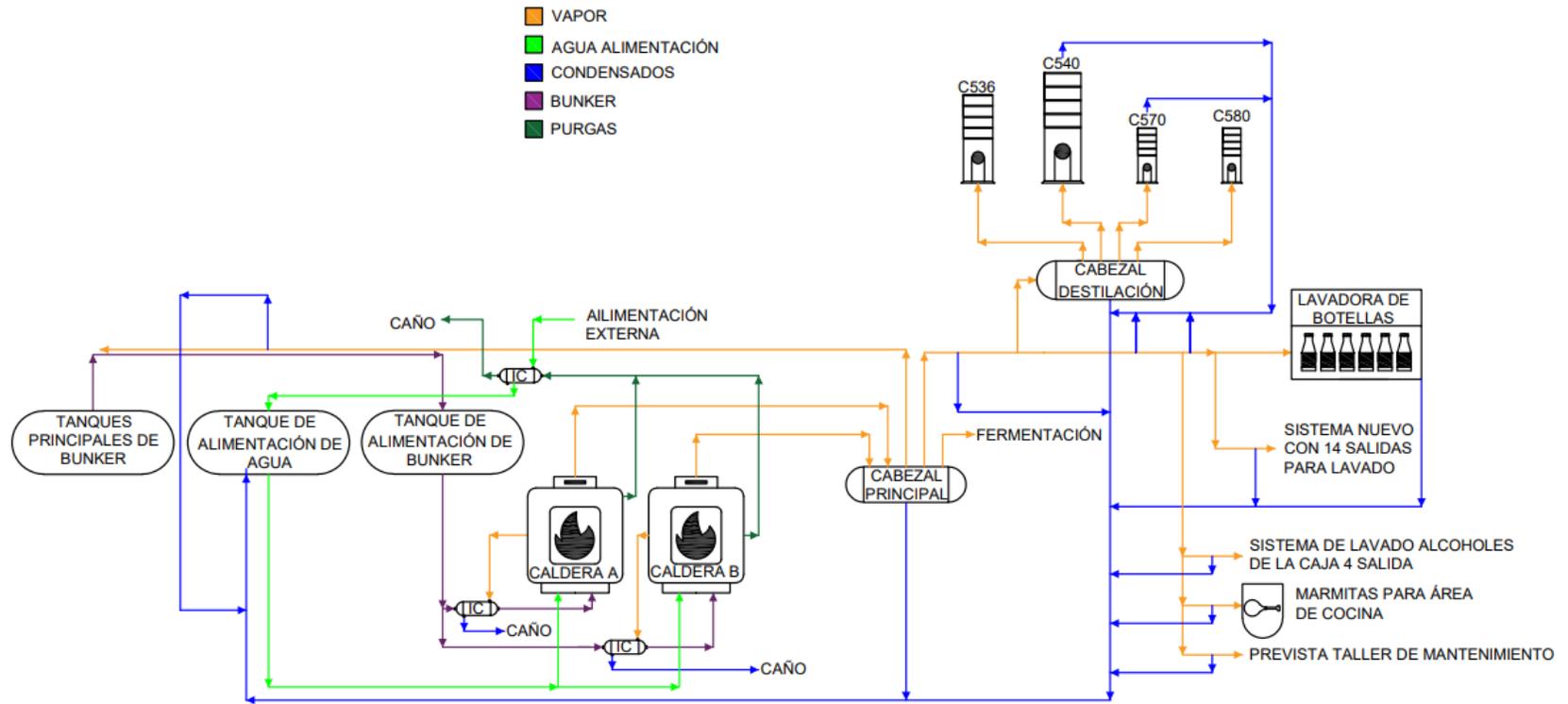


Figura 29. Diagrama del sistema Propuesto

Fuente: Propia, AutoCAD 2020

El diseño propuesto pretende eliminar todos los desperdicios de condensados que existen actualmente, se busca realizar un trapeo eficiente de equipos y del sistema de distribución, buscando mejorar la eficiencia del sistema y aprovechando la pureza y el contenido energético del agua. Se pretenden de igual manera mejorar el sistema de “steam tracing”, el cual no presenta ciertos detalles de instalación recomendados en el inciso 3.1.2.

Por su parte se diseña un sistema completamente nuevo de suministro de vapor en confección con un total de 14 salidas, distribuidas en 2 hileras de 7 salidas cada una ubicadas en los extremos del recinto, buscando así la facilidad de uso del vapor en la zona, además de mayor seguridad del sistema. También se pretende diseñar 3 zonas nuevas de uso de vapor, la cocina, lavado de tanques de alcohol y prevista en taller de mantenimiento. En el área de cocina se busca disminuir el consumo de gas instalando 2 marmitas que utilicen vapor como fuente de energía. Por su parte se propone un sistema similar de lavado de tanques, pero esta vez en la zona de almacenamiento de alcohol, ubicado posterior a la destilería, actualmente estos tanques se lavan con agua. También se solicita una salida prevista en el taller de mantenimiento para ideas futuras.

Por otra parte, se pide una salida prevista del cabezal principal, esta será utilizada en caso de que se vuelva a plantear el uso de la zona de fermentación. El ingeniero solicita diseñar dicha salida con un consumo igual al de la zona de destilería.

Como medidas de ahorro energético se plantea pasar la presurización del tanque de suministro de agua, este, actualmente, se encuentra venteado a presión atmosférica. Aumentar la presión permitirá el ingreso de condensados a la caldera a una mayor temperatura. Además, se propone utilizar el contenido energético de las purgas continuas que son desechadas, para calentar el agua de alimentación externa que ingresa al tanque, esto mediante un intercambiador de calor ubicado en el cuarto de calderas.

De manera análoga se busca realizar un diseño de precalentamiento de búnker igual al presentado en la caldera A en la caldera B, esto permitirá incrementar la temperatura del combustible mejorando la eficiencia de la caldera.

Finalmente se plantea sustituir el sistema de aislamiento que se encuentra en mal estado y también se pretende colocar aislamiento en zonas donde la tubería se encuentra desnuda, incluyendo en las válvulas del sistema de vapor.



Figura 30. Zonas de uso de vapor en la planta

Fuente: Propia, Revit 2020.

3.2.2. Estimación de flujos de vapor

- Balance de masas: en el caso de la torre hidroselctora C536 y la torre recuperadora C580, se dispone a realizar el balance de masas correspondiente los datos de entrada y salida fueron facilitados por el encargado de la zona de destilación, por su parte las densidades propuestas son en esencia la densidad del

alcohol, acetato de etilo, agua y mezcla entre estos. Se muestra a continuación los datos de la torre hidroselectora.

Tabla 3. Fluidos de entrada en la Torre Hidroselectora (C536)

Sustancia	Caudal (l/h)	Caudal (m³/h)	Densidad (kg/m³)	Flujo másico (kg/h)	Flujo másico (kg/s)
Agua	7000	7	997	6979	1,939
Agua	4000	4	997	3988	1,108
Agua	800	0,8	997	798	0,222
Alcohol tipo B	1800	1,8	788	1418	0,394
Acetato de etilo	4800	4,8	898	431	1,197
Vapor	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocido
Total sin vapor					4,859

Fuente: propia.

Tabla 4. Fluidos de salida en la Torre Hidroselectora (C536)

Sustancia	Caudal (l/h)	Caudal (m³/h)	Densidad (kg/m³)	Flujo másico (kg/h)	Flujo másico (kg/s)
Contaminantes	3665	3,67	3,68	13,5	0,004
Acetato de etilo	1194889	1195	3,68	4391	1,220
Alcohol 12%	14760	14,8	972	14346	3,985
Total					5,208

Fuente: propia.

Aplicando la ecuación 1:

$$5,208 = 4,859 + \dot{m}_{vapor}$$

$$\dot{m}_{vapor} = 5,208 - 4,859 = 0,349 \frac{kg}{s} \times 3600 = 1256,4 \frac{kg}{h}$$

De igual manera se muestran los datos correspondientes a la torre recuperadora C580.

Tabla 5. Fluidos de entrada en la Torre Recuperadora (C580)

Sustancia	Caudal (l/h)	Caudal (m ³ /h)	Densidad (kg/m ³)	Flujo másico (kg/h)	Flujo másico (kg/s)
Capa pesada	120	0,12	898	108	1,80
Reflujo	540	0,54	898	485	8,08
Vapor	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocido	Desconocido
Total, sin vapor					9,88

Fuente: propia

Tabla 6. Fluidos de salida en la Torre Recuperadora (C580)

Sustancia	Caudal (l/h)	Caudal (m ³ /h)	Densidad (kg/m ³)	Flujo másico (kg/h)	Flujo másico (kg/s)
Reflujo	131951	132	3,68	485	8,08
Agua	112	0,112	997	112	1,86
Total					9,94

Fuente: propia

Aplicando la ecuación 1:

$$9,94 = 9,88 + \dot{m}_{vapor}$$

$$\dot{m}_{vapor} = 9,943 - 9,878 = 0,065 \frac{kg}{s} \times 3600 = 234 \frac{kg}{h}$$

- Recipiente calibrado: el método de recipiente calibrado se utilizó para el cálculo del flujo de la torre rectificadora (C540), la torre deshidratadora (C570) y el flujo correspondiente a purgas continuas. Se muestran a continuación los datos correspondientes a las mediciones de la torre C540.

Tabla 7. Mediciones de caudal para la torre rectificadora C540

Medición	Volumen (l)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
1	1,4	0,0014	3,59	0,0003900
2	1,2	0,0012	2,25	0,0005333
3	1,5	0,0015	4,03	0,0003722
4	1,8	0,0018	5,00	0,0003600
5	1,75	0,00175	4,54	0,0003855

Tabla 7. Mediciones de caudal para la torre rectificadora C540 (continuación)

Medición	Volumen (l)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
6	1,6	0,0016	3,37	0,0004748
7	1,6	0,0016	4,15	0,0003855
8	1,2	0,0012	3,00	0,0004000
Promedio				0,0004127

Fuente: propia.

La presión registrada durante las mediciones fue de 300 kPa manométrica, equivalente a 391,8 kPa absolutos, para este valor la densidad corresponde a 920,3 kg/m³. Por consiguiente, el flujo másico correspondiente es de:

$$\dot{m}_{condensados} = 0,0004127 \times 920,3 = 0,3798 \frac{kg}{s}$$

Utilizando el apéndice 2, se aproxima el valor correspondiente al porcentaje de vapor flash liberado en las mediciones a 8,3%, por lo tanto, el valor de condensado total incluyendo el porcentaje del vapor flash corresponde a:

$$\dot{m}_{condensados} = \frac{0,3798}{1 - 8,3\%} = 0,4142 \frac{kg}{s} \times 3600 = 1491 \frac{kg}{h}$$

El intercambiador que alimenta a la torre es considerado un volumen de control, por lo tanto, el flujo másico que abandona será igual al que ingresa de manera que el flujo másico de vapor será equivalente al de condensados.

Por su parte se muestra a continuación los datos correspondientes a las mediciones de la torre C570.

Tabla 8. Mediciones de caudal para la torre rectificadora C570

Medición	Volumen (l)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
1	0,5	0,0005	20,93	0,0000239
2	0,9	0,0009	24,31	0,0000370
3	1,2	0,0012	25,72	0,0000467
4	0,4	0,0004	18,98	0,0000211

Tabla 8. Mediciones de caudal para la torre rectificadora C570 (continuación)

Medición	Volumen (l)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
5	1	0,001	22,37	0,0000447
6	0,9	0,0009	23,11	0,0000389
7	0,7	0,0007	22,77	0,0000307
8	1,5	0,0015	27,03	0,0000555
Promedio				0,0000373

Fuente: propia.

La presión registrada durante las mediciones fue de 300 kPa manométrica, equivalente a 391,8 kPa absolutos, para este valor la densidad corresponde a 920,3 kg/m³. Por consiguiente, el flujo másico correspondiente es de:

$$\dot{m}_{condensados} = 0,0000373 \times 920,3 = 0,03434 \frac{kg}{s}$$

Utilizando el apéndice 2, se aproxima el valor correspondiente al porcentaje de vapor flash liberado en las mediciones a 8,3%, por lo tanto, el valor de condensado total incluyendo el porcentaje del vapor flash corresponde a:

$$\dot{m}_{condensados} = \frac{0,3434}{1 - 8,3\%} = 0,3745 \frac{kg}{s} \times 3600 = 134,8 \frac{kg}{h}$$

Al igual que el intercambiador el serpentín puede ser observado como un volumen de control de manera que el flujo másico que abandona será igual al que ingresa, por lo tanto, el flujo másico de vapor será equivalente al de condensados.

Finalmente se muestra el caso de las purgas continuas.

Tabla 9. Mediciones de caudal para las purgas de la caldera

Medición	Volumen (l)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
1	0,3	0,0003	12,76	0,0000235
2	0,4	0,0004	21,94	0,0000182
3	0,3	0,0003	16,07	0,0000187
4	0,5	0,0005	25,42	0,0000197
5	0,4	0,0004	20,69	0,0000193
6	0,2	0,0002	8,37	0,0000239

Tabla 9. Mediciones de caudal para las purgas de la caldera (continuación)

Medición	Volumen (l)	Volumen (m ³)	Tiempo (s)	Caudal (m ³ /s)
7	0,6	0,0006	31,02	0,0000193
8	0,7	0,0007	36,15	0,0000194
Promedio				0,0000203

Fuente: propia.

La presión registrada durante las mediciones fue la misma presión de trabajo de la caldera 612 kPa, equivalente a 704 kPa absolutos, para este valor la densidad corresponde a 902,6 kg/m³. Por consiguiente, el flujo másico correspondiente es de:

$$\dot{m}_{condensados} = 0,0000203 \times 902,6 = 0,0183 \frac{kg}{s}$$

Utilizando el apéndice 2, se aproxima el valor correspondiente al porcentaje de vapor flash liberado en las mediciones a 12,5%, por lo tanto, el valor de condensado total incluyendo el porcentaje del vapor flash corresponde a:

$$\dot{m}_{condensados} = \frac{0,0183}{1 - 12,5\%} = 0,0209 \frac{kg}{s} \times 3600 = 75,2 \frac{kg}{h}$$

- Transferencia de calor: para el caso del precalentador, se tiene que la caldera es alimentada por una bomba Viking Pump modelo H4124A, con un caudal máximo de 3,4 m³/h, se supondrá que el caudal de trabajo de la bomba será del 85% de su capacidad. El intercambiador es capaz de incrementar la temperatura del búnker desde 85 °C a 107°C. La densidad y la capacidad calorífica a una temperatura media de 96 °C, son respectivamente 905 kg/m³ y 2,25 kJ/kgK.

Por su parte el vapor abandona la caldera a su presión de trabajo y cuenta con una válvula reductora en la entrada del intercambiador que mantiene la presión a 138 kPa manométricos, por lo tanto, la entalpia a 230 kPa absolutos es de 2186,8 kJ/kg. Se obtiene el consumo del vapor utilizando las ecuaciones 2 y 3 a continuación.

$$\dot{m}_{bunker} = 905 \times 3,4 \times 0,85 = 2615,45 \frac{kg}{h}$$

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{2615,45 \times 2,25 \times (107 - 85)}{2186,8} = 59,2 \frac{kg}{h}$$

3.2.3. Diseño de la vena de vapor

Se sigue el procedimiento planteado en el punto 3.1.2.

1. Establecer parámetros de diseño: se muestran a continuación la recopilación de datos necesarios para el diseño.

Tabla 10. Parámetros iniciales para el diseño de la vena de vapor

Parámetro	Unidades SI	Unidades Americanas
Diámetro de tubería a calentar	80 mm	3"
Longitud de tubería a calentar	220,6 m	723,8 ft
Temperatura mínima ambiental	17 °C	62,6°F
Temperatura que se desea mantener	90 °C	194 °F
Presión de vapor disponible absoluta	700 kPa	101,52 psi

Fuente: propia.

2. Seleccionar el método de trazado: Se selecciona un rango de temperaturas medio de la figura 204, con un sistema de trazado por convección/conducción, de igual manera de la figura 205 se escoge para una tubería de 80 mm y la temperatura de 90 °C un aislamiento de 25 mm de espesor.
3. Identificar la temperatura a mantener: de acuerdo con la figura 206, para una tubería de 80 mm con aislamiento de 25 mm y con una traza de 12 mm, la temperatura de proceso será aproximadamente de 72,4 °C equivalente a 162,3 °F. Si bien es cierto la temperatura no es la requerida en el proceso se corregirá en el siguiente apartado

4. Determinar factores de corrección: se utiliza el factor de corrección por temperatura ambiente obtenido lo siguiente:

$$T_{\text{corregida por temperatura}} = 162,3 + 0,47 \times 62,6 = 191,7 \text{ °F} = 88,7 \text{ °C}$$

La corrección se realiza en grados Fahrenheit debido a las unidades de los coeficientes. Por su parte se plante utilizar fibra mineral, por lo tanto, para las dimensiones dadas se presenta un aumento en la temperatura de proceso de 17,2 °C, teniendo entonces:

$$T_{\text{corregida por aislamiento}} = 88,7 + 17,2 = 105,9 \text{ °C}$$

La temperatura es superior a la de diseño, haciendo que el búnker eventualmente pueda ingresar a la caldera a una temperatura aún mayor, mejorando la eficiencia de la caldera.

5. Determinar las longitudes de los circuitos: utilizando la tabla presentada en la figura 212, se selecciona la fila de 618 kPa (próximo inferior a la presión de operación del sistema de trazado), se recomienda para una tubería desnuda ser trampeada cada 72 m equivalentes, sin embargo, la constante aparición de bridas, arreglos de codos, puntos bajos, y la limitada distancia para longitud de piernas colectoras lleva a escoger una distancia aproximada de 60 m equivalentes entre trampas.
6. Escoger accesorios: se seleccionan bandas de acero inoxidable para la sujeción de la tubería.

Para delimitar una velocidad de 15 m/s y una caída de presión aceptable se selecciona un flujo de 25,6 m/s.

3.2.4. Cálculo de tuberías de vapor

Se hace un recuento de los equipos con sus respectivas necesidades de consumo y de presión.

Tabla 11. Variables de diseño del sistema para el cálculo de tuberías

Equipo	Flujo másico		Presión manométrica	
	Valor (kg/h)	Método de adquisición	Valor (kPa)	Método de adquisición
Caldera A	11200	Ficha técnica	612	Solicitada por ingeniero a cargo
Caldera A	11200	Ficha técnica	612	Solicitada por ingeniero a cargo
Torre C540	1491	Recipiente calibrado	300	Medición
Torre C536	1256	Balance de masas	230	Medición
Torre C570	135	Recipiente calibrado	300	Medición
Torre C580	234	Balance de masas	230	Medición
Vena de vapor	51,2	Fabricante thermon	La del cabezal principal	Misma de cabezal
Lavadora	250	Ficha técnica	340- 476	Ficha técnica
Salidas confección	20	Criterio de diseñador y ficha técnica	La permitida por el sistema	Criterio de diseñador y ficha técnica
Salidas lavado de alcohol	20	Criterio de diseñador y ficha técnica	La permitida por el sistema	Criterio de diseñador y ficha técnica
Marmitas	120	Ficha técnica	30-45	Ficha técnica
Pre calentador de búnker	59,2	Transferencia de calor	La permitida por el sistema	La permitida por el sistema

Fuente: propia.

Se resumen a continuación las tuberías de vapor propuestas con su respectiva identificación:

Tabla 12. Designación de tuberías de vapor

Designación	Desde	Hasta
AC	Caldera A	Cabezal Principal
BC	Caldera B	Cabezal Principal
AD	Caldera A	Precalentador caldera A
BE	Caldera B	Precalentador caldera B
CF	Cabezal principal	Intersección destilación
CAN	Cabezal Principal	Vena de vapor
CAÑ	Cabezal Principal	Prevista Fermentación
FG	Intersección destilación	Cabezal destilación
GH	Cabezal de destilación	Reductor C540
HC540	Reductor C540	Intercambiador C540
GI	Cabezal de destilación	Reductor C536
IC536	Reductor C536	Torre C536
GJ	Cabezal de destilación	Reductor C570
JC570	Reductor C570	Torre C570
GK	Cabezal de destilación	Reductor C580
KC580	Reductor C580	Torre C580
FL	Intersección destilación	Toma lavado de tanques
LM	Toma lavado de tanques	Toma lavado 1
M1	Toma lavado 1	Salida lavado 1
MN	Toma lavado 1	Toma lavado 2
N2	Toma lavado 2	Salida lavado 2
NÑ	Toma lavado 2	Toma lavado 3
Ñ3	Toma lavado 3	Salida lavado 3
ÑO	Toma lavado 3	Toma lavado 4
O4	Toma lavado 4	Salida lavado 4
LP	Toma lavado de tanques	Intersección mantenimiento

Tabla 12. Designación de tuberías de vapor (continuación)

Designación	Desde	Hasta
PQ	Intersección mantenimiento	Distribuidor Coc-Man
QR	Distribuidor Coc-Man	Cocina Reductor
QS	Distribuidor Coc-Man	Prevista mantenimiento
PT	Intersección mantenimiento	Primera toma de confección
TU	Primera toma de confección	Toma de vapor 1.1
U1	Toma de vapor 1.1	Salida 1.1
UV	Toma de vapor 1.1	Toma de vapor 1.2
V2	Toma de vapor 1.2	Salida 1.2
VW	Toma de vapor 1.2	Toma de vapor 1.3
W3	Toma de vapor 1.3	Salida 1.3
WX	Toma de vapor 1.3	Toma de vapor 1.4
X4	Toma de vapor 1.4	Salida 1.4
XY	Toma de vapor 1.4	Toma de vapor 1.5
Y5	Toma de vapor 1.5	Salida 1.5
YZ	Toma de vapor 1.5	Toma de vapor 1.6
Z6	Toma de vapor 1.6	Salida 1.6
ZAA	Toma de vapor 1.6	Toma de vapor 1.7
AA7	Toma de vapor 1.7	Salida 1.7
TAB	Primera toma de confección	Segunda toma de confección
ABAC	Segunda toma de confección	Salida lavadora
ABAD	Segunda toma de confección	Toma de vapor 2.1
AD1	Toma de vapor 2.1	Salida 2.1
ADAE	Toma de vapor 2.1	Toma de vapor 2.2
AE2	Toma de vapor 2.2	Salida 2.2
AEAF	Toma de vapor 2.2	Toma de vapor 2.3
AF3	Toma de vapor 2.3	Salida 2.3
AFAG	Toma de vapor 2.3	Toma de vapor 2.4

Tabla 12. Designación de tuberías de vapor (continuación)

Designación	Desde	Hasta
AG4	Toma de vapor 2.4	Salida 2.4
AGAH	Toma de vapor 2.4	Toma de vapor 2.5
AH5	Toma de vapor 2.5	Salida 2.5
AHAI	Toma de vapor 2.5	Toma de vapor 2.6
AI6	Toma de vapor 2.6	Salida 2.6
AIAJ	Toma de vapor 2.6	Toma de vapor 2.7
AJ7	Toma de vapor 2.7	Salida 2.7
HAK	Vena de vapor	Tanques de búnker principales
HAL	Vena de vapor	Tanque de búnker alimentación
SAM	Reductor cocina	Marmitas

Fuente: propia.

Se muestra a continuación el cálculo de la tubería AC, la tubería presenta una longitud de 16,54 m. Se tienen para este tramo 2 válvulas de compuerta, 1 unión T, y 3 codos.

1. Determinar la longitud equivalente de la tubería:

$$L_{equivalente} = 1,2 \times 16,54 = 19,85 \text{ m}$$

2. Determinar el flujo másico de la tubería:

$$\dot{m}_{diseño} = 11140,5 \times \frac{0,034}{100} \times 16,54 = 11200 \text{ kg/h}$$

3. Determinar factores de presión:

Presión de vapor de salida propuesta: 610 kPa o 6,1 bar.

P1= 45,041.

P2=44,76.

4. Calcular factor de diseño:

$$F = \frac{45,041 - 44,76}{19,85} = 0,014$$

Se selecciona un factor de fricción de 0,013 para ingresar a la tabla

5. Determinar tamaño de tubería y factor de velocidad:

Diámetro de tubería: 200 mm

Flujo másico disponible 12564 kg/h

Y=104,7

6. Determinar la velocidad de la tubería:

$$v = 104,7 \times 0,269 = 28,16 \frac{m}{s}$$

Como la velocidad se encuentra entre 25 y 40 m/s se acepta el tamaño de tubería.

7. Determinar longitud equivalente:

$$L_{equivalente} = 16,54 + (2 \times 1,6) + (1 \times 12,2) + (3 \times 6,1) = 50,24 \text{ m}$$

8. Determinar nueva presión de salida:

$$P_2 = -((0,013 \times 50,24) - 45,041) = 44,387$$

Interpolando se obtiene para dicho factor una presión de salida de 6,069 bar o 606,9 kPa.

El diseño del resto de la tubería se obtiene en el anexo 1.

3.2.5. Cálculo de cabezales

El cabezal principal será diseñado de acuerdo con la capacidad de generación de la caldera (11200 kg/h), a la presión más baja que entregarían las calderas 606,9 kPa. Se tiene para una velocidad recomendada de 20 m/s:

$$d_{interno} = \sqrt{\frac{11200 \times 4}{3600 \times \pi \times 20 \times 3,704}} = 0,231 \text{ m} = 231 \text{ mm}$$

Se selecciona un cabezal de 250 mm nominales equivalente a 10", con un diámetro interno de 254,08 mm, por ende, la velocidad del cabezal será:

$$v = \frac{11200 \times 4}{3600 \times \pi \times (0,25408)^2 \times 3,704} = 16,5 \text{ m/s}$$

Como la velocidad se encuentra entre 15 y 25 m/s el diámetro es aceptado. La pierna colectora será de 150 mm de diámetro y 0,71 m de largo según lo especificado en la figura 21.

3.2.6. Cálculo de aislamiento

Se muestra a continuación el desarrollo de selección de aislamiento para la tubería AC, los datos de entrada son los siguientes:

- Velocidad del viento: 3km/h = 0,833 m/s.
 - Presión absoluta: 704 kPa.
 - Temperatura interna: 165 °C.
 - Diámetro Nominal de la tubería: 8" =200 mm.
1. Resistencia de convección interna: Los datos de entrada para calcular la resistencia de convección interna son los siguientes:
 - Velocidad del fluido: 28,26 m/s.
 - Diámetro interno de la tubería: 202,7 mm.
 - Numero de Prandtl: 1,05.
 - Viscosidad cinemática: 3,99x10-6 m²/s
 - Coeficiente de conducción del vapor: 0,0339 W/mK.

Se calcula el número de Reynolds con la ecuación 10 como:

$$Re = \frac{28,26 \times 202,72}{1000 \times 3,99 \times 10^{-6}} = 1436693$$

Como el número de Reynolds es superior a 10000 se considera flujo turbulento, por lo que el número de Nusselt se determina con la ecuación 12 como:

$$Nu = 0,023 \times 1436693^{0,8} \times 1,05^{\frac{1}{3}} = 1971$$

A partir del número de Nusselt es posible calcular el coeficiente de convección interna con la ecuación 11 como:

$$h_{interno} = \frac{0,0339 \times 1971}{0,20272} = 329,5 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Finalmente se calcula la resistencia interna de convección por metro de tubería con la ecuación 9 como:

$$R_{convección} = \frac{1}{\pi \times 0,20272 \times 329,5} = 0,0048 \text{ m}^\circ\text{C/W}$$

2. Resistencia de la tubería: Los datos de entrada para calcular la resistencia de conducción de la tubería son los siguientes:

- Material de la tubería: Acero al carbono.
- Conductividad térmica a la temperatura del vapor: 47,4 W/mK.
- Diámetro interno: 202,7 mm.
- Diámetro externo: 219,1 mm.

Se calcula la resistencia de conducción por metro de tubería a partir de la ecuación 8 como:

$$R_{tubo} = \frac{\ln\left(\frac{219,1}{202,7}\right)}{2 \times \pi \times 47,45} = 2,60 \times 10^{-4} \text{ m}^\circ\text{C/W}$$

3. Resistencia de asilamiento: Los datos de entrada para calcular la resistencia de conducción de la tubería son los siguientes:

- Material del aislamiento: Fibra mineral.
- Conductividad térmica a una temperatura media de 95°C: 0,0451 W/mK.
- Diámetro interno: 219,1 mm.
- Diámetro externo: 299,1 mm.
- Espesor de aislamiento propuesto: 40 mm.

La temperatura de selección para la conductividad térmica es un promedio de la temperatura del vapor y la temperatura ambiente. Se calcula la resistencia de conducción por metro de la tubería a partir de la ecuación 8 como:

$$R_{\text{aislamiento}} = \frac{\ln\left(\frac{299,1}{219,1}\right)}{2 \times \pi \times 0,0451} = 1,1 \text{ m}^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

Cabe mencionar que el espesor más pequeño de aislamiento es de 25 mm, y los espesores crecen de 15 mm en 15 mm.

4. Resistencia de convección externa: Los datos de entrada para calcular la resistencia de convección externa son los siguientes:
- Velocidad del viento: 0,833 m/s
 - Diámetro expuesto: 299,1 mm.
 - Numero de Prandtl a 40 °C: 0,726.
 - Viscosidad cinemática a 40 °C: 1,70 x10-5 m²/s
 - Coeficiente de conducción del aire a 40 °C: 0,02662 W/mK.

Las propiedades del aire son calculadas para una temperatura promedio entre 55 °C y 25 °C. Se calcula el número de Reynolds con la ecuación 10 como:

$$Re = \frac{0,833 \times 0,29908}{1,70 \times 10^{-5}} = 14643$$

Como el número de Reynolds se ubica entre 4000 y 40000 el número de Nusselt será calculado como:

$$Nu = 0,193 \times 14643^{0,618} \times 0,7255^{\frac{1}{3}} = 65,1$$

A partir del número de Nusselt es posible calcular el coeficiente de convección interna con la ecuación 11 como:

$$h_{externo} = \frac{0,02662 \times 65,1}{0,2991} = 5,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Finalmente se calcula la resistencia entera de convección por metro de tubería con la ecuación 9 como:

$$R_{aire} = \frac{1}{\pi \times 0,2991 \times 5,8} = 0,184 \text{ m}^\circ\text{C/W}$$

5. Cálculo de flujo de calor y temperaturas de interés: Se calcula la transferencia de calor a partir de la ecuación 7 como:

$$\dot{Q} = \frac{165 - 25}{(0,184 + 1,1 + 2,60 \times 10^{-4} + 0,0048)} = 108,7 \text{ W/m}$$

Se calculan las siguientes temperaturas de interés:

$$T_{interna \text{ de tubería}} = -(108,7 \times 0,0048 - 165) = 164,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{externa \text{ de tubería}} = -(107 \times (0,0048 + 2,60 \times 10^{-4}) - 165) = 164,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{superficial \text{ aislamiento}} = 108,7 \times 0,184 + 25 = 45 \text{ }^\circ\text{C}$$

Como la temperatura superficial es inferior a 55 °C, el aislamiento es aceptado, si fuese mayor se retoma el cálculo con un espesor mayor. Se muestra el cálculo restante en el anexo 3.

3.2.7. Selección de válvulas de vapor

Se muestra a continuación la selección de una de las válvulas de compuerta que permite el paso de vapor de la caldera al cabezal principal. Los datos de entrada son los siguientes:

- Diámetro de la tubería: 8" o 200 mm.
- Temperatura de proceso 165 °C o 328,9 °F.
- Presión de proceso manométrica: 612,3 kPa o 88,8 psi.
- Tipo de válvula: Compuerta.
- Tipo de conexión: Bridada.

Se muestra a continuación los rangos máximos de presión permitidos para una válvula de compuerta serie 150 bridada:

Technical Information

Temperature °F	Working Pressure psi
-20 to 100	285
200	260
300	230
400	200
500	170
600	140
650	125
700	110
750	95
800	80
850	65
900	50
950	35
1000	20

How to Order

Size	Series	Class	Ends	Body Material	Options
2	35	1	1	4	60
2-1/2		150	2	Carbon Steel	Gear Operator (available from stock over 12" POA under 12")
3					
4					
5					
6					
8					
10					
12					
14					
16					
18					
20					
24					

*POA

Example: 8 - 35 - 1 - - 1 - 4 - = 8-35-1-1-4

Figura 31. Capacidad y designación válvula de compuerta Bridadas

Fuente: Sharpe Valves.

Interpolando entre los datos se tiene para la temperatura de proceso especificada una presión máxima de trabajo de 221 psi equivalente a 1526 kPa, por lo cual la válvula es aceptada, le designación de esta es 8"-35-1-1-4.

Se muestran las demás válvulas y fichas técnicas en anexos y apéndices respectivamente.

3.2.8. Selección de válvulas reductoras de presión

Se muestra a continuación la selección de la válvula reductora de presión correspondiente a la Torre C540, para ello los datos de entrada son los siguientes:

- Presión de entrada manométrica: 576 kPa o 83,5 psi.
- Diámetro de tubería entrada: 4" o 100 mm.
- Presión regulable manométrica: 300 kPa o 43,5 psi.
- Diámetro de la tubería salida: 6" o 150 mm.
- Flujo másico: 1491 kg/h o 3288 lb/h.
- Temperatura máxima de operación del fluido: 163 °C.

Inicialmente se calcula el coeficiente de flujo de válvula necesaria, por lo que se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{como } \frac{576}{2} = 288 < 300$$

$$C_v = \frac{3288}{2,1 \times \sqrt{(83,5 - 43,5) \times (83,5 + 13,3 + 43,5 + 13,3)}} = 20$$

Según la figura 229, ubicada en el apéndice 8, el modelo de válvula recomendada es el GP2000 de piloto externo. Se muestra a continuación algunos datos técnicos:

GP-2000 Specifications										
Application	Inlet Pressure psig (bar)	Reduced Pressure psig (bar)	Spring Color	Maximum Temperature °F (°C)	Minimum Differential psig (bar)	Materials				
						Body	Main Valve/Seat	Pilot Valve/Seat	Diaphragm	Color
Steam	NPT 15 - 300 (1 - 20)	*1.5 - 3 (.10 - .21)	Yellow	450 (232)	7 (.48)	Ductile Iron ASTM A536	Stainless Steel AISI 420	Stainless Steel AISI 301	Dark Gray	
	15 - 185 (1 - 13) 150 lb. Flanged		Yellow							
	15 - 300 (1 - 20) 300 lb. Flanged	Green								

Figura 32. Datos técnicos para la válvula GP2000

Fuente. Armstrong.

Para este caso se observa como para el rango de presiones seleccionado, la válvula correspondiente será la GP2000 de 150 lb bridada con resorte color verde, la temperatura máxima de operación permitida se encuentra por encima de la del sistema. Se selecciona a continuación un diámetro de conexión de 50 mm con un coeficiente de flujo por encima del necesario.

GP-2000, GP-2000K-1, GP-2000K-3, GP-2000K-6, GD-2000K, GP-2000R Capacities—Steam (kg/hr)											
Inlet	Outlet	kg/hr									
		Connection Size									
		mm									
bar		15	20	25	32	40	50	65	80	100	150
C _v Factor		5	7.2	10.9	14.3	18.8	32	60	78	120	250
1.03	0.55	91	131	199	261	343	584	1,095	1,423	2,189	4,561
	0.21	114	164	248	325	427	727	1,363	1,772	2,726	5,679
1.38	0.90	100	143	217	285	374	637	1,194	1,553	2,389	4,977
	0.21	142	205	310	407	534	910	1,706	2,218	3,412	7,108
1.72	1.24	107	154	234	307	403	686	1,287	1,673	2,573	5,361
	.21 - .34	154	222	336	440	579	985	1,848	2,402	3,695	7,698
2.07	1.59	114	165	249	327	430	732	1,373	1,784	2,745	5,719
	.21 - .48	173	250	378	496	652	1,109	2,080	2,704	4,161	8,668
2.76	2.28	128	184	278	365	479	816	1,530	1,989	3,060	6,376
	1.72	114	165	249	327	430	732	1,373	1,784	2,745	5,719
3.45	.21 - .83	173	250	378	496	652	1,109	2,080	2,704	4,161	8,668
	2.90	128	184	278	365	479	816	1,530	1,989	3,060	6,376
4.14	2.07	179	258	391	513	674	1,147	2,151	2,796	4,301	8,961
	.21 - 1.17	212	305	462	607	798	1,358	2,546	3,309	5,091	10,607
5.17	3.52	148	214	324	425	558	950	1,781	2,315	3,562	7,421
	3.10	148	214	324	425	558	950	1,781	2,315	3,562	7,421
6.89	2.41	223	321	486	637	838	1,426	2,673	3,475	5,347	11,139
	.21 - 1.5	251	361	547	718	943	1,606	3,011	3,914	6,022	12,546
5.17	4.34	213	307	465	611	803	1,366	2,562	3,330	5,123	10,673
	3.79	269	387	586	769	1,011	1,721	3,227	4,195	6,454	13,446
6.89	3.10	319	459	695	912	1,199	2,041	3,826	4,974	7,653	15,943
	.27 - 2.1	348	501	758	995	1,308	2,226	4,175	5,427	8,349	17,394
6.89	5.86	270	389	589	772	1,016	1,729	3,241	4,213	6,482	13,505
	5.17	340	490	742	974	1,280	2,179	4,086	5,311	8,171	17,023
6.89	4.14	415	597	904	1,186	1,559	2,653	4,975	6,467	9,949	20,728
	.34 - 2.9	445	641	970	1,272	1,673	2,847	5,338	6,939	10,676	22,242

Figura 33. Capacidades de la válvula modelo GP2000

Fuente. Armstrong.

De la fila 8 (5,17 bar), subfila 3 (3,1 bar), se observa que la trampa tiene una capacidad de 2041 kg/h, por encima de los 1491 requeridos, si bien es cierto, no son los valores exactos de diseño, la válvula es aceptada. Se confirmará en el apartado de verificación del diseño. Se muestra a continuación las especificaciones de compra:

- **Modelo:** NPT GP2000.
- **Tipo de conexión y tamaño:** brida de 50mm (2")
- **Fluido:** Vapor.
- **Temperatura del fluido:** 163 °C o 325 °F.
- **Presión máxima de entrada:** 576 kPa o 83,5 psi.
- **Presión modulada deseada:** 300 kPa o 43,5 psi.
- **Flujo másico:** 1491 kg/h o 3288 lb/h.

3.2.9. Selección de válvulas de seguridad

Se muestra la selección de la válvula de seguridad correspondiente al reductor RED1 ubicado en la tubería HC540, la presión de salida de la válvula debe ser limitada a 300 kPa, por lo tanto, la presión de ajuste de la válvula de seguridad deberá aproximarse a 335 kPa (49 psi). Se muestra a continuación las capacidades de las válvulas del fabricante Apollo Valves.

U.S. Customary Units lbs./hr.							Metric Units kg./hr.						
Orifice Letter	D	E	F	G	H	J	Orifice Letter	D	E	F	G	H	J
Area in. ²	0.129	0.230	0.359	0.589	0.919	1.509	Area Cm. ²	0.835	1.483	2.315	3.800	5.932	9.733
Set Pressure							Set Pressure						
psig							barg						
5*	122	218	340	558	871	1,429	0.34*	55	99	154	253	395	648
10*	167	298	466	765	1,193	1,958	0.69*	76	135	211	347	541	888
15	179	320	499	820	1,279	2,100	1.1	84	149	233	382	597	980
20	207	369	576	945	1,474	2,421	1.5	98	175	273	448	700	1,149
25	234	418	652	1,070	1,670	2,742	2	116	207	323	531	829	1,360
30	262	467	729	1,195	1,865	3,063	2.5	136	242	378	620	968	1,589
35	292	521	813	1,333	2,080	3,416	3	156	277	433	711	1,110	1,821
40	322	574	897	1,471	2,295	3,769	3.5	175	313	489	802	1,251	2,054
45	352	628	981	1,609	2,510	4,122	4	195	348	544	892	1,393	2,286
50	383	682	1,065	1,747	2,725	4,475	4.5	215	384	599	983	1,535	2,518

Figura 34. Capacidades para válvula de seguridad modelo 19K

Fuente: Apollo Valves.

Para un valor de 50 psi en la columna J se obtiene un flujo máximo de 2030 kg/h (4475 lb/h) de vapor, superiores a los 1491 kg/h determinados por el diseño, por lo que es aceptada. A partir de la letra del orificio se selecciona el modelo con ayuda de la siguiente figura:

Old Part Number	New Model Number	Orifice Letter	Size (In./mm.)		Dimensions (In./mm.)			Weight Each (lbs./kg.)
			Inlet x Outlet		A	B	C	
19-202	19*DC	D	1/2 X 3/4		2.21	6.52	1.37	1.6
			15 x 20		56	166	35	.73
19-301	19*DD	D	3/4 X 3/4		2.21	6.52	1.37	1.6
			20 x 20		56	166	35	.73
19-302	19*ED	E	3/4 X 1		2.50	7.16	1.75	2.0
			20 x 25		64	182	44	.91
19-401	19*EE	E	1 X 1		2.64	7.30	1.75	2.2
			25 x 25		67	185	44	1.0
19-402	19*FE	F	1 X 1-1/4		2.95	9.34	2.00	4.1
			25 x 32		75	237	51	1.9
19-501	19*FF	F	1-1/4 X 1-1/4		2.95	9.34	2.00	4.3
			32 x 32		75	237	51	2.0
19-502	19*GF	G	1-1/4 X 1-1/2		3.38	11.01	2.37	7.4
			32 x 40		86	280	60	3.4
19-601	19*GG	G	1-1/2 X 1-1/2		3.38	11.01	2.37	7.6
			40 x 40		86	280	60	3.4
19-602	19*HG	H	1-1/2 X 2		3.63	11.96	2.75	11.5
			40 x 50		92	304	70	5.2
19-701	19*HH	H	2 X 2		3.63	11.96	2.75	11.6
			50 x 50		92	304	70	5.3
New!	19*JG'	J	1-1/2F X 2-1/2		3.80	14.00	3.50	20.0
			40 x 65		97	356	89	9.1
19-702	19*JH	J	2 X 2-1/2		4.06	14.25	3.50	19.9
			50 x 65		103	362	89	9.0
19-801	19*JJ	J	2-1/2 X 2-1/2		4.50	14.68	3.50	20.8
			65 x 65		114	373	89	9.4

Figura 35. Número de modelos para trampa seleccionada

Fuente: Apollo Valves.

Se selecciona el modelo 19*JH. La designación de la válvula será 19K-JH-L-050. Se muestra en el anexo 7 la demás selección de válvulas de seguridad.

3.2.10. Selección de filtros

Se muestra la selección del filtro correspondiente al reductor de la torre C540, para ello los datos de entrada son los siguientes:

- Presión: 576 kPa o 83,5 psi.

- Temperatura de operación: 163 °C o 325 °F.
- Diámetro de la tubería: 4" o 100 mm.

Se muestra a continuación la capacidad del filtro modelo CA.

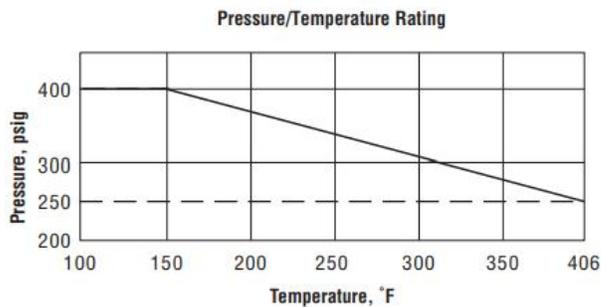


Figura 36. Capacidad del filtro modelo CA

Fuente. Armstrong.

Utilizando la gráfica se observa que para la temperatura de operación se tiene una presión máxima de operación limitada a 280 psi aproximadamente, superando la presión de operación de diseño, por lo tanto, el filtro es aceptado. La especificación del filtro es: 4"- CA-9-FL-125. Se muestran demás filtros y fichas técnicas en anexos y apéndices respectivamente.

3.2.11. Selección de ventiladores de aire

Se muestra la selección del ventilador VENT1 ubicado en la sección final de la tubería GH, la presión y temperatura máxima de entrada son de 575,6 kPa (83,5 psi) y 161 °C (322 °F) respectivamente. El modelo seleccionado es el TV-2, el cual presenta las siguientes características.

TV-2 Physical Data		
Pipe Connections	in	mm
		1/2
"A" (Diameter)	2-3/16	56
"B" (Height)	3-1/2	89
Weight, lb (kg)	1-1/2 (0.8)	
Maximum Operating Pressure	125 psig (9 bar)	
Temperature Maximum, °F (°C)	350°F (177°C)	

Figura 37. Características del ventilador TV-2

Fuente. Armstrong.

Como se observa, la presión máxima de operación se encuentra por encima de la de diseño, además el ventilador de aire permite descargar hasta $2,17E-02 \text{ m}^3/\text{s}$ equivalentes a 46 cfm.

3.2.12. Selección de expansores térmicos

Se muestra la selección del expansor térmico EXP1, correspondiente a la tubería de distribución CF, la cual tiene una longitud de 35 m y una temperatura de proceso de 164,7 °C. se determina la compresión requerida por el expansor de la tubería como:

$$\delta_{requerida} = 35 \times 11,7 \times 10^{-6} \times (164,7 - 25) = 0,0572m = 57,2mm$$

Se selecciona el expansor GAT04SF0400, las características se muestran a continuación.

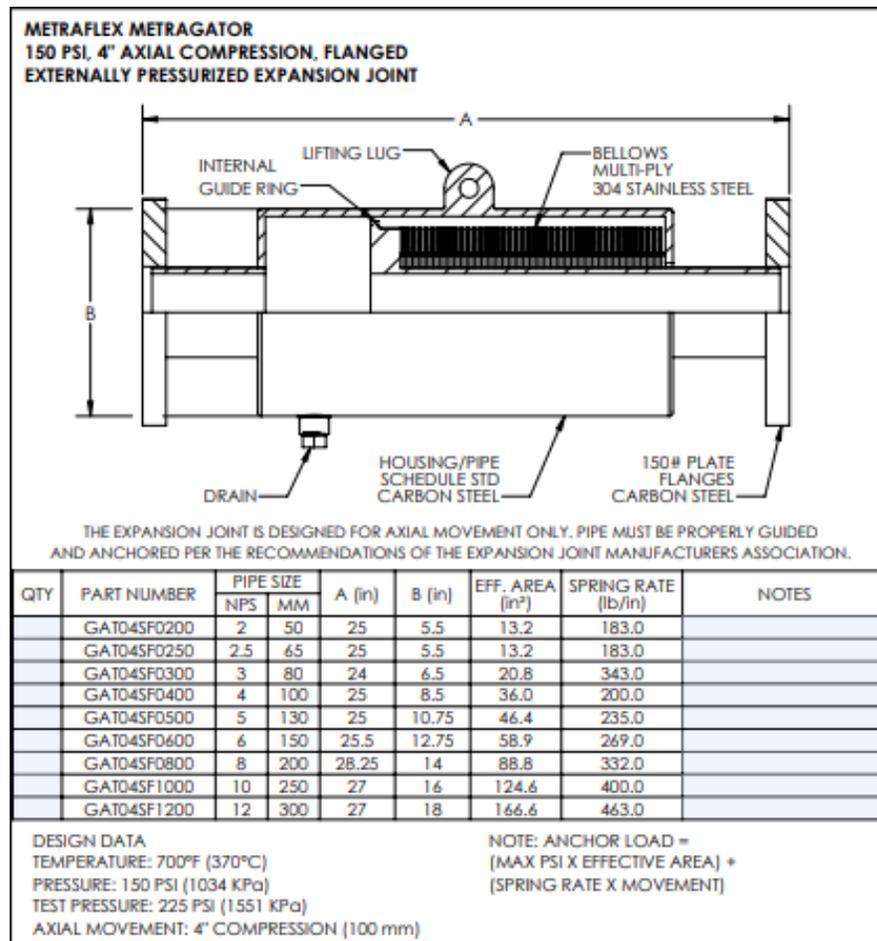


Figura 38. Características del expansor Metrator 4 in

Fuente. Metraflex.

Como se observa la capacidad de compresión es de 4 pulgadas equivalentes 100 mm, superando la requerida. Demás expansores se muestran en el apartado de anexos.

3.2.13. Selección de separadores de vapor

Se muestra la selección del SEP1, correspondiente a la tubería GH de la torre C540. Se tienen como datos de entrada un flujo de vapor de 1491 kg/h y una presión de 576 kPa. Se selecciona un separador modelo DS2 con las siguientes características.

DS Series Specifications					
Model	Application	Maximum Pressure psig (bar)	Maximum Temp. °F (°C)	Materials	
				Body	Nozzle
DS-1	Steam Air	NPT 300 (20)	430 (221)	Ductile Iron ASTM A536	Cast Iron ASTM A48
DS-2		150 lb. Flanged 185 (13)			
		300 lb. Flanged 300 (20)			
DS-3 DS-4		NPT 300 (20)	650 (343)	SS304 (DS-3) Carbon Steel (DS-4)	
		150 lb. Flanged 150 (10)	450 (232)		
		300 lb. Flanged 500 (34)	650 (343)		

Figura 39. Características de los separadores

Fuente. Armstrong.

Por su parte para el tamaño de tubería correspondiente de 100 mm (4") y para la presión de trabajo establecida se tiene un consumo máximo permitido de 3314 kg/h, el cual se obtiene a partir de la siguiente tabla.

DS Series Steam Capacities (kg/hr)									
Size	0.34 bar	0.69 bar	1.7 bar	3.4 bar	6.9 bar	10.3 bar	13.8 bar	17.2 bar	20.7 bar
1/2"	16	20	31	51	91	130	170	209	249
3/4"	27	34	55	90	159	228	298	367	436
1"	44	55	89	145	258	370	482	595	707
1-1/4"	77	96	154	252	446	640	835	1,029	1,224
1-1/2"	104	131	210	342	607	872	1,136	1,401	1,665
2"	172	215	346	564	1,001	1,437	1,873	2,309	2,745
2-1/2"	245	307	494	805	1,428	2,050	2,672	3,294	3,917
3"	379	475	763	1,243	2,204	3,165	4,126	5,087	6,048
4"	652	817	1,314	2,141	3,796	5,450	7,105	8,760	10,414
6"	1,480	1,855	2,982	4,859	8,614	12,369	16,124	19,880	23,635
8"	2,562	3,212	5,163	8,414	14,917	21,419	27,921	34,424	40,926
10"	4,038	5,063	8,138	13,263	23,512	33,761	44,011	54,260	64,509
12"	5,792	7,262	11,672	19,022	33,722	48,423	63,123	77,823	92,523

Figura 40. Capacidades de los separadores de vapor

Fuente. Armstrong.

La designación del separador por ende será DS2-4"; demás separadores se muestran en el apartado de anexos.

3.2.14. Selección de piernas colectoras

Se sigue lo establecido en el apartado 3.1.3. cabe mencionar que en algunos casos el espacio es limitado, por ende, no es posible alcanzar los 0,71 m de longitud establecidos para arranque automático, en estos casos se recomienda que, para las piernas menores a dichas longitudes, se libere el condensado de manera manual en el arranque. Se muestra en la sección de anexos las dimensiones de las piernas colectoras.

3.2.15. Estimación de flujo de condensados

Se muestra a continuación el flujo de condensados producido en el cabezal de vapor principal, a partir de la ecuación 16 se tiene que:

$$\dot{m}_{condensados} = 3823,5 \times 10\% = 382,3 \frac{kg}{h}$$

Por su parte se muestra a continuación el procedimiento para calcular el flujo de condensados de la tubería HC540, los datos de entrada son:

- Largo: 4,59 m.
- Diámetro externo de la tubería: 168,3 mm.
- Temperatura de proceso: 142,7 C.
- Flujo de calor tubería aislada: 98 W/m.
- Flujo de calor tubería desnuda: 413,6 W/m.
- Calor latente: 2136,7 kJ/kg.

El área superficial de la tubería se calcula a continuación:

$$A_s = \pi \times \frac{168,3}{1000} \times 4,59 = 2,43 m^2$$

La eficiencia se calcula por su lado como:

$$\eta = \frac{413,6 - 98}{413,6} = 76,3\%$$

El valor de U es de 48, obtenido de la gráfica correspondiente a la figura 27 con su respectivo factor de corrección ya indicado. El flujo de condensados es finalmente calculado como:

$$\dot{m}_{condensados} = \frac{2,427 \times 48 \times 1,32 \times (142,7 - 25) \times (1 - 0,763)}{2136,7} = 2,01 \text{ kg/h}$$

Se muestra en el apartado de anexos los cálculos restantes.

3.2.16. Selección de trampas de vapor

Se muestra el proceso de selección de la trampa TR1 correspondiente al cabezal principal, los datos de entrada se muestran a continuación.

- Presión de entrada: 607 kPa o 88 psi.
- Presión en el tanque de condensados: 200 kPa o 29 psi.
- Diferencia de altura geométrica: +5,86 m.
- Caída de presión aproximada en tuberías: 14,7 kPa o 2,1 psi.
- Aplicación: Cabezal.
- Flujo de condensados: 383 kg/h o 844 lb/h.

A partir de los datos planteados se calcula la contrapresión (presión en salida de la trampa) como:

$$P_{salida} = 200 + 14,7 + 5,86 \times 9,806 = 272,2 \text{ kPa}$$

Se obtiene la diferencia de presión como:

$$\Delta P = 607 - 272 = 335 \text{ kPa}$$

Por su parte Armstrong recomienda un factor de seguridad de 1,5 para intercambiadores de calor, además sugiere la selección de trampas de tipo Balde invertido con venteador grande, el flujo de diseño por ende será de:

$$\dot{m}_{diseño} = 1,5 \times 383 = 574 \text{ kg/h}$$

Se selecciona una trampa de vapor de balde invertido modelo 812, su tamaño será determinado a partir del siguiente nomograma

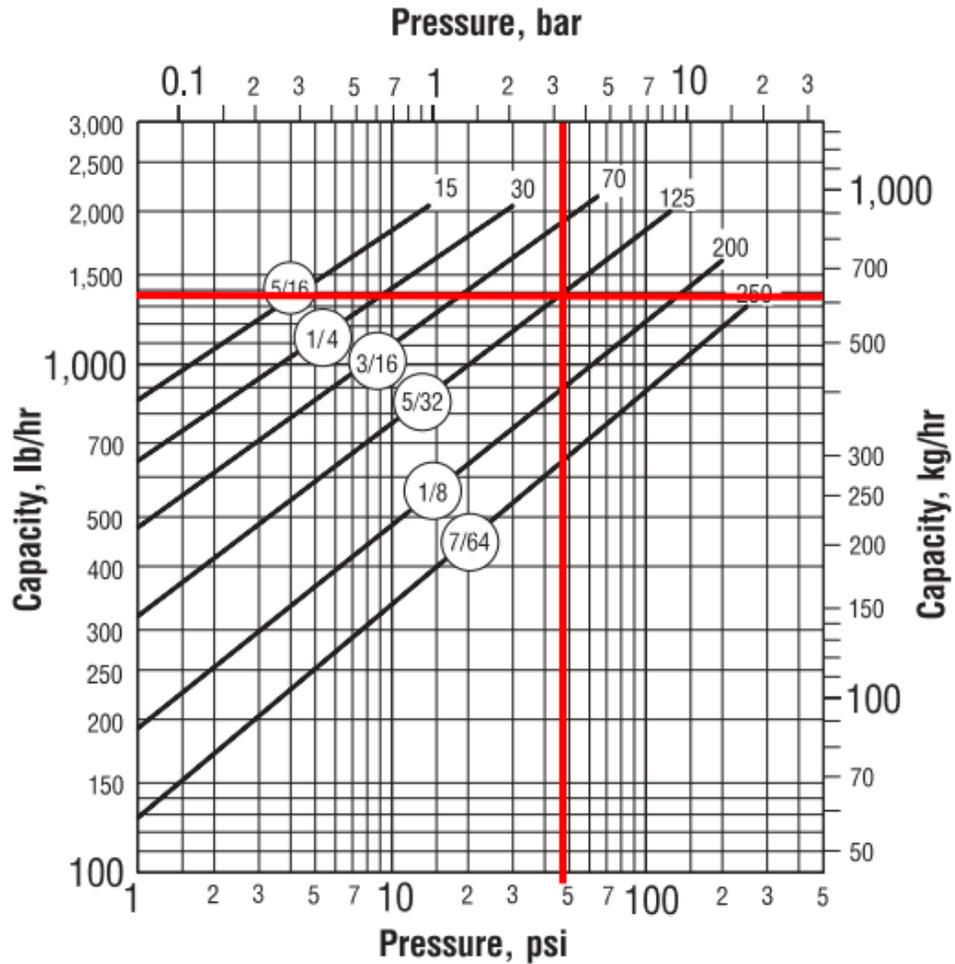


Figura 41. Capacidades de la trampa de Balde invertido 812

Fuente. Armstrong.

Se selecciona un tamaño de 5/32 cuya capacidad a dicha diferencia de presión sería de aproximadamente 1395 kg/h superando al flujo de diseño, por lo tanto, la trampa es aceptada. Por su parte se selecciona una conexión de 20 mm (0,75 in), de acuerdo con las conexiones disponibles en la siguiente imagen.

800-813 Series Side Inlet, Side Outlet Traps. Add suffix "CV" to model number for internal check valve, "T" for thermic vent bucket.								
Model No.	800*		811		812		813	
	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
Pipe Connections	1/2, 3/4	15, 20	1/2, 3/4, 1	15, 20, 25	1/2, 3/4	15, 20	3/4, 1	20, 25
Test lug P	1/4	6	1/4	6	1/2	15	3/4	20
"A" flange (ømeter)Di	3-3/4	95.2	3-3/4	95.2	5-5/8	143	7	178
"B" height (Height)	5-7/16	138	6-7/8	175	9-1/16	230	11-3/4	298
"C" face-to-Face	5	127	5	127	6-1/2	165	7-3/4	197
"D" (Bottom to C Inlet)	2-3/4	70	4-1/4	108	5-3/8	137	7-1/32	179
Number of Bolts	6							
Weight lb (kg)	5 (2.3)		6 (2.7)		15 (6.8)		27-1/2 (12.5)	

Figura 42. Dimensiones de las trampas de vapor de balde invertido 800-813

Fuente. Armstrong.

3.2.17. Cálculo de tuberías de condensados

Se muestra a continuación la designación correspondiente a las tuberías de condensados con sus respectivos caudales:

Tabla 13. Designación de tuberías de condensados

Identificación	Desde	Hasta
ab	Tanque de alimentación	Intersección tanque de alimentación
arc	Intersección TR33	Intersección TR1
cTR1	Intersección TR1	TR1
bd	Intersección tanque de alimentación	Intersección TR2
dTR2	intersecciónTR2	TR2
de	intersecciónTR2	Intersección condensados destilación
ef	Intersección condensados destilación	Intersección TR3
fTR3	Intersección TR3	TR3
fj	Intersección TR3	Intersección TR6
jTR6	Intersección TR6	TR6
jk	Intersección TR6	Intersección TR5
kTR5	Intersección TR5	TR5
kl	Intersección TR5	Intersección TR4
ITR4	Intersección TR4	TR4

Tabla 13. Designación de tuberías de condensados (continuación)

Identificación	Desde	Hasta
lm	Intersección TR4	Intersección TR8
mTR8	Intersección TR8	TR8
mn	Intersección TR8	Intersección TR7
nTR7	Intersección TR7	TR7
nñ	Intersección TR7	Intersección TR10
ñTR10	Intersección TR10	TR10
ño	Intersección TR10	Intersección TR11
oTR11	Intersección TR11	TR11
op	Intersección TR11	Intersección TR9
pTR9	Intersección TR9	TR9
pq	Intersección TR9	Intersección TR13
qTR13	Intersección TR13	TR13
qr	Intersección TR13	Intersección TR12
rTR12	Intersección TR12	TR12
es	Intersección condensados destilación	Intersección TR14
sTR14	Intersección TR14	TR14
st	Intersección TR14	Intersección condensado lavado
tu	Intersección condensado lavado	Intersección TR15
uTR15	Intersección TR15	TR15
uv	Intersección TR15	Intersección TR16
vTR16	Intersección TR16	TR16
tw	Intersección condensado lavado	Intersección TR17
wTR17	Intersección TR17	TR17
wx	Intersección TR17	Intersección TR18
xTR18	Intersección TR18	TR18
xy	Intersección TR18	Intersección TR19

Tabla 13. Designación de tuberías de condensados (continuación)

Identificación	Desde	Hasta
yTR19	Intersección TR19	TR19
yz	Intersección TR19	Intersección TR20
zTR20	Intersección TR20	TR20
zaa	Intersección TR20	Intersección TR21
aaTR21	Intersección TR21	TR21
aaab	Intersección TR21	Intersección TR22
abTR22	Intersección TR22	TR22
abac	Intersección TR22	Intersección TR23
acTR23	Intersección TR23	TR23
acad	Intersección TR23	Intersección TR24
adTR24	Intersección TR24	TR24
adae	Intersección TR24	Intersección lavadora
aeaf	Intersección lavadora	Intersección TR25
afTR25	Intersección TR25	TR25
afag	Intersección TR25	Intersección TR35
agTR35	Intersección TR35	TR35
agah	Intersección TR35	Intersección TR36
ahTR36	Intersección TR36	TR36
ahai	Intersección TR36	Intersección TR37
aiTR37	Intersección TR37	TR37
aiaj	Intersección TR37	Intersección TR38
ajTR38	Intersección TR38	TR38
ajak	Intersección TR38	Intersección TR39
akTR39	Intersección TR39	TR39
aeal	Intersección lavadora	Intersección TR26
alTR26	Intersección TR26	TR26

Tabla 13. Designación de tuberías de condensados (continuación)

Identificación	Desde	Hasta
alam	Intersección TR26	Intersección TR27
amTR27	Intersección TR27	TR27
can	Intersección TR1	Intersección TR28
anTR28	Intersección TR28	TR28
añañ	Intersección TR28	Intersección TR29
añTR29	Intersección TR29	TR29
añao	Intersección TR29	Intersección TR30
aoTR30	Intersección TR30	TR30
aoap	Intersección TR30	Intersección TR31
apTR31	Intersección TR31	TR31
apaq	Intersección TR31	Intersección TR32
aqTR32	Intersección TR32	TR32
bar	Intersección tanque de alimentación	Intersección TR33
arTR33	Intersección TR33	TR33
asTR34	Intersección TR34	TR34
atau	Purga caldera A	Intersección Purga caldera B
TR40caño	TR40	Cañería
TR41caño	TR41	Cañería
auav	Intersección purga caldera B	Purga Caldera B
auaw	Intersección purga caldera B	Intercambiador precalentador de agua
awcaño	Intercambiador precalentador de agua	Cañería
asTR42	Intersección TR34	TR42
asa	Intersección TR34	Tanque de alimentación

Fuente: Propia.

Como ejemplo de diseño se muestra el diseño de la tubería jTR6, los datos de entrada son los siguientes:

- Flujo másico: 1491 kg/h (6,56 gpm).
- Largo: 2,55 m.
- Presión de entrada: 298,6 kPa.
- Altura geométrica: 0,393 m.
- Accesorios: 3 codos, 2 válvulas de compuerta, 1 unión T, 1 Trampa de vapor, 1 Filtro en Y.

Se selecciona de acuerdo con la con el apéndice 13 una tubería de 40 mm (1,5 in) con una caída de presión por metro de 0,298 kPa/m y una velocidad de 0,315 m/s. la presión de salida se calcula como:

$$P_s = 298,64 - 0,393 \times 9,8064 - 0,2981 \times 2,55 \times 1,2 = 293,9 \text{ kPa}$$

La longitud equivalente se recalcula como:

$$L_{eq} = 2,55 + 3 \times 2,26 + 1 \times 1,7 + 2 \times 0,37 + 1 \times 12,8 + 1 \times 6,1 = 30,67 \text{ m}$$

Se recalcula la presión de salida como:

$$P_s = 298,64 - 0,3928 \times 9,8064 - 0,2981 \times 30,67 = 285,6 \text{ kPa}$$

3.2.18. Verificación del tanque de condensados

El volumen de tanque mínimo se calcula a continuación.

$$V_{min} = \frac{11200 \times 34,5 \times 10 \times 1,5 \times 0,00379}{15,65 \times 8,337 \times 60} = 2,8 \text{ m}^3$$

Si bien es cierto el consumo de vapor actual no corresponde a los 11200 kg/h, se verifica que el tanque de condensados sea capaz de suplir la máxima capacidad de las calderas. Actualmente se tiene un tanque cilíndrico con de 3 m de largo y 1,3 m de diámetro. El volumen del tanque actual se calcula a continuación.

$$V_{actual} = \frac{\pi}{4} \times D^2 \times l = \frac{\pi}{4} \times 1,3^2 \times 3 = 3,98 \text{ m}^3$$

El volumen del tanque actual es suficiente para suplir a la demanda máxima.

3.3. VERIFICACIÓN DEL DISEÑO

3.3.1. Tuberías de vapor

Para la verificación de tuberías se utilizará la herramienta facilitada por Spirax-Sarco, se muestra el resultado obtenido para la tubería AC:

Calculation	Sizing on Velocity ▼		
Target Upstream Velocity	33	m/s ▼	
Upstream Pressure	6.1225	bar gauge ▼	
Mass Flow Rate	11140.5	kg/h ▼	
Equivalent Pipe Length	50.24	m ▼	
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼		
	Calculate	Reset	Print
Theoretical Pipe Bore	178.835	mm ▼	
Closest Larger Available Pipe			
Nominal Bore	200	mm ▼	
Upstream Velocity	25.6766	m/s ▼	
Downstream Pressure	6.08306	bar gauge ▼	
Closest Smaller Available Pipe			
Nominal Bore	150	mm ▼	

Figura 43. Comprobación de tubería AC

Fuente: Spirax Sarco.

Como se observa una tubería de 150 mm superará la velocidad máxima restringida (40 m/s) por lo tanto, la selección de la tubería de 200 mm es la correcta. Se muestra en el apartado de anexos las demás simulaciones.

3.3.2. Válvulas reductoras de presión

Para la confirmación de las válvulas reductoras de presión se utilizará el software Steam A Ware de Armstrong, se muestra a continuación la selección de la válvula reductora RED1, previamente calculada.

Select Configuration | Application Needs | Valve Type | Characteristics | Selected Valve | Complete Selection

Recommended Armstrong Valve

Product Specifications		Application Specifications		
	Valve Type	Externally Piloted	Required Cv	19,79
	Model Number	GP-2000 (NPT)	Actual Cv	32,00
	Connection Size	2"	Capacity % (Req'd Cv/Actual Cv)	62%
	Connection Type	NPT	Recommended Inlet Size (mm)	65
	Max. Valve Cv	32,00	Inlet Velocity (m/s)	37
	Service	Steam	Recommended Delivery Pipe Size (mm)	100
			Delivery Pipe Velocity (m/s)	23
			Max. Capacity of valve for safety relief sizing (kg/hr)	2 411
			Total Noise Level (dBa)	75
			Noise Reduction Plate	No
	Inlet Pressure	1,0 - 20,7 barg	Additional Information	
	Reduced Pressure	0,1 - 13,8 barg	Externally Piloted Valve	
	Min. Diff. Press.	0,5 barg	Installation & Maintenance Instructions	
	Maximum Temp.	232 C	Product Literature	
	Material	Ductile Iron	Single Stage Reduction Installation (GD30)	
	Weight	34,0 kg	Single Stage Reduction Installation (GP-2000)	
			Submittal Drawing	

Figura 44. Comprobación válvula reductora RED1

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Como se observa la válvula seleccionada es la correcta. Se muestran demás resultados en el apartado de anexos.

3.3.3. Trampas de vapor

Al igual que para las válvulas reductoras para la confirmación de las trampas de vapor se utilizará el software Steam A Ware de Armstrong, se muestra a la selección de la trampa de vapor TR1, previamente calculada.

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
812

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
5/32"

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
6,80 kg

Number of Traps Required
1

Condensate Load

Required Capacity

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.
4. Large Vent (IBLV) is recommended for this application

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Figura 45. Comprobación trampa de vapor TR1

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Como se observa la trampa coincide con la previamente escogida. Se muestra en el apartado de anexos las demás simulaciones.

4. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DEL PROYECTO

4.1. PERFIL DE CONSUMO ENERGÉTICO Y COSTOS ACTUALES

4.1.1. Régimen de trabajo del sistema de vapor

Una vez calculados los consumos de los equipos que previamente eran desconocidos, es posible determinar un perfil de consumo energético anual; de manera similar se podrá calcular las eficiencias de ambas calderas. Para determinar dichos parámetros. A continuación, primeramente se detallan los regímenes de trabajo de cada uno de los equipos que actualmente conforman el sistema de vapor.

- Torre C536 y Torre C540: las torres de destilación C536 y C540 son las encargadas de producir la mayor cantidad de alcohol en la planta. Ambas torres tienen el mismo régimen de trabajo, el cual consiste en lapsos de trabajo de 15 días de manera continua (24 horas) para posteriormente tener otros 15 días de descanso y reiniciar las labores. Por ende, estas torres laboran aproximadamente la mitad del año (180 días) durante las 24 horas correspondientes.
- Torre C570 y Torre C580: las torres de destilación C570 y C580 son las encargadas únicamente de producir el alcohol de tipo anhidro. Ambas torres tienen el mismo régimen de trabajo, el cual consiste en lapsos de trabajo de 15 días de manera continua (24 horas) para posteriormente tener otros 45 días de descanso y reiniciar las labores. Por ende, estas torres laboran aproximadamente un cuarto del año (90 días) durante las 24 horas correspondientes.
- Lavadora de botellas: la lavadora de botellas es la encargada de que los envases de carácter reutilizable presenten las condiciones óptimas. El uso de envase reutilizado se da aproximadamente 4 veces al mes, para un total de 48 días al año. El horario de trabajo de la lavadora es de 5:30 a.m. a 3:30 p.m. (10 horas diarias).
- Lavado de tanques de confección: a diferencia de los otros equipos, el lavado de tanques no cuenta con un horario debidamente preestablecido. Los encargados del

área aseguran que cada lavado de tanque les toma al menos 3 horas, de igual manera consideran que aproximadamente utilizan el vapor para lavar 4 tanques al mes, por lo tanto, se estima que el vapor en la zona de confección se utiliza durante 48 veces anuales.

- Intercambiador precalentamiento de búnker: el precalentador de búnker se ubica en la Caldera A y funciona siempre que dicha caldera se encuentre siendo utilizada. Como se mencionó anteriormente, las calderas operan de manera alterna, por ende, la Caldera A solo opera la mitad del tiempo de producción, de manera que se limita el régimen de trabajo del precalentador de búnker a 24 horas diarias durante 90 días anuales.
- Vena de vapor: la vena de vapor actúa siempre que alguna de las calderas se encuentre en funcionamiento, su régimen de trabajo concuerda con las torres C536 Y C540, que presentan el mayor tiempo de uso del vapor (24 horas durante 180 días).

A continuación, se detalla, en resumen, los flujos consumidos con los respectivos tiempos de operación.

Tabla 14. Régimen de trabajo anual para el sistema de vapor (actual)

Equipo	Flujo másico (kg/h)	Horas diarias	Días al año	Flujo másico (kg/año)
Torre C536	1256,4	24	180	5 427 648
Torre C540	1491,0	24	180	6 441 120
Torre C570	134,8	24	90	291 168
Torre C580	234,0	24	90	505 440
Vena de vapor	51,2	24	180	221 184
Lavadora	250,0	10	48	120 000
Intercambiador precalentamiento de búnker	59,2	24	90	127 872
Lavado de tanques (confección)	20,0	3	48	2880
Total				13 137 312

Fuente: Propia.

Como se muestra en la tabla anterior, se tiene un flujo másico consumido de 1 313 7 312 kg/año, este dato concuerda con los consumos de los equipos de vapor de la planta, mas no así con el vapor producido con la caldera. El sistema de vapor presenta pérdidas de calor en las líneas, las cuales descargan el condensado a la atmósfera; por ende, se considera un total de 10% extra debido a este concepto. Por consiguiente, el flujo másico de vapor anual generado por la caldera será de:

$$\dot{m}_{caldera} = 1,1 \times 13\,137\,312 = 14\,451\,043 \text{ kg/año}$$

4.1.2. Consumo de combustible

Debido a la simultaneidad del uso de las calderas el uso de combustible se considera el mismo para las 2 calderas. Se reporta un total de 1 552 736 litros de búnker consumido por ambas calderas durante el año 2019, para un uso equivalente de 776 368 litros de búnker por caldera. La temperatura de ingreso del combustible a las calderas varía, esto debido a que la Caldera A cuenta con un precalentador de combustible, mientras que la Caldera B no. Los datos del búnker de alimentación de ambas calderas son resumidos a continuación.

Tabla 15. Consumo de combustible en el sistema de vapor (actual)

Equipo	Consumo (l/año)	Volumen (m³)	Densidad (kg/m³)	Flujo másico (kg/año)
Caldera A	776 368	776,37	901,6	700 003
Caldera B	776 368	776,37	915,5	710 781

Fuente: Propia.

La densidad del búnker fue obtenida a partir del apéndice 1.

4.1.3. Consumo de agua de la caldera

El agua consumida por la caldera para la generación de vapor se encuentra compuesta por el agua recuperada por el retorno de condensados del sistema de vapor y por el agua de alimentación externa previamente tratada. Actualmente ambas

fuentes de suministro son previamente almacenadas en un tanque de alimentación venteado a la atmósfera, donde se mezclan para su respectivo uso.

El agua de retorno de condensados se encuentra conformada en su totalidad por los condensados retornados de la torre C540, el cabezal principal y el cabezal de la zona de destilación. La presión de retorno en la entrada del tanque se estima cercana a los 200 kPa manométricos, una vez ingresan al tanque, cierto porcentaje de condensados es flasheado, debido a que el tanque se encuentra venteado a la atmósfera. Se muestra a continuación los datos del retorno de condensados actual.

Tabla 16. Flujos máxicos actuales de condensado retornado

Equipo	Subequipo	Agua retornada (kg/h)	Horas diarias	Días al año	Flujo máxico (kg/año)
Torre C540		1491,0	24	180	6 441 120
Cabezal destilación	Torre C536	125,6	24	180	542 765
	Torre C540	149,1	24	180	644 112
	Torre C570	13,5	24	90	29 117
	Torre C580	23,4	24	90	50 544
Cabezal principal	Torre C536	125,6	24	180	542 765
	Torre C540	149,1	24	180	644 112
	Torre C570	13,48	24	90	29 117
	Torre C580	23,4	24	90	50 544
	Vena de vapor	5,1	24	180	22 118
	Lavadora	25,0	10	48	12 000
	Lavado de tanques (confección)	2,0	3	48	288
Total sin flasheo					9 008 602

Fuente: Propia.

Para las presiones correspondientes y utilizando el apéndice 2, se tiene un porcentaje de vapor flash de 6,3 % aproximadamente, por ende, se determina a continuación el flujo de condensados que retornan al tanque.

$$\dot{m}_{condensados} = 9\,008\,603 \times (1 - 0,063) = 8\,441\,060 \text{ kg/año}$$

Se determina a continuación el flujo de agua total externa requerida por la caldera.

$$\dot{m}_{agua\ externa} = 14\ 451\ 043 - 8\ 441\ 060 = 6\ 009\ 984\ kg/año$$

En resumen, se tienen 8 441 060 kg/año de agua retornada equivalente al 58% del agua total, y 6 009 984 kg/año de agua externa equivalente al 42%.

4.1.4. Eficiencia de las calderas

La eficiencia de una caldera puede ser calculada mediante la siguiente fórmula.

$$\eta = \frac{E_{salida}}{E_{entrada}} \quad (20)$$

Esta ecuación muestra cuanta energía de parte del combustible es necesaria para suplir los requerimientos energéticos del sistema de vapor. La energía de salida está directamente relacionada con la masa y las propiedades entálpicas del agua en sus dos estados (líquido y vapor), esta energía puede ser determinada como:

$$E_{salida} = \dot{m}_{vapor} \times (h_{vapor\ salida} - h_{agua\ entrada}) \quad (21)$$

Por su parte la energía de entrada está directamente relacionada con el combustible, esta se determina como:

$$E_{entrada} = \dot{m}_{combustible} \times cc \quad (22)$$

Donde cc es el poder calorífico del búnker, que para el caso de FANAL es de 41591 kJ/kg³.

Se muestra el cálculo de la eficiencia de la Caldera A, la energía anual de salida se obtiene a continuación.

$$E_{salida} = 7\ 295\ 851 \times (2762,8 - 288,13) = 18\ 054\ 824\ 089\ kJ/año$$

³ Datos obtenidos de RECOPE (<https://www.recope.go.cr/productos/sistema-de-calidad/poderes-caloricos-de-algunos-combustibles/>)

Donde las entalpías corresponden a las temperaturas y presiones descritas en puntos anteriores y son obtenidas a partir del apéndice 1. Por su parte, se calcula a continuación la energía de entrada.

$$E_{entrada} = 700\,003 \times 41\,591 = 29\,113\,845\,240 \text{ kJ/kg}$$

Finalmente, la eficiencia de la caldera se obtiene como se muestra a continuación.

$$\eta = \frac{18\,054\,824\,089}{29\,113\,845\,240} = 0,62 = 62\%$$

Por lo tanto, se tiene para la Caldera A que un 62% de la energía brindada por el búnker, está siendo utilizada para la producción de vapor, mientras que el 38% (11 059 021 151 kJ/kg) está asociada a pérdidas de energía.

Se muestra a continuación el resumen con los datos de ambas calderas.

Tabla 17. Eficiencia de las calderas

Caldera	Energía salida (kJ/año)	Energía entrada (kJ/año)	Pérdidas (kJ/año)	Eficiencia
A	18 054 824 089	29 113 845 240	11 059 021 151	62,0%
B	17 706 738 987	29 562 111 307	11 855 372 320	59,9%

Fuente: Propia.

La caldera B es menos eficiente ya que la temperatura de ingreso del búnker es más baja, esto produce que su densidad sea mayor y, por lo tanto, bajo las mismas condiciones de producción se requiere de más energía en comparación con la caldera A para cumplir con los requerimientos de la empresa.

4.1.5. Costos de la producción de vapor

En dicha sección se contemplan los costos directamente relacionados con los insumos de la caldera, en esencia los gastos relacionados con el combustible de la caldera y químicos de tratamiento de agua. Se resumen a continuación los costos de producción.

Tabla 18. Costos actuales asociados a los insumos del sistema de vapor

Sistema	Rubro	Consumo diario	Consumo anual	Unidad	Rubro	Costo por unidad	Costo total por rubro	Costo total
Caldera	Combustible búnker	-	1 552 736	litros	Costo del combustible	₡182,27	₡283 017 191	₡371 938 965
					Canon	₡0,02	₡33 850	
					Impuesto del combustible	₡24,25	₡37 653 848	
					Transporte	₡29,20	₡45 339 891	
					Impuesto por transporte	₡3,80	₡5 894 186	
Tratamientos químicos del agua	Tratamientos internos (sulfitos de sodio)	-	-	-	Costo total de tratamiento para un año de uso	₡549 706	₡549 706	₡2 504 223
	Tratamientos internos (fosfatos dispersantes)	-	-	-	Costo total de tratamiento para un año de uso	₡549 706	₡549 706	
	Tratamiento externo (sal ablandadores)	1	180	Saco de 44 lb	Costo del saco	₡7 805	₡1 404 810	
Total								₡374 443 188

Fuente: Propia.

El combustible búnker es vendido y transportado por la Refinería costarricense de petróleo (RECOPE).

En el caso de los tratamientos externos de la caldera, se utilizan sales de sodio. Estas sales son ubicadas en los ablandadores los cuales producen un ciclo de intercambio iónico con el agua de alimentación, de manera que buscan disminuir los niveles de calcio y magnesio provenientes del agua de externa cambiándolos por sodio.

Por su parte los tratamientos internos, se basan en fosfatos dispersantes, y en sulfitos de sodio eliminadores de oxígeno. Los fosfatos reaccionan con la dureza del agua precipitándola en forma no adherible, para luego ser eliminada por las purgas, mientras que el sulfito de sodio reacciona con el oxígeno creando sulfato de sodio el cual no provoca la corrosión en la caldera. (Garro, 2019).

Actualmente los tratamientos internos se venden como un solo paquete y por lo tanto no es posible conocer cuánto porcentaje del costo total está relacionado a los sulfitos de sodio y cuánto, a los fosfatos dispersantes, por lo tanto, para futuros cálculos se supondrá que el costo de ambos será el mismo, equivalente a la mitad del total de los tratamientos internos.

4.1.6. Costos de mantenimiento

Los técnicos encargados de realizar el mantenimiento del sistema de vapor aseguran que las labores que realizan son mayormente correctivas, además mencionan que aproximadamente requieren de un promedio de 3 horas mensuales para llevar a cabo las tareas, entre ellas reparación de fugas, cambio de válvulas, dosificación en ablandadores, entre otras que se pueden presentar. Además, mencionan que la mayoría de las labores las realizan en parejas. El salario por jornada ordinaria de un mecánico encargado de calderas y sistemas de vapor actualmente es de ₡13 530,38⁴.

El costo asociado al mantenimiento se muestra a continuación.

Tabla 19. Costos asociados al mantenimiento del sistema de vapor actuales

Costo por jornada por trabajador	Costo por hora por trabajador	Trabajadores por tarea	Horas mensuales por trabajador	Horas anuales totales	Total de costos
₡13 530	₡1 691	2	3	72	₡121 773

Fuente: Propia.

4.1.7. Otros costos por contemplar

En este apartado se contempla el gasto de gas licuado de petróleo en el área de cocina de la fábrica, si bien es cierto no está directamente relacionado con el vapor,

⁴ Obtenido de la página oficial del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (<http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/lista-salarios.html>)

las medidas que se plantearon anteriormente pretenden reducir el consumo de este combustible. Cada cilindro de gas licuado de petróleo de 100 lb tiene un costo de ₡26 987⁵. Se tiene un consumo de 2 cilindros al mes, y se muestra a continuación el costo total anual.

Tabla 20. Costos asociados al gas licuado de petróleo consumido por la cocina actuales

Sistema	Rubro	Consumo mensual	Consumo anual	Unidad	Rubro	Costo por unidad	Costo total
Cocina	Gas Licuado de Petróleo	2	24	Cilindro de 100 lb	Costo de la carga de cilindro	₡26 987	₡647 688

Fuente: Propia.

4.1.8. Resumen de costos

Se resume a continuación el total de los costos asociados al vapor.

Tabla 21. Resumen de costos del sistema de vapor

Rubro	Costo anual	Porcentaje del costo anual
Caldera	₡371 938 965	99,3%
Tratamientos químicos del agua	₡2 504 223	0,67%
Mantenimiento	₡121 773	0,03%
Total	₡374 564 961	100%

Fuente: Propia.

Como se observa, la mayor parte de los costos del sistema de vapor está relacionada con el consumo de combustible. Por su parte se muestra a continuación el costo por kilogramo de vapor consumido en la planta.

$$\text{Costo por kilogramo de vapor} = \frac{₡374\,564\,961}{14\,451\,043\text{ kg}} = ₡25,9$$

⁵ Obtenido de la página oficial de la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos ARESEP (<https://aresep.go.cr/noticias/1157-aresep-rebaja-margen-a-empresas-envasadoras-de-gas>)

4.2. PERFIL DE CONSUMO ENERGÉTICO Y COSTOS A FUTURO PLANTEADOS

4.2.1. Régimen de trabajo del sistema de vapor

El régimen de trabajo propuesto mantiene el consumo de los equipos que ya están laborando en la planta, además incluye 3 procesos descritos a continuación.

- Marmitas: se pretende la compra de dos marmitas que permitan la confección de alimentos los días que operen las calderas. Según las encargadas del área de cocina, estiman que la cocción de alimentos se desarrolla en aproximadamente 3 horas. Se plantea el uso de las marmitas durante 180 días al año correspondientes al periodo de trabajo del sistema de vapor.
- Lavado de tanques de alcohol: como se mencionó anteriormente, se pretende la ubicación de 4 salidas que permitan lavar los tanques de almacenamiento de alcohol en caso de ser necesario. Según los encargados del mantenimiento de dichos tanques, el tiempo promedio de lavado es de 3 horas por tanque y lo realizan de manera mensual.
- Prevista de mantenimiento: se solicita por parte del jefe de mantenimiento la ubicación de una prevista de vapor en la zona de mantenimiento, que podría servir en el futuro para hornos de secado u otra aplicación. Se especula un uso de 5 horas al día y 4 días mensuales.

Contemplando estos nuevos consumos, se resume el régimen de trabajo anual propuesto a continuación.

Tabla 22. Régimen de trabajo anual para el sistema de vapor (propuesto)

Equipo	Flujo másico (kg/h)	Horas diarias	Días al año	Flujo másico (kg/año)
Torre C536	1256,4	24	180	5 427 648
Torre C540	1491,0	24	180	6 441 120
Torre C570	134,8	24	90	291 168
Torre C580	234,0	24	90	505 440
Vena de vapor	51,2	24	180	221 184
Lavadora	250,0	10	48	120 000

Tabla 22. Régimen de trabajo anual para el sistema de vapor (propuesto) (continuación)

Equipo	Flujo másico (kg/h)	Horas diarias	Días al año	Flujo másico (kg/año)
Intercambiador precalentamiento de búnker	118,4	24	180	511 488
Lavado de tanques (Confección)	20,0	3	48	2880
Lavado de tanques (Otros)	20,0	3	12	720
Cocina	120,0	3	180	64 800
Previsto mantenimiento	120,0	5	48	28 800
Total				13 615 248

Fuente: Propia.

De igual manera se contemplan 10% asociado a pérdidas de calor, por lo tanto, se calcula a continuación el flujo total con las pérdidas.

$$\dot{m}_{caldera} = 1,1 \times 13\,615\,248 = 14\,976\,773 \text{ kg/año}$$

Como se observa el consumo de vapor aumentara 525 730 kg/año equivalente a 3,6% del flujo actual.

4.2.2. Consumo de agua de la caldera

En el caso del consumo de agua, el sistema propuesto contempla un retorno de condensados nuevos, con trampeo de líneas y devolución de flujos de algunos equipos que no lo hacían, se muestra a continuación el resumen de agua prevista proveniente del retorno de condensados.

Tabla 23. Flujos másicos previstos de condensado retornado

Equipo	Subequipo	Agua retornada (kg/h)	Horas diarias	Días al año	Flujo másico (kg/año)
	Torre C540	1491,0	24	180	6 441 120
	Torre C570	134,8	24	90	291 168
	Vena de vapor	51,2	24	180	221 184
	Lavadora	250,0	10	48	120 000
Cabezal Principal	Torre C536	125,6	24	180	542 765
	Torre C540	149,1	24	180	644 112
	Torre C570	13,5	24	90	29 117

Tabla 23. Flujos máxicos previstos de condensado retornado (continuación)

Equipo	Subequipo	Agua retornada (kg/h)	Horas diarias	Días al año	Flujo máxico (kg/año)
Cabezal Principal	Torre C580	23,4	24	90	50 544
	Vena de vapor	5,1	24	180	22 118
	Lavadora	25,0	10	48	12 000
	Intercambiador precalentamiento de búnker	11,8	24	180	51 149
	Lavado de tanques (Confeción)	2,0	3	48	288
	Lavado de tanques (Otros)	2,0	3	12	72
	Previsto mantenimiento	12,0	5	52	3 120
	Cocina	12,0	3	180	6 480
Cabezal Destilación	Torre C536	125,6	24	180	542 765
	Torre C540	149,1	24	180	644 112
	Torre C570	13,5	24	90	29 117
	Torre C580	23,4	24	90	50 544
Líneas de distribución	PC2	8,7	24	180	37 621
	PC4	4,2	24	180	18 311
	PC5	2,0	24	180	8 666
	PC6	5,3	24	180	22 968
	PC7	3,6	24	180	15 614
	PC8	2,4	24	90	5 183
	PC9	0,9	24	90	2 029
	PC10	3,0	24	90	6 523
	PC11	1,4	24	90	2 955
	PC12	2,4	10	48	1 170
	PC13	2,9	3	12	104
	PC14	1,8	3	12	67
	PC15	3,9	10	48	1 879
	PC16	0,2	2,5	180	100
	PC17	1,1	5	52	296
	PC18	3,0	2,5	180	1 353
	PC19	3,5	10	48	1 697
	PC20	2,7	10	48	1 286
	PC21	2,8	10	48	1 363
	PC22	2,1	3	48	300

Tabla 23. Flujos máxicos previstos de condensado retornado (continuación)

Equipo	Subequipo	Agua retornada (kg/h)	Horas diarias	Días al año	Flujo máxico (kg/año)
Líneas de distribución	PC23	3,2	10	48	1 513
	PC24	3,1	3	48	444
	PC25	2,0	3	48	295
	PC26	3,1	24	180	13 348
	PC27	2,6	24	180	11 220
	PC28	1,7	24	180	7 284
	PC29	2,0	24	180	8 703
	PC30	2,8	24	180	12 188
	PC31	0,4	24	180	1 841
	PC32	2,1	24	180	9 278
	PC33	1,6	10	180	2 883
Total					9 900 257

Fuente: Propia.

Según lo cálculo previamente se pretende que el sistema permita descargar el condensado a 215 kPa, este será depositado en el tanque de alimentación a una presión de 200 kPa. Para estos datos de presión y utilizando el apéndice 2 se tiene un porcentaje de vapor flash aproximado de 0,32 %, por ende, se determina a continuación el flujo de condensados que retornan al tanque.

$$\dot{m}_{condensados} = 9\,900\,257 \times (1 - 0,0032) = 9\,868\,576 \text{ kg/año}$$

Se determina a continuación el flujo de agua total externa requerida por la caldera.

$$\dot{m}_{agua\ externa} = 14\,976\,773 - 9\,868\,576 = 5\,108\,196 \text{ kg/año}$$

Por ende, se tienen 9 868 576 kg/año de agua retornada equivalente al 66% del agua total, y 5 108 196 kg/año de agua externa equivalente al 34%.

4.2.3. Pérdidas por aislamiento

Como se mencionó en secciones anteriores, el aislamiento es inexistente en algunas secciones del sistema de vapor, específicamente en tramos de la vena de calentamiento de combustible y válvulas del sistema en general. Para calcular cuánto son estas pérdidas se sigue lo establecido en la sección de cálculo de aislamiento.

En el caso de la vena de vapor, se tiene un total de 75 metros de tubería sin aislar. Y se resumen las pérdidas a continuación.

Tabla 24. Pérdida de calor en la vena de vapor

Tamaño de tubería (mm)	Longitud (m)	Transferencia de calor sin aislamiento (W/m)	Transferencia de calor con aislamiento (W/m)	Pérdidas de calor (W/m)	Pérdidas de calor (J/s)	Pérdidas de calor (kJ/año)
15	75	337,4	28,8	308,6	23148,5	360 006 011

Fuente: Propia.

Por su parte para el cálculo de las pérdidas de calor en las válvulas, el área superficial se aproxima como una tubería del mismo diámetro de la válvula y con una longitud igual al largo de la válvula. Se resumen las pérdidas a continuación.

Tabla 25. Pérdida de calor en las válvulas

Tubería	Tamaño (mm)	Tipo	Longitud (m)	Transferencia de calor sin aislamiento (W/m)	Transferencia de calor con aislamiento (W/m)	Pérdidas de calor (W/m)	Pérdidas de calor (J/s)	Pérdidas de calor (kJ/año)
AC	150	Compuerta	0,267	521,5	88,3	433,2	115,541	239 616
BC	150	Compuerta	0,267	521,5	88,3	433,2	115,541	239 616
CF	150	Compuerta	0,267	1315,3	96,2	1 219,1	325,128	1 348 538
FG	150	Globo	0,406	1289,8	95,0	1 194,8	484,975	3 061 370
GH	100	Globo	0,292	396,9	88,1	308,7	90,176	409 646
HC540	100	Globo	0,292	323,4	72,2	251,1	73,354	333 228
GI	100	Globo	0,292	395,1	88,0	307,1	89,689	407 435
IC536	100	Globo	0,292	300,9	67,1	233,8	68,289	310 218
GJ	32	Globo	0,120	230,9	43,2	187,7	22,498	20 974
JC570	32	Globo	0,120	195,9	35,7	160,2	19,209	17 907

Tabla 25. Pérdida de calor en las válvulas

Tubería	Tamaño (mm)	Tipo	Longitud (m)	Transferencia de calor sin aislamiento (W/m)	Transferencia de calor con aislamiento (W/m)	Pérdidas de calor (W/m)	Pérdidas de calor (J/s)	Pérdidas de calor (kJ/año)
GK	40	Globo	0,152	251,0	47,4	203,6	30,925	36 526
KC580	50	Globo	0,172	217,3	42,2	175,1	30,114	40 266
FL	90	Globo	0,241	934,7	90,2	844,5	203,564	84 790
ABAC	65	Globo	0,216	732,9	63,4	669,5	144,549	53 928
Total								6 604 059

Fuente: Propia.

Los diámetros y el número de válvulas corresponden a las condiciones actuales. En resumen, la energía mitigada total por la ubicación de aislamiento en estas secciones del sistema será.

$$E_{\text{perdidas limitadas}} = 6\,604\,059 + 360\,006\,011 = 366\,610\,070 \text{ kJ/año}$$

4.2.4. Otros componentes del sistema

Se contempla en el diseño la ubicación de un intercambiador de calor que permita recuperar el calor perdido en las purgas continuas, las condiciones previstas de flujos y de temperatura son las siguientes:

- Flujo de purgas: 75,2 kg/h.
- Temperatura de purgas: 165 °C.
- Flujo de agua de alimentación externa: 1494,3 kg/h.
- Temperatura de alimentación externa: 25 °C.

Si bien es cierto el consumo promedio de agua externa prevista corresponde a 1182,5 kg/h, existen días en específico donde el consumo será mayor y, en consecuencia, un mismo flujo de purgas, aumentaría más la temperatura externa en un flujo promedio respecto al flujo máximo del sistema.

Por dicha razón, se plantea el análisis a partir del flujo máximo, lo cual supondrá el aumento de temperatura mínimo que se tendrá en el flujo de agua externa a partir de la aplicación del intercambiador.

A partir de los flujos seleccionado y de acuerdo con las recomendaciones del proveedor Sisten SA, se recomienda el uso de un recuperador de purgas Cleaver-Brooks modelo BHR-2S.

Según la información del proveedor el intercambiador es capaz de recuperar el 90% del calor perdido en las purgas, por lo tanto, suponiendo que el total de calor liberado implicaría reducir la temperatura del flujo de purgas hasta una igual a la temperatura de ingreso de agua externa, se tendría un flujo de calor como se muestra a continuación.

$$\dot{Q}_{purgas} = 90\% \times 75,2 \times 4,215 \times (165 - 25) = 39928 \text{ kJ}$$

Donde 4,215 kJ/kgK corresponde al calor específico del agua a una temperatura media de 95 °C. De manera similar se calcula la temperatura esperada del agua externa en la salida del intercambiador de calor.

$$T_{salida} = \frac{39928}{1494,3 \times 4,18} + 25 = 31,4 \text{ °C}$$

Se tiene un incremento total de 6,4 °C, teniendo un impacto en la eficiencia de la caldera, lo cual se muestra en el siguiente apartado.

De igual manera se prevé de manera tentativa la compra de una bomba centrífuga de agua ubicada en la salida del sistema recuperador de purgas, esto debido a que actualmente se desconoce tanto la capacidad de presión de la bomba como el caudal total que suministra. Este sistema de bombeo no solo abastece al cuarto de calderas, sino también al área de destilación y a otros sectores de la planta. Por dicha razón, se plantea la compra de una bomba de agua que permita el ingreso del fluido al tanque presurizado sin ningún problema. El cálculo de sus requerimientos se detalla a continuación.

Tabla 26. Requerimientos de la bomba de agua

Flujo másico (kg/h)	Densidad (kg/m ³)	Caudal (m ³ /h)	Presión en el tanque (kPa)	Cambio de altura (m)	Largo de tubería (m)	Diámetro (mm)	Codos	Longitud equivalente (m)	Presión de la bomba	Presión de la bomba (m)
1 494	997	1,50	200	6	10,96	50	6	26,56	262,2	26,74

Fuente: Propia.

Se recomienda, una vez añadido el sistema de recuperador de purgas, medir la presión en la entrada del tanque de agua (antes de presurizarlo) con el fin de conocer el estado real y compararlo con el requerimiento que supondría el tanque presurizado. Con dicha información, es posible determinar si la compra de la bomba de agua propuesta es necesaria o no.

Se selecciona una bomba Pedrollo CPM-620, con una capacidad de 32m de columna de agua a dicho flujo, se muestra en el apartado de apéndices la ficha técnica y la cotización.

4.2.5. Eficiencia de las calderas

Como se observó en apartados anteriores la eficiencia en las calderas A y B son de 62% y 59,9% respectivamente. En este apartado se muestra como la eficiencia de ambas calderas aumenta debido a las medidas de ahorro ya presentadas.

Inicialmente, la ubicación de un sistema de precalentamiento de búnker igual que el de la caldera A en la caldera B, provocará que la eficiencia de la esta sea a lo sumo igual a la de la caldera A, es decir ambas calderas tendrían eficiencias de 61,5% si se toma esta medida.

Por su parte la ubicación de un sistema de recuperador del calor de las purgas haría que el agua de alimentación externa pase de tener una temperatura de 25°C a 31,4°C. De igual maneral el condensado retornaría a una presión de 200 kPa y una temperatura correspondiente de 132,4 °C. Por lo tanto, conociendo los

porcentajes correspondientes descritos anteriormente, se calcula a continuación la nueva temperatura de ingreso de agua en la caldera.

$$T_{ingreso} = 0,66 \times 132,4 + 0,34 \times 31,4 = 98^{\circ}\text{C}$$

Como se detalló en apartados anteriores, el agua de alimentación de la caldera actualmente es ingresada a 70°C , por lo tanto, se tendría un incremento de 28°C , lo cual traería un aumento directo en la eficiencia de las calderas; esta mejora puede ser determinado a partir de la siguiente gráfica.

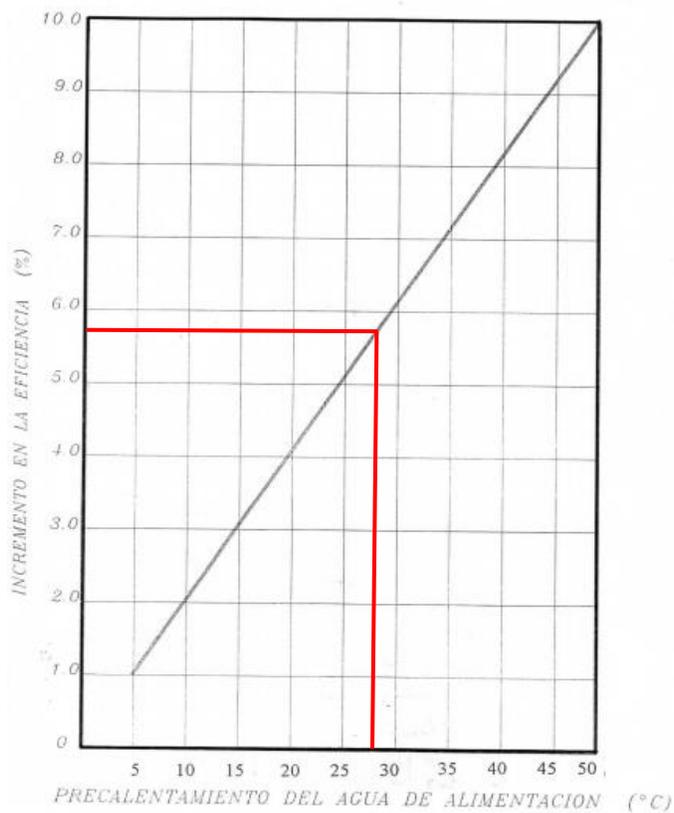


Figura 46. Incremento de la eficiencia de una caldera a partir del precalentamiento del agua de alimentación

Fuente: Garro, 2019.

Como se observa para el incremento de temperatura mostrada la eficiencia de la caldera incrementaría en 5,7% aproximadamente. Se calcula a continuación la nueva eficiencia de las calderas integrando lo ya planteado.

$$\eta = 62\% + 5,7\% = 67,7\%$$

Por su parte la energía de salida de la caldera se determina a continuación.

$$E_{salida} = \frac{14\,976\,773}{2} \times (2762,8 - 410,9) = 17\,611\,935\,974 \text{ kJ/año}$$

El incremento en la temperatura de ingreso del agua a la caldera también permite un incremento en su entalpia. Ya planteadas las nuevas eficiencias de las calderas y la energía producida por las mismas, es posible determinar un nuevo requerimiento energético de entrada, este se calcula a continuación.

$$E_{entrada} = \frac{17\,611\,935\,974}{67,7\%} = 26\,009\,081\,390 \text{ kJ/año}$$

Como se observa el nuevo requerimiento energético será de 26 009 081 390 kJ/año. Finalmente, la mejora en aislamiento producirá que las pérdidas de calor se reduzcan haciéndolo análogamente la energía de entrada, por consiguiente, la energía de necesaria incluyendo la disminución de pérdidas será la siguiente.

$$E_{entrada} = 26\,009\,081\,390 - 183\,305\,035 = 25\,825\,776\,355 \text{ kJ/año}$$

Una vez contempladas todas las mejoras propuestas, la eficiencia final de las calderas será de.

$$\eta = \frac{17\,611\,935\,974}{25\,825\,776\,355} = 0,682 = 68,2\%$$

Se observa como la eficiencia de la caldera A y B pasarían de 62% y 59,9% a 68,2% incrementando en 6,2% y 8,3% respectivamente.

4.2.6. Consumo de combustible

A partir del consumo energético calculado en la sección anterior, se calcula el consumo de búnker para cada una de las calderas.

Tabla 27. Consumo de combustible en el sistema de vapor

Caldera	Energía de entrada (kJ/kg)	Flujo másico (kg/año)	Densidad (kg/m ³)	Consumo (l/año)
A	25 825 776 355	620 946	901,6	688 686
B	25 825 776 355	620 946	901,6	688 686

Fuente: Propia.

Por lo tanto, se tendrá un consumo total de búnker de 1 377 373 l/año.

4.2.7. Costos de la producción de vapor

Al igual que en el estado actual, los costos de producción del vapor en el sistema previsto se basan en el combustible y en los tratamientos químicos del agua de caldera. En el apartado anterior se determinó el consumo de combustible bajo las condiciones propuestas. Por su parte, se calcula a continuación la diferencia entre el flujo de agua de alimentación propuesto respecto al actual equivalente al agua recuperada.

$$\dot{m}_{\text{agua recuperada}} = 6\,009\,984 - 5\,108\,196 = 901\,787 \text{ kg/año}$$

Los 901 787 kg/año son equivalentes al 15% del agua actual, por ende, el consumo de agua previsto pasará a ser del 85% y de igual manera el precio de los tratamientos químicos externos (proporcionales al agua de alimentación) pasará a ser el 85% del original.

De manera similar, los tratamientos químicos internos también se verán disminuidos, en el caso de los fosfatos dispersantes el costo porcentual concuerda con el 85% respaldado anteriormente, mientras que los sulfitos de sodio eliminadores de oxígeno representan un porcentaje aún menor. De acuerdo con el fabricante Spirax Sarco, el oxígeno disuelto varía respecto a la temperatura del agua, de manera que entre mayor sea la temperatura menor será el oxígeno disuelto y por consiguiente se necesitará menos sulfitos eliminadores de oxígeno.

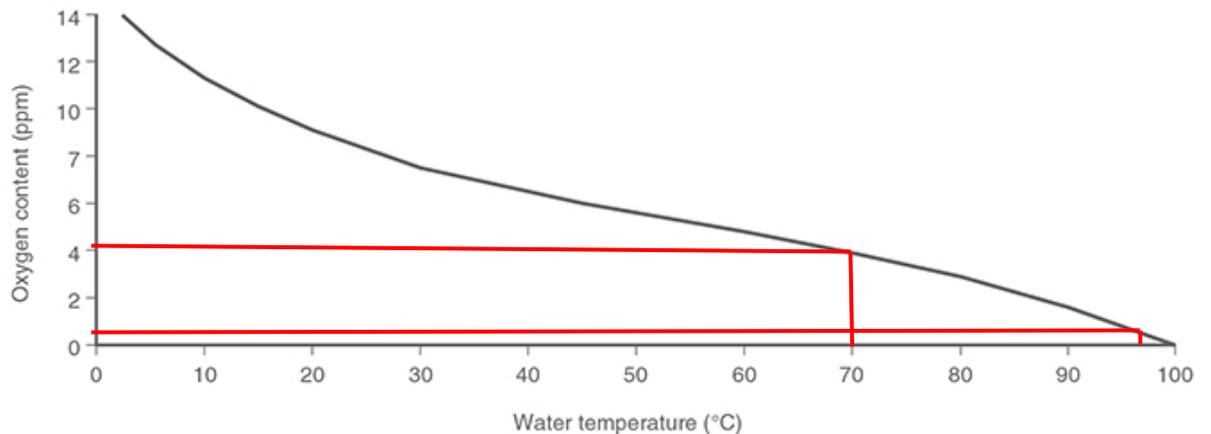


Figura 47. Oxígeno disuelto vs Temperatura del agua

Fuente: Spirax-Sarco.

Actualmente el agua de alimentación ingresa a 70° C, y de la gráfica se obtiene un contenido de oxígeno de 4,1 ppm. La tasa de dosificación estándar para sulfito de sodio es de 8 ppm por 1 ppm de oxígeno disuelto, y es habitual agregar 4 ppm adicionales para mantener una reserva en la caldera. (Spirax Sarco, 2020). Por lo tanto, se requiere de.

$$ppm \text{ de sulfito de sodio}_{condiciones \text{ actuales}} = 4,1 \times 8 + 4 = 36,8 \text{ ppm}$$

Por su parte bajo las condiciones propuestas se tiene un agua de alimentación de 98 ° C, y de la gráfica se obtiene un contenido de oxígeno aproximado de 0,6 ppm. Bajo las condiciones previstas se requiere de:

$$ppm \text{ de sulfito de sodio}_{condiciones \text{ previstas}} = 0,6 \times 8 + 4 = 8,8 \text{ ppm}$$

Como se observa, el sulfito de sodio previsto representa el 24 % del actual, adicionalmente, la disminución de agua externa al 85% de la actual hacen que el precio correspondiente al sulfito de sodio sea de 20% el original.

Se muestran a continuación los costos previstos.

Tabla 28. Costos previstos asociados a los insumos del sistema de vapor

Sistema	Rubro	Consumo diario	Consumo anual	Unidad	Rubro	Costo por unidad	Costo total por rubro	Costo total
Caldera	Combustible búnker	-	1 377 373	litros	Costo del combustible	¢182,27	¢251 053 777	¢329 932 898
					Canon	¢0,02	¢30 027	
					Impuesto del combustible	¢24,25	¢33 401 295	
					Transporte	¢29,20	¢40 219 292	
					Impuesto por transporte	¢3,80	¢5 228 508	
Tratamientos químicos del agua	Tratamientos internos (sulfitos de sodio dispersantes)	-	-	-	Costo total de tratamiento para un año de uso	¢109 941	¢109 941	¢1 771 280
	Tratamientos internos (fosfatos dispersantes)	-	-	-	Costo total de tratamiento para un año de uso	¢467 250	¢467 250	
	Tratamiento externo (sal ablandadores)	1	153	Saco de 44 lb	Costo del saco	¢7 805	¢1 194 089	
Total								¢331 704 178

Fuente: Propia.

4.2.8. Costos de mantenimiento

La implementación de un sistema completamente nuevo provocaría un impacto directo en el mantenimiento. Se estima que las horas dedicadas por los técnicos correspondientes a la reparación y mantenimiento del sistema de vapor se disminuirían a lo sumo a la mitad. Los costos se detallan a continuación

Tabla 29. Costos asociados al mantenimiento del sistema de vapor previstos

Costo por jornada por trabajador	Costo por hora por trabajador	Trabajadores por tarea	Horas mensuales por trabajador	Horas anuales totales	Total de costos
¢13 530	¢1 691	2	1,5	36	¢60 887

Fuente: Propia.

4.2.9. Otros costos por contemplar

La compra de las marmitas en la zona de cocina permitirá disminuir el consumo de gas licuado de petróleo, se prevé que las marmitas sustituyan la cocción por gas la mitad del tiempo, por ende, solo se compraría un cilindro al mes. Los costos se detallan a continuación.

Tabla 30. Costos asociados al gas licuado de petróleo consumido por la cocina previstos

Sistema	Rubro	Consumo mensual	Consumo anual	Unidad	Rubro	Costo por unidad	Costo total
Cocina	Gas Licuado de Petróleo	1	12	Cilindro de 100 lb	Costo de la carga de cilindro	Φ26 987	Φ323 844

Fuente: Propia.

4.2.10. Resumen de costos

Se resume a continuación el total de los costos asociados al vapor.

Tabla 31. Resumen de costos del sistema de vapor previstos

Rubro	Costo anual	Porcentaje del costo anual
Caldera	Φ329 932 898	99,45%
Tratamientos químicos del agua	Φ1 771 280	0,53%
Mantenimiento	Φ60 887	0,02%
Total	Φ331 765 065	100%

Fuente: Propia.

Como se observa, al igual que el estado actual, la mayor parte de los costos del sistema de vapor está relacionada con el consumo del búnker. Por su parte se muestra a continuación el costo por kilogramo de vapor consumido en la planta.

$$\text{Costo por kilogramo de vapor} = \frac{\Phi 331\,765\,065}{14976772,8} = \Phi 22,2$$

4.3. ESTIMACIÓN DE AHORRO ANUAL

Conociendo los costos asociados al vapor y otros costos, es posible determinar el ahorro que se tendrá implementando el diseño mencionado.

Tabla 32. Ahorro previsto por la implementación del sistema

Rubros	Costo Anual Actual	Costo Anual Previsto	Ahorro	Ahorro porcentual
Combustible Búnker	₡371 938 965	₡329 932 898	₡42 006 067	11,3%
Tratamiento externo (sal ablandadores)	₡1 404 810	₡1 194 089	₡210 722	15,0%
Tratamientos internos (sulfitos de sodio)	₡549 706	₡109 941	₡439 765	80,0%
Tratamientos internos (fosfatos dispersantes)	₡549 706	₡467 250	₡82 456	15,0%
Mantenimiento	₡121 773	₡60 887	₡60 887	50,0%
Cocina (GLP)	₡647 688	₡323 844	₡323 844	50,0%
Total	₡375 212 650	₡332 088 909	₡43 123 741	11,5%

Fuente: Propia.

Como se observa el ahorro será de ₡43 123 741, a partir de este ahorro se verá la rentabilidad del proyecto en secciones posteriores.

De igual manera el precio por kg de vapor producido pasaría de ₡25,9 a ₡22,2, disminuyendo así ₡3,7 equivalente al 14%

4.4. INVERSIÓN REQUERIDA

En esta sección se detallan los costos asociados al rediseño del sistema de vapor, las cotizaciones se encuentran en el apartado de anexos.

4.4.1. Tuberías

En este apartado se incluyen las tuberías correspondientes al sistema de vapor y condensados, además de las utilizadas para confeccionar los cabezales, y las correspondientes a los bypass presentes, cada tubería tiene una longitud de 5,8 m. el proveedor consultado fue Tubocobre S.A.

Tabla 33. Costo de las tuberías

Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Cantidad nominal	Material	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total	
250	10	1	Hierro negro SCH40	¢231 045	¢ 30 036	¢261 081	¢261 081	
200	8	5	Hierro negro SCH40	¢160 835	¢20 909	¢181 744	¢908 718	
150	6	4	Hierro galvanizado SCH40 con rosca	¢105 500	¢13 715	¢149 500	¢ 598 000	
100	4	16	Hierro galvanizado SCH40 con rosca	¢98 000	¢12 740	¢110 740	¢1 771 840	
65	2,5	1	Hierro galvanizado SCH40 con rosca	¢38 365	¢4 987	¢43 352	¢43 352	
50	2	23	Hierro galvanizado SCH40 con rosca	¢24 895	¢ 3 236	¢28 131	¢647 021	
40	1,5	17	Hierro galvanizado SCH40 con rosca	¢17 205	¢2 237	¢19 442	¢330 508	
32	1,25	28	Hierro galvanizado SCH40 con rosca	¢14 355	¢1 866	¢16 221	¢454 192	
25	1	12	Hierro galvanizado SCH40 con rosca	¢10 965	¢1 425	¢12 390	¢148 685	
20	0,75	50	Hierro galvanizado SCH40 con rosca	¢6 375	¢829	¢7 204	¢360 188	
15	0,5	146	Hierro galvanizado SCH40 con rosca	¢ 5 980	¢777	¢6 757	¢ 986 580	
Total								¢6 510 166

Fuente: Propia.

4.4.2. Accesorios

Al igual que las tuberías, los accesorios fueron cotizados en Tubo Cobre S.A. se muestra el resumen a continuación.

Tabla 34. Costo de los codos rectos

Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Unión	Material	Total	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
200	8	Soldable	Hierro negro SCH40	5	¢19 905	¢2 588	¢22 493	¢112 463
150	6	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	4	¢28 960	¢3 765	¢32 725	¢130 899
100	4	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	15	¢7 585	¢986	¢8 571	¢128 566
65	2,5	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	2	¢2 700	¢351	¢3 051	¢6 102
50	2	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	13	¢1 465	¢190	¢1 655	¢21 521
40	1,5	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	12	¢1 015	¢132	¢1 147	¢13 763

Tabla 34. Costo de los codos rectos (continuación)

Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Unión	Material	Total	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
32	1,25	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	9	¢755	¢98	¢853	¢7 678
25	1	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	11	¢525	¢68	¢593	¢6 526
20	0,75	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	33	¢315	¢41	¢356	¢11 746
15	0,5	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	329	¢215	¢28	¢243	¢79 931
Total								¢519 195

Fuente: Propia.

Tabla 35. Costo de los codos a 45°

Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Unión	Material	Total	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
40	1,5	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	1	¢1 125	¢146	¢1 271	¢1 271
32	1,25	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	6	¢1 125	¢146	¢1 271	¢7 628
25	1	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	2	¢580	¢75	¢655	¢1 311
20	0,75	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	2	¢360	¢47	¢407	¢814
15	0,5	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	40	¢225	¢29	¢254	¢10 170
Total								¢21 193

Fuente: Propia.

Tabla 36. Costo de uniones tipo brida

Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Tipo	Total	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
200	8	Brida slip on Clase 150	1	¢23 570	¢3 064	¢26 634	¢26 634
150	6	Brida ciega clase 150	1	¢9 460	¢1 230	¢10 690	¢10 690
100	4	Brida con rosca Clase 150	5	¢9 840	¢1 279	¢11 119	¢55 596
100	4	Brida ciega clase 150	6	¢11 000	¢1 430	¢12 430	¢74 580
Total							¢167 500

Fuente: Propia.

Tabla 37. Costo de uniones sencillas

Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Unión	Material	Total	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
50	2	Roscada	Hierro galvanizado clase 150 sencilla	8	¢1 220	¢159	¢1 379	¢11 029
40	1,5	Roscada	Hierro galvanizado clase 150 sencilla	9	¢790	¢103	¢893	¢8 034
32	1,25	Roscada	Hierro galvanizado clase 150 sencilla	14	¢630	¢82	¢712	¢9 967
25	1	Roscada	Hierro galvanizado clase 150 sencilla	1	¢420	¢55	¢475	¢475
20	0,75	Roscada	Hierro galvanizado clase 150 sencilla	29	¢285	¢37	¢322	¢9 339
15	0,5	Roscada	Hierro galvanizado clase 150 sencilla	71	¢175	¢23	¢198	¢14 040
Total								¢52 884

Fuente: Propia.

Tabla 38. Costo de reducciones

Tamaño (mm)	Tamaños	Unión	Material	Total	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
150-100	6"-4"	Soldable	Hierro negro clase 150 SCH40	2	¢5 980	¢777	¢6 757	¢13 515
150-50	6"-2"	Soldable	Hierro negro clase 150 SCH40	2	¢7 550	¢982	¢8 532	¢17 063
100-150	4"-2"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	2	¢4 870	¢633	¢5 503	¢11 006
65-15	2,5"-0,5"	Roscado	Hierro negro clase 150 SCH40	1	¢5 630	¢732	¢6 362	¢6 362
50-40	2"-1,5"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	5	¢1 230	¢160	¢1 390	¢6 950
50-25	2"-1"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	4	¢1 230	¢160	¢1 390	¢5 560
50-15	2"-0,5"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	5	¢1 325	¢172	¢1 497	¢7 486
40-32	1,5"-1,25"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	4	¢735	¢96	¢831	¢3 322
40-25	1,5"-1"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	3	¢735	¢96	¢831	¢2 492
40-20	1,5"-0,75"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	4	¢735	¢96	¢831	¢3 322
40-15	1,5"-0,5"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	4	¢735	¢96	¢831	¢3 322
32-25	1,25"-1"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	1	¢600	¢78	¢678	¢678
32-20	1,25"-0,75"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	4	¢695	¢90	¢785	¢3 141
32-15	1,25"-0,5"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	10	¢670	¢87	¢757	¢7 571

Tabla 38. Costo de reducciones (continuación)

Tamaño (mm)	Tamaños	Unión	Material	Total	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
25-20	1"-0,75"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	7	¢430	¢56	¢486	¢3 401
25-15	1"-0,5"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	9	¢430	¢56	¢486	¢4 373
20-15	0,75"-0,5"	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	31	¢295	¢38	¢333	¢10 334
Total								¢109 898

Fuente: Propia.

Tabla 39. Costo de uniones T

Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Unión	Material	Total	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
150	6	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	4	¢30 725	¢3 994	¢34 719	¢138 877
100	4	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	5	¢10 345	¢1 345	¢11 690	¢58 449
50	2	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	6	¢1 970	¢256	¢2 226	¢13 357
40	1,5	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	7	¢1 440	¢187	¢1 627	¢11 390
32	1,25	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	12	¢1 185	¢154	¢1 339	¢16 069
25	1	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	7	¢725	¢94	¢819	¢5 735
20	0,75	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	7	¢430	¢56	¢486	¢3 401
15	0,5	Roscados	Hierro galvanizado Clase 150	18	¢305	¢40	¢345	¢6 204
Total								¢253 482

Fuente: Propia.

Tabla 40. Costo de uniones T a 45°

Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Unión	Material	Total	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
40	1,5	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	5	¢1 440	¢187	¢1 627	¢8 136
25	1	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	2	¢725	¢94	¢819	¢1 639
20	0,75	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	13	¢430	¢56	¢486	¢5 831
15	0,5	Roscado	Hierro galvanizado clase 150	13	¢305	¢40	¢345	¢4 136
Total								¢20 572

Fuente: Propia.

El total de costos debido a accesorios es de ₡1 143 893.

4.4.3. Aislamiento

En el caso del aislamiento, cada pieza cuenta con una longitud de 1 m, algunos espesores propuestos no son comercializados, por lo que se seleccionara el próximo superior, además, los precios que se estipulan a continuación incluyen el cobertor de aluminio. Para este caso, la cotización se realizó con los proveedores Aislatérmico S.A. y Procoen, se detallan a continuación los costos.

Tabla 41. Costo de aislamiento para tuberías (fibra mineral)

Tamaño interno (mm)	Espesor (mm)	Tamaño interno (in)	Espesor (in)	Cantidad	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total	Precio total
250	50	10	2	3	\$69,50	\$9,04	\$78,54	\$235,61	₡133 739
200	50	8	2	27	\$56,00	\$7,28	\$63,28	\$1 708,56	₡969 847
150	50	6	2	20	\$44,40	\$5,77	\$50,17	\$1 003,44	₡ 569 593
100	25	4	1	92	\$20,50	\$2,67	\$23,17	\$2 131,18	₡1 209 743
90	25	3,5	1	234	\$16,15	\$2,10	\$18,25	\$4 270,38	₡2 424 040
65	25	2,5	1	6	\$14,80	\$1,92	\$16,72	\$100,34	₡ 56 959
50	25	2	1	134	\$12,80	\$1,66	\$14,46	\$1 938,18	₡1 100 186
40	25	1,5	1	93	\$11,70	\$1,52	\$13,22	\$1 229,55	₡ 697 943
32	25	1,25	1	158	\$11,80	\$1,53	\$13,33	\$2 106,77	₡1 195 888
25	25	1	1	64	\$9,90	\$1,29	\$11,19	\$715,97	₡406 412
20	25	0,75	1	291	\$9,00	\$1,17	\$10,17	\$2 928,96	₡1 662 595
15	25	0,5	1	567	\$7,90	\$1,03	\$8,93	\$5 409,76	₡3 070 797
Total									₡13 497 743

Fuente: Propia.

Tabla 42. Costo de aislamiento para codos (fibra mineral)

Tamaño interno (mm)	Espesor (mm)	Tamaño interno (in)	Espesor (in)	Cantidad	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total	Precio total
200	50	8	2	5	\$31,60	\$4,11	\$35,71	\$178,54	₡101 346
150	50	6	2	4	\$25,00	\$3,25	\$28,25	\$113,00	₡64 143
100	25	4	1	15	\$13,80	\$1,79	\$15,59	\$233,91	₡132 777
65	25	2,5	1	2	\$12,80	\$1,66	\$14,46	\$28,93	₡16 421
50	25	2	1	13	\$12,50	\$1,63	\$14,13	\$183,63	₡104 233

Tabla 42. Costo de aislamiento para codos (fibra mineral) (continuación)

Tamaño interno (mm)	Espesor (mm)	Tamaño interno (in)	Espesor (in)	Cantidad	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total	Precio total
40	25	1,5	1	13	\$10,80	\$1,40	\$12,20	\$158,65	Ø90 057
32	25	1,25	1	15	\$10,40	\$1,35	\$11,75	\$176,28	Ø100 064
25	25	1	1	13	\$10,00	\$1,30	\$11,30	\$146,90	Ø83 386
20	25	0,75	1	35	\$9,40	\$1,22	\$10,62	\$371,77	Ø211 032
15	25	0,5	1	369	\$9,00	\$1,17	\$10,17	\$3 752,73	Ø2 130 200
Total									Ø3 033 658

Fuente: Propia.

Tabla 43. Costo de aislamiento para uniones T (fibra mineral)

Tamaño interno (mm)	Espesor (mm)	Tamaño interno (in)	Espesor (in)	Cantidad	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total	Precio total
150	50	6	2	4	\$9,50	\$1,24	\$10,74	\$42,94	Ø24 374
100	25	4	1	5	\$6,00	\$0,78	\$6,78	\$33,90	Ø19 243
50	25	2	1	6	\$5,50	\$0,72	\$6,22	\$37,29	Ø21 167
40	25	1,5	1	12	\$4,80	\$0,62	\$5,42	\$65,09	Ø36 947
32	25	1,25	1	12	\$4,70	\$0,61	\$5,31	\$63,73	Ø36 177
25	25	1	1	9	\$4,50	\$0,59	\$5,09	\$45,77	Ø25 978
20	25	0,75	1	21	\$4,40	\$0,57	\$4,97	\$104,41	Ø59 268
15	25	0,5	1	30	\$4,30	\$0,56	\$4,86	\$145,77	Ø82 745
Total									Ø305 899

Fuente: Propia.

Tabla 44. Costo de aislamiento para válvulas

Tamaño válvula (mm)	Tamaño de válvula (in)	Tipo	Cantidad	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total	Precio total
200	8	Compuerta	4	\$762,48	\$99,12	\$861,60	\$3 446,41	Ø1 956 320
100	4	Compuerta	4	\$480,90	\$62,52	\$543,42	\$2 173,67	Ø1 233 861
65	2,5	Compuerta	1	\$385,81	\$50,16	\$435,97	\$435,97	Ø247 471
50	2	Compuerta	2	\$371,19	\$48,25	\$419,44	\$838,89	Ø476 187
40	1,5	Compuerta	2	\$299,88	\$38,98	\$338,86	\$677,73	Ø384 706
32	1,25	Compuerta	5	\$299,88	\$38,98	\$338,86	\$1 694,32	Ø961 765
20	0,75	Compuerta	3	\$179,20	\$23,30	\$202,50	\$607,49	Ø344 834
150	6	Globo	2	\$661,91	\$86,05	\$747,96	\$1 495,92	Ø849 142
100	4	Globo	2	\$480,90	\$62,52	\$543,42	\$1 086,83	Ø616 930

Tabla 44. Costo de aislamiento para válvulas (continuación)

Tamaño válvula (mm)	Tamaño de válvula (in)	Tipo	Cantidad	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total	Precio total
65	2,5	Globo	1	\$385,81	\$50,16	\$435,97	\$435,97	¢247 471
50	2	Globo	2	\$371,19	\$48,25	\$419,44	\$838,89	¢476 187
40	1,5	Globo	1	\$299,88	\$38,98	\$338,86	\$338,86	¢192 353
32	1,25	Globo	3	\$278,85	\$36,25	\$315,10	\$945,30	¢536 591
25	1	Globo	3	\$257,81	\$33,52	\$291,33	\$873,98	¢496 104
20	0,75	Bola	2	\$144,45	\$18,78	\$163,23	\$326,46	¢185 310
15	0,5	Bola	25	\$117,03	\$15,21	\$132,24	\$3 306,10	¢1 876 673
Total								¢11 081 907

Fuente: Propia.

Nota: el valor de tipo de cambio dólar utilizado corresponde a ¢567,6 de la fecha 11 de mayo del 2020.

4.4.4. Válvulas

En el caso de las válvulas, la cotización se realizó al proveedor Monaro, los modelos de las válvulas y fichas técnicas se detallan en los apartados de anexos y apéndices.

Tabla 45. Costo de válvulas

Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Tipo	Unión	Total	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
200	8	Compuerta	Bridada	4	¢600 000	¢78 000	¢678 000	¢2 712 000
100	4		Bridada	4	¢287 225	¢37 339	¢324 564	¢1 298 257
65	2,5		Bridada	1	¢181 520	¢23 598	¢205 118	¢205 118
50	2		Roscada	3	¢78 950	¢10 264	¢89 214	¢267 641
40	1,5		Roscada	5	¢58 560	¢7 613	¢66 173	¢330 864
32	1,25		Roscada	5	¢48 960	¢6 365	¢55 325	¢276 624
20	0,75		Roscada	3	¢22 080	¢2 870	¢24 950	¢74 851
150	6		Globo	Bridada	2	¢408 000	¢53 040	¢461 040
100	4	Bridada		2	¢354 000	¢46 020	¢400 020	¢800 040
65	2,5	Bridada		1	¢213 000	¢27 690	¢240 690	¢240 690
50	2	Roscada		2	¢103 840	¢13 499	¢117 339	¢234 678
40	1,5	Roscada		1	¢65 680	¢8 538	¢74 218	¢74 218
32	1,25	Roscada		3	¢69 000	¢8 970	¢77 970	¢233 910

Tabla 45. Costo de válvulas (Continuación)

Tamaño (mm)	Tamaño (in)	Tipo	Unión	Total	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
25	1	Globo	Roscada	3	¢38 640	¢5 023	¢43 663	¢130 990
25	1	Bola	Roscada	6	¢27 030	¢3 514	¢30 544	¢183 263
20	0,75		Roscada	13	¢23 805	¢3 095	¢26 900	¢349 695
15	0,5		Roscada	134	¢18 230	¢2 370	¢20 600	¢2 760 387
Total								¢11 095 306

Fuente: Propia.

4.4.5. Trampas de vapor

Al igual que las válvulas, las trampas de vapor fueron cotizadas por el proveedor Monaro, las fichas técnicas se detallan en los apartados de anexos y apéndices.

Tabla 46. Costo de las trampas de vapor

Tipo	Modelo	Orificio	Cantidad	Tamaño de conexión (mm)	Tipo de conexión	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
Balde invertido con venteador grande	812	5/32	2	20	Roscada	¢285 000	¢37 050	¢322 050	¢644 100
Balde invertido	800	#38	25	15	Roscada	¢106 800	¢13 884	¢120 684	¢3 017 100
Balde Invertido con venteador grande	800	#38	4	15	Roscada	¢131 400	¢17 082	¢148 482	¢593 928
Balde invertido	816	3/4	1	50	Roscada	¢1 132 800	¢147 264	¢1 280 064	¢1 280 064
Balde invertido con check interno	800	#38	3	15	Roscada	¢179 400	¢23 322	¢202 722	¢608 166
Balde invertido con check interno	811	1/4	1	20	Roscada	¢214 200	¢27 846	¢242 046	¢242 046
Balde invertido	800	7/64	2	15	Roscada	¢106 800	¢13 884	¢120 684	¢241 368
Flotador y termostato	75-AI-2	11/64	4	15	Roscada	¢226 354	¢29 426	¢255 780	¢1 023 118
Total									¢7 649 890

Fuente: Propia.

4.4.6. Venteadores de aire

Los venteadores de aire también fueron cotizados por el proveedor Monaro, las fichas técnicas de los venteadores se detallan en los apartados de anexos y apéndices.

Tabla 47. Costo de los ventiladores de aire

Modelo	Cantidad	Conexión de entrada (mm)	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
TV-2	13	15	€189 000	€24 570	€213 570	€2 776 410

Fuente: Propia.

4.4.7. Separadores

Los separadores también fueron cotizados por el proveedor Monaro, las fichas técnicas se detallan en los apartados de anexos y apéndices.

Tabla 48. Costo de los separadores de vapor

Tamaño (mm)	Modelo	Unión	Cantidad	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
100	DS2-4"	125 lb Flanged	1	€1 825 800	€237 354	€2 063 154	€2 063 154
32	DS1-1,25"	Roscada	2	€275 400	€35 802	€311 202	€ 622 404
50	DS1-2"	Roscada	1	€332 670	€43 247	€375 917	€375 917
Total							€3 061 475

Fuente: Propia.

4.4.8. Válvulas reductoras

Las válvulas reductoras también fueron cotizadas por el proveedor Monaro, las fichas técnicas se detallan en los apartados de anexos y apéndices.

Tabla 49. Costo de las válvulas reductoras

Modelo	Conexión (mm)	Unión	Cantidad	Color de resorte	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
150 lb Flanged GP2000	50	Bridada	1	Verde	€1 557 000	€202 410	€1 759 410	€1 759 410
150 lb Flanged GP2000	40	Bridada	1	Verde	€1 186 200	€154 206	€1 340 406	€1 340 406
NPT GP1000	20	Roscada	1	Negro	€702 000	€91 260	€793 260	€793 260
NPT GP2000	15	Roscada	1	Verde	€540 000	€70 200	€ 610 200	€610 200
NPT GP1000	20	Roscada	1	Negro	€702 000	€91 260	€793 260	€793 260
Total								€5 296 536

Fuente: Propia.

4.4.9. Válvulas de seguridad

Las válvulas reductoras son cotizadas por el proveedor Monaro, fichas técnicas se detallan en los apartados de anexos y apéndices.

Tabla 50. Costo de las válvulas de seguridad

Modelo	Cantidad	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
19K-JH-L-050	2	¢449 670	¢58 457	¢508 127	¢1 016 254
19K-DD-L-050	1	¢143 559	¢18 663	¢162 222	¢162 222
19K-EE-L-050	1	¢185 328	¢24 093	¢209 421	¢209 421
13-211-15	1	¢54 366	¢7 068	¢61 434	¢61 434
19K-EE-L-075	1	¢185 328	¢24 093	¢209 421	¢209 421
19K-DD-L-030	1	¢143 559	¢18 663	¢162 222	¢162 222
Total					¢1 820 972

Fuente: Propia.

4.4.10. Filtros

En el caso de los filtros, también son cotizados por el proveedor Monaro, fichas técnicas se detallan en los apartados de anexos y apéndices.

Tabla 51. Costo de los filtros en Y

Tamaño (mm)	Modelo	Malla	Cantidad	Unión	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
100	4"-A-9-FL-125	100x100-304ss	2	Bridada	¢756 000	¢98 280	¢854 280	¢1 708 560
32	1,25"-CA-9-SC	100x100-304ss	2	Roscada	¢40 260	¢5 234	¢45 494	¢90 988
40	1,5"-CA-9-SC	100x100-304ss	1	Roscada	¢40 260	¢5 234	¢45 494	¢45 494
50	2"-CA-9-SC	100x100-304ss	1	Roscada	¢60 655	¢7 885	¢68 540	¢68 540
40	1-1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1	Roscada	¢25 705	¢3 342	¢29 047	¢29 047
25	1"-CA-1-SC	40x40-304ss	2	Roscada	¢16 895	¢2 196	¢19 091	¢38 183
20	3/4"-CA-1-SC	40x40-304ss	1	Roscada	¢13 315	¢1 731	¢15 046	¢15 046
15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	38	Roscada	¢9 640	¢1 253	¢10 893	¢413 942
Total								¢2 409 798

Fuente: Propia.

4.4.11. Expandores térmicos

Por su parte, los expandores térmicos fueron cotizados a Maximo Supply (proveedor estadounidense) a través del proveedor nacional Monaro. Las fichas técnicas se detallan en los apartados de anexos y apéndices.

Tabla 52. Costo de los expandores térmicos

Tamaño	Modelo	Cantidad	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total	Precio total
100	GAT04SF0400	1	\$1 083	\$141	\$1 224	\$1 224	¢694 764
50	GAT04SF0200	1	\$703	\$91	\$795	\$795	¢451 050
50	GAT06SF0200	1	\$789	\$103	891	\$891	¢505 965
Total							¢1 651 779

Fuente: Propia.

Nota: el valor de tipo de cambio dólar utilizado corresponde a ¢567,6 de la fecha 11 de mayo del 2020.

4.4.12. Otros componentes del sistema

En este apartado se incluyen los otros componentes del sistema, entre ellos el intercambiador que aprovechará el calor de las purgas, la bomba tentativa, y las 2 marmitas del área de cocina. Se muestran a continuación los costos.

Tabla 53. Costos de los otros componentes del sistema

Descripción	Cantidad	Proveedor	Precio unitario	IVA	Precio unitario neto	Precio total
Marmita	2	Empac	¢ 2 300 000	¢299 000	¢2 599 000	¢5 198 000
Sistema de recuperación de calor de purgas	1	Sisten SA	¢7 215 330	¢937 993	¢8 153 323	¢8 153 323
Bomba de agua	1	La casa del tanque	¢143 436	¢18 647	¢162 082	¢162 082
Total						¢13 513 405

Fuente: Propia.

4.4.13. Mano de obra

La mano de obra necesaria para instalar el sistema de vapor dependerá del contratista escogido, los especialistas del grupo Monaro afirman por experiencias previas que el costo asociado de mano de obra ronda entre el 30% y 40% de los materiales del sistema de vapor, por lo tanto, se estimará este rubro como el 40% de los materiales (sin incluir otros componentes del sistema).

$$\text{Costos de mano de obra} = 40\% \times \text{C}\$71\,173\,213 = \text{C}\$28\,469\,285$$

4.4.14. Resumen de costos

Se presenta a continuación el resumen de costos correspondientes al sistema de vapor planteado.

Tabla 54. Resumen de costos del sistema de vapor

Tuberías	Ø6 510 166
Accesorios	Ø1 143 893
Aislamiento	Ø27 919 207
Válvulas	Ø11 095 306
Trampas	Ø7 649 890
Venteadores	Ø2 776 410
Separadores	Ø3 061 475
Válvulas reductoras	Ø5 296 536
Válvulas de seguridad	Ø1 820 972
Filtros	Ø2 409 798
Expansores	Ø1 651 779
Otros componentes	Ø13 513 405
Mano de obra	Ø28 534 174
Total	Ø113 383 013

Fuente: Propia.

Como se observa el total de la obra es de ₡113 383 013, este monto corresponde a la inversión inicial, la cual, junto con el ahorro previsto, serán evaluados para conocer su viabilidad en el siguiente punto.

4.5. CÁLCULO DE RENTABILIDAD

Para evaluar la rentabilidad del proyecto se sigue lo descrito en el libro Finanzas Corporativas, utilizando tres métodos clásicos, el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación.

El valor actual neto presenta los flujos de cajas obtenidos a lo largo de los años como valores presentes. Estos, se contrastan con inversiones inmediatas con el fin de observar la ganancia que supondría el proyecto. El valor presente puede determinarse como se muestra a continuación.

$$VA = \frac{VF}{(1 + rend)^t}$$

Donde VA es el valor actual, VF el valor futuro, r la tasa de rendimiento solicitada por el inversor, y t el periodo del flujo de caja. Con el fin de evaluar la inversión se determina el valor actual neto como

$$VAN = -INV + \sum VA$$

En este caso se compara la inversión con los valores actuales de los flujos de caja, y se acepta la inversión si el VAN es positivo.

Por su parte la tasa interna de retorno se refiere a aquella tasa sobre la cual el VAN será igual a 0, para ello se aproximará con la herramienta de Office Excel y se acepta la inversión si la tasa interna de inversión es mayor a la tasa rendimiento solicitada por el inversor.

Por último, el periodo de recuperación muestra cuanto tiempo debe pasar para recuperar la inversión. Generalmente se pide que el periodo de recuperación de un proyecto sea menor a 4 años (Hernández, 2019).

Se muestran a continuación los resultados obtenidos para el proyecto de rediseño del sistema de vapor.

Tabla 55. Análisis económico

Periodo	Valor Futuro	Valor actual	Valor actual acumulado
0 (Inversión inicial)	-C\$113 155 903	-C\$113 383 013	-C\$113 383 013
1	C\$43 123 741	C\$39 203 400	-C\$74 179 613
2	C\$43 123 741	C\$35 639 455	-C\$38 540 158
3	C\$43 123 741	C\$32 399 505	-C\$6 140 653
4	C\$43 123 741	C\$29 454 095	C\$23 313 442
VAN		C\$23 313 442	
TIR		19%	
Periodo de recuperación		3 años y 3 meses	

Fuente: Propia.

Para el desarrollo del análisis se utilizó una tasa de rendimiento de 10%, esta fue la exigida por el ingeniero a cargo Esteban Oviedo.

Como se observa el valor actual neto es de C\$23 313 442, como dicho valor es positivo, bajo este criterio se acepta la inversión. Por su parte la tasa interna de rendimiento supera en 9% la tasa de rendimiento recomendada, lo cual reafirma que la viabilidad del proyecto. Por último, el periodo de recuperación proyectado es de 3 años y 3 meses, lo cual es aceptable de acuerdo con lo expresado anteriormente. Bajo los tres criterios propuestos, el proyecto es aceptado.

5. IMPACTO AMBIENTAL

La implementación del rediseño del sistema de vapor aunado con las medidas de ahorro energético propuestas no solo traerá un ahorro económico a la empresa, sino también tendrá un impacto ambiental positivo, el cual, está directamente ligado al ahorro de combustible y de agua externa.

5.1. Impacto por la reducción del consumo de combustible

La combustión del búnker en la caldera provoca la producción de gases efecto invernadero, causantes del calentamiento global. La combustión de un litro de búnker producirá 2,98 kg de dióxido de carbono, 0,12 g de metano y 0,024 g de óxido nitroso⁶. Se detallan a continuación el efecto de estos gases en la atmósfera.

Dióxido de carbono (CO_2): Este gas de efecto invernadero se encuentra en concentraciones relativamente bajas en la atmósfera, aproximadamente un 0,03%. A pesar de sus bajos niveles, se trata del mayor impulsor del calentamiento global. Las principales fuentes de gas son de origen humano, y se relacionan con la quema de combustibles fósiles (petróleo, gas y deforestación). (Oceana , 2020).

Metano (CH_4): si bien es cierto la producción de metano en relación con el dióxido de carbono en la combustión es menor, no se debe menospreciar ya que en 100 años una tonelada de metano podría calentar el globo de 21 a 23 veces más que una tonelada de dióxido de carbono. (Oceana, 2020). El metano es principalmente producido por la descomposición de materia orgánica relacionada a animales y vertederos.

Óxido nitroso (N_2O): al igual que el metano la concentración del óxido nitroso es menor que la de dióxido de carbono, sin embargo, es el más dañino de los tres gases

⁶ Datos obtenidos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (<https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references>)

descritos. El óxido nitroso tendrá en un siglo un efecto de calentamiento global aproximadamente 300 veces superior al del dióxido de carbono. (Oceana, 2020). La producción del óxido nitroso está relacionada a la agricultura (uso de fertilizantes) y la quema de combustibles fósiles.

El término dióxido de carbono equivalente es un término que ha surgido con la finalidad de describir los diferentes gases de efecto invernadero en una unidad común. Para cualquier cantidad de un gas de efecto invernadero el término dióxido de carbono equivalente se refiere a la cantidad de dióxido de carbono que tendría un impacto equivalente de calentamiento global. Este valor se calcula multiplicando la cantidad del gas efecto invernadero por su GWP (Global Warming Potential). (Brander, 2012)

La disminución en 175 363 litros de búnker utilizados traerá un efecto directo en la producción de estos gases, esto es resumido a continuación.

Tabla 56. Reducción en los gases efecto invernadero debido a la implementación del proyecto

Compuesto	Kilogramos de gas producido por litro de combustible	Disminución en kg anuales producidos	GWP	Kilogramos de dióxido de carbono equivalentes
Dióxido de carbono	2,98	522 096	1	522 096
Metano	1,19E-04	21	25	521
Óxido Nitroso	2,38E-05	4	298	1 242
Total				523 859

Fuente: Propia.

El gobierno de la República de Costa Rica presentó en el año 2018 el plan de descarbonización que pretende reducir las emisiones del país, este plan contiene un total de 10 ejes que buscan impactar en áreas claves. El eje número 6, ataca directamente al sector industrial y plantea que para el año 2050, dicho sector habrá

cambiado fuentes de energía para separar el crecimiento de su actividad con el de las emisiones. (Gobierno de Costa Rica, 2018).

Si bien es cierto el cambio del sistema de vapor no elimina por completo las emisiones de las calderas, presenta un aporte de la Fábrica Nacional de Licores en el camino que ha decidido tomar el país. En total se tienen 523 859 kg de dióxido de carbono equivalente que podrían ser reducidos si se implementa el rediseño del sistema, este valor es comparable a ciertos ejemplos más tangibles, estos se detallan seguidamente.

Según la agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, en promedio un vehículo de 2 ejes y 4 llantas produce 0,25 kg de dióxido de carbono equivalente por kilómetro recorrido, por consiguiente, la reducción de gases efecto invernadero implementando el sistema de vapor sería correspondiente a la producción de gases al recorrer 2 091 537 km en un automóvil como el descrito. Si un automóvil recorriera alrededor de 15 000 km al año, los gases efecto invernadero serían los producidos por 139 autos en el año.

Otro ejemplo rescatable es el del reciclaje de basura, la agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos también estima que por cada tonelada que es reciclada en vez de llevada a un vertedero o tiradero, se reducen 2940 kg de emisiones de dióxido de carbono equivalente. Por lo tanto, el desarrollo del proyecto equivaldría a reciclar 178 toneladas de basura.

Finalmente, es posible comparar la cantidad de gases de efecto invernadero con el área correspondiente de bosque que retiraría el dióxido de carbono equivalente. La agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos indica que 0,1903 kg de dióxido de carbono son retirados del aire por metro cuadrado de superficie boscosa por año, por consiguiente, la reducción de gases efecto invernadero sería equivalente al retiro de dióxido de carbono producido por 2 753 227 m² o 275 hectáreas aproximadamente.

5.2. Impacto por la reducción del consumo de agua

De acuerdo con lo calculado anteriormente, se estima que el rediseño del retorno de condensados disminuirá el uso de agua externa en 901 787 kg equivalente a 904,5 m³, esta agua si bien es extraída de pozos, sigue siendo agua potable y es un recurso limitado en la planta. En caso de que el agua de los pozos faltara, Fanal debe acudir a los acueductos locales, lo cual implicaría un costo de facturación no contemplado por parte de la fábrica, y una mayor demanda vista por el lado del acueducto. El ahorro de los 904,5 m³ es equivalente al consumo anual de agua de al menos 3 familias costarricenses, de acuerdo con los datos de Acueductos y Alcantarillados; su importancia se detalla a continuación.

El recurso hídrico en Costa Rica es abundante, sin embargo, no es eterno, además se han tenido problemas de escasez, desabastecimiento y contaminación del agua en algunos sitios, que, acompañados de un exceso de legislación inconexa, han favorecido en la última década más de 134 conflictos por el agua en el país. (O`neal, 2019).

Por su parte, a nivel mundial, hoy, las Naciones Unidas estiman que 1 de cada 3 personas no cuentan con un servicio de agua potable, por su parte para el 2040, se proyecta que la demanda mundial de agua se incremente más del 50% tanto así que para el 2050, hasta 5 700 millones de personas podrían estar viviendo en áreas donde el agua es escasa durante al menos un mes al año. (Naciones Unidas, 2020).

Es un hecho que la situación en el país no es tan compleja como en algunas otras zonas del mundo, no obstante, se debe hacer conciencia del privilegio de contar con dicho recurso y no desperdiciarlo.

6. CONCLUSIONES

6.1. RESUMEN DE RESULTADOS Y APORTES DEL PROYECTO

El desarrollo del proyecto ha permitido conocer con más detalle el uso que se le da al vapor de en la fábrica, se ha logrado determinar los consumos y presiones en las diferentes zonas de la planta, tanto por medición directa como con ayuda de cálculos ingenieriles. Además, una vez conocido los regímenes de trabajo de los equipos se ha estimado el consumo anual de vapor, que, aunado con el consumo de combustible indicado, han facilitado la evaluación de la eficiencia de las calderas.

Una vez concluido el proceso de conocer los requerimientos de la planta, se ha rediseñado por completo el sistema de vapor. Se han seleccionado equipos y accesorios que permitan la correcta distribución y recuperación del contenido energético presente en el vapor. Asimismo, en zonas como confección se ha mejorado el diseño ampliando la cantidad de salidas para lavado de tanques de 1 a 14; mientras que, en otras locaciones como la cocina y el taller de mantenimiento se ha propuesto el uso de vapor. Además, se ha planteado la ubicación de aislamiento en ciertas tuberías y accesorios que se mantenían desnudos.

La implementación del sistema de vapor planteado buscará maximizar la seguridad del sistema, disminuyendo accidentes asociados con quemaduras en el personal; además, al tener un sistema nuevo se reducirá el mantenimiento en el mismo, y de manera análoga lo harán las pérdidas de calor, aumentando así la eficiencia de las calderas.

Se han cotizado todo el equipamiento necesario para el rediseño del sistema, además se ha estimado el costo asociado a la mano de obra de instalación, teniendo, por consiguiente, una inversión aproximada de ₡113 383 013. De igual manera con el escenario propuesto, se ha calculado el consumo de vapor y combustible a futuro, así como los ahorros que supondrían la implementación del proyecto, teniendo un valor

de ₡43 123 741 anual. Se han planteado los indicadores VAN TIR y periodo de recuperación teniendo ₡23 313 442, 19% y 3 años con 3 meses respectivamente, dándole garantía al proyecto.

Por último, se ha estimado una reducción de 523 859 kilogramos anuales de dióxido de carbono y 904,5 litros de agua, lo cual permite a la Fábrica Nacional de Licores disminuir su impacto ambiental y aportar al gobierno de Costa Rica en el camino de la descarbonización del sector productivo nacional.

6.2. RECOMENDACIONES

Se enlistan a continuación una serie de recomendaciones a seguir a la hora de implementar y operar el proyecto:

- Confirmar, antes de presurizar el tanque de alimentación de agua, que la presión en estado nominal que entrega el retorno de condensados en el punto de conexión con el tanque supere los 200 kPa manométricos, esto con el fin de evitar problemas asociados a contrapresiones en las trampas de vapor. En caso de que llegase a ser menor ajustar a dicho valor la presión del tanque.
- Medir la presión correspondiente al suministro de agua externa en la entrada del tanque (antes de presurizarlo) con el objetivo de conocer el estado real y compararlo con el requerimiento que supondría el tanque presurizado. Esto con el fin de determinar si es necesario la compra de la bomba de agua antes descrita.
- Consultar con los proveedores de los diferentes equipos, las tareas de mantenimiento recomendadas, así como las frecuencias asociadas a dichas labores. Esto permitirá idear un plan de mantenimiento que garantice la vida útil de los componentes de la instalación.
- En el caso de las piernas colectoras que, debido a impedimentos relacionados con el espacio físico disponible, cuenten con una longitud inferior a los 710 mm, se recomienda durante el arranque del sistema, dejar las válvulas

correspondientes a estas piernas abiertas. Esto pretende la evacuación del condensado asociado al calentamiento de las tuberías. Una vez, el sistema alcance las condiciones nominales se deben cerrar estas válvulas y dejar que las trampas de vapor evacúen el condensado.

6.3. LÍNEAS DE TRABAJO FUTURO

Una vez la implementación del rediseño del sistema de vapor se concrete, la Fábrica Nacional de Licores debe enfocarse en mejorar el rendimiento del “corazón” de su sistema, las calderas. El aumento de la eficiencia de las calderas permitiría reducir aún más los costos asociados al vapor, y también mitigar en mayor escala las emisiones de los gases efecto invernadero que dañan el medio ambiente.

Qué tan abrupto sea el cambio, dependerá de las condiciones económicas de la fábrica en el momento, así como de las decisiones de los encargados de la gestión de proyectos. Por dicha razón se detallan 3 posibles caminos a seguir en el mejoramiento del sistema a continuación.

- **Otras medidas de ahorro:** de manera similar a la implementación de un recuperador de calor de purgas, la instalación de un economizador permitiría aprovechar el calor correspondiente a los gases de chimenea para precalentar el agua de consumo mejorando así la eficiencia de las calderas.

Además de aumentar la temperatura de alimentación del agua, la eficiencia de la combustión puede mejorarse controlando el nivel de exceso de aire utilizado en el proceso de combustión. Se recomienda hacer mediciones del nivel de oxígeno y de dióxido de carbono en los gases de chimenea y compararlos con lo recomendado por los fabricantes. Además de incrementar la eficiencia de las calderas, se podría disminuir la temperatura de los gases de chimenea y el consumo de potencia de los ventiladores como beneficios adicionales, si se controlase el nivel de exceso de aire.

Por último, se recomienda la evaluación del aislamiento en la superficie de la caldera, de manera que se mejore en caso de ser necesario y se mitigue la pérdida de calor asociada a la radiación.

- **Cambio de combustible:** otra opción a evaluar en el uso de las calderas es el cambio de combustible. El búnker que se utiliza actualmente podría ser sustituido por otros combustibles como el gas natural o gas licuado de petróleo, ambos cuentan con un poder calorífico (47 700 kJ/kg y 46 100 kJ/kg respectivamente) que se encuentra por encima del búnker (41 541 kJ/kg). (Vásquez Liñan, Palacios Espinozas, Olortegui León, & Cóndor Espinoza, 2005).

De manera similar, el gas natural y el gas licuado de petróleo presentan menos liberación de dióxido de carbono equivalente en la producción de la misma energía, por lo cual, se mitigaría el impacto ambiental de la fábrica. Si bien es cierto, el gas natural no se comercializa en Costa Rica todavía, es un tema que se encuentra en debate, y podría resolverse a corto plazo. De igual manera el uso del gas licuado de petróleo es otra alternativa, menos viable que la del gas natural pero aún sigue siendo mejor que la del búnker.

Si bien es cierto, las propiedades de los gases hacen que el cambio parezca atractivo, como línea de trabajo futuro, se debe realizar un estudio económico que logre contrastar también otros factores, como el costo de adquisición, almacenaje, energía consumida por el sistema (bombeo), y la inversión que representaría en el quemador de la caldera. Esto con el fin de tomar una decisión acertada.

- **Cambio de calderas/aumento del uso del vapor:** aun con las nuevas zonas de uso de vapor, se estima que el consumo exigido por los equipos en estado máximo sea de 3877 kg/h de vapor, y sabiendo que cada caldera tiene una capacidad de 11200 kg/h, las calderas estaría trabajando a un 34% de su capacidad. La gran capacidad de las calderas versus el bajo consumo real da como resultado una baja eficiencia ya indicada.

Como plan a futuro, se puede evaluar el cambio de las calderas por otras que se adecuen de una mejor manera a los requerimientos de vapor de la planta. Para

esta selección sería importante no solo evaluar el dimensionamiento de la caldera, sino también el cambio de combustible descrito en el punto anterior. Otra recomendación en caso de que el cambio de las calderas no se considere viable, sería reactivar el proceso de fermentación, aumentando así el consumo del vapor y llevando las calderas a un régimen de trabajo más acorde a sus capacidades.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ARESEP. (2015). *Autoridad Reguladora de Servicios Públicos*. Obtenido de ARESEP rebaja margen a empresas envasadoras de gas: <https://aresep.go.cr/noticias/1157-aresep-rebaja-margen-a-empresas-ensadoras-de-gas>
- Armstrong. (1998). *Manual N-101S: Guía para la conservación del vapor en el drenado de condensados*. Michigan, USA: Armstrong International INC.
- ASME/ANSI. (s.f.). *B36.10/19*. Obtenido de https://www.google.com/search?q=ansi+b+36.10+pdf&rlz=1C1CHBF_esCR888CR888&oq=ans&aqs=chrome.0.69i59j69i57j69i59j0l5.962j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8
- Azcona, L. (Octubre de 2004). *Elsevier*. Obtenido de Farmacia Profesional: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-quemaduras-13068673>
- Brander, M. (s.f.). *Greenhouse Gases, CO₂, CO₂e, and Carbon: What Do All These Terms Mean?* Obtenido de Ecometrica : <https://ecometrica.com/assets/GHGs-CO2-CO2e-and-Carbon-What-Do-These-Mean-v2.1.pdf>
- Cameo Chemicals. (Junio de 1999). *OILS, FUEL: NO. 6*. Obtenido de <https://cameochemicals.noaa.gov/chris/OSX.pdf>
- Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2014). *Termodinámica*. México DF: McGraw-Hill.
- Cengel, Y. A., & Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de Calor y Masa*. México DF: McGraw-Hill.
- Departamento de Comercio de los Estados Unidos. (Octubre de 1997). *National Ocean and Atmospheric Administration*. Obtenido de Chemical and physical properties of refined petroleum products.

- Garro, A. (2019). *Calderas*. Cartago: Escuela electromecánica, Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de Escuela de Ingeniería Electromecánica .
- Gobierno de Costa Rica. (2018). *Plan de Descarbonización* . Obtenido de Compromiso del Gobierno del Bicentenario: <https://minae.go.cr/images/pdf/Plan-de-Descarbonizacion-1.pdf>
- Hernández, M. (2019). *Clases Ingeniería económica*.
- Kruger. (Abril de 2018). *Kruger soluciones de limpieza y climatización*. Obtenido de <https://www.kruger.es/>
- MINAET. (s.f.). *Guía Práctica para el uso eficiente del agua en el sector público ccostarricense* . Obtenido de http://www.colegiobiologos.com/wp-content/uploads/Gu%C3%ADa_Uso-eficiente-del-agua.pdf
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social . (2020). *Lista de salarios*. Obtenido de Lista de Salarios Mínimos por ocupación Año 2020: <http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/lista-salarios.html>
- Naciones Unidas. (22 de Marzo de 2020). *Día Mundial del Agua*. Obtenido de Agua para todos: <https://www.un.org/es/observances/water-day>
- O`neal, K. (27 de Marzo de 2019). "Costa Rica enfrentó 134 conflictos por el agua en una década". Obtenido de Universidad de Costa Rica: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/03/27/costa-rica-enfrento-134-conflictos-por-el-agua-en-una-decada.html>
- Oceana. (2020). *Gases de efecto invernadero*. Obtenido de <https://eu.oceana.org/es/node/46897>
- P.C.McKenzie Company. (2020). *Proper Sizing of Boiler Feedwater Systems*. Obtenido de <http://www.mckenziecorp.com/proper-sizing-boiler-feedwater-systems/>

- Ranjarnodeh, E. (Mayo de 2011). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/figure/Thermal-conductivity-of-the-carbon-steel_tbl1_227144263
- RECOPE. (12 de Septiembre de 2017). *Refinería Costarricense de Petróleo*. Obtenido de Poderes Calóricos de algunos Combustibles: <https://www.recope.go.cr/productos/sistema-de-calidad/poderes-caloricos-de-algunos-combustibles/>
- Sharpe. (s.f.). *Sharpe Valves*. Obtenido de Smith Cooper: <http://www.sharpevalves.com/products.html>
- Spirax Sarco. (2020). *The feedtank and feedwater conditioning*. Obtenido de spiraxsarco.com/learn-about-steam/the-boiler-house/the-feedtank-and-feedwater-conditioning
- Spirax-Sarco. (2004). *Design of fluids systems (Hook Ups)*. South Carolina, Estados Unidos: Spirax Sarco, Inc.
- Spirax-Sarco. (1999). *Guía de referencia técnica (Distribución de vapor)*. Buenos Aires, Argentina: Spirax-Sarco S.A. .
- Spirax-Sarco. (2000). *Design of fluid systems (Steam Utilization)*. South Carolina, Estados Unidos: Spirax Sarco, Inc.
- Thermon. (s.f.). *Design guide for steam tracing applications*. San Marcos, Texas, Estados Unidos : Thermon Manufacturing Co.
- Unites States Environmental Protection Agency. (2007). *Emission Factors for Greenhouse Gas Inventories*. Obtenido de Stationary Combustion Emission Factors: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/emission-factors_2014.pdf
- Vásquez Liñan, J. H., Palacios Espinozas, J., Olortegui León, T. T., & Córdor Espinoza, J. L. (2005). *Análisis de cambio de combustible en calderas a gas*.

Obtenido de Universidad Nacional Mayor de San Marcos, E.A.P. ingeniería mecánica de fluidos:
<http://www.unmsm.edu.pe/cedit/linked/analisis%20de%20cambio%20de%20combustible.....pdf>

Westerfield, R., & Ross, S. (2012). *Finanzas corporativas*. México DF: McGraw-Hill.

Windfinder. (7 de Marzo de 2020). *Windfinder*. Obtenido de <https://es.windfinder.com/windstatistics/alajuela-aeropuerto-juan-santamaria>

Zanussi. (9 de Octubre de 2013). *Marmitas a vapor*. Obtenido de <https://www.zanussiprofessional.com/>

8. ANEXOS

8.1. MEMORIA DE CÁLCULO

Anexo 1. Cálculo de tuberías

Tabla 57. Cálculo de tuberías de vapor, diseño preliminar

ID	Largo (m)	Largo equivalente (m)	Flujo másico (kg/h)	Flujo másico equivalente (kg/h)	Presión de entrada (kPa)	Presión de salida (kPa)	P1	P2	F	F utilizado	x(kg/h)	y	Diámetro (mm)	Volumen específico (m ³ /kg)	Velocidad (m/s)	Condición
AC	16,54	19,85	11140,5	11201,9	612,3	610,2	45,0	44,8	0,013	0,013	12564,0	104,70	200	0,269	28,16	Aprobado
BC	9,79	11,75	11140,5	11176,9	612,3	611,0	45,0	44,9	0,013	0,013	12564,0	104,70	200	0,269	28,12	Aprobado
AD	8,63	10,36	59,2	59,4	612,3	607,0	45,0	44,4	0,063	0,063	62,6	53,23	20	0,270	14,37	Aprobado
BE	8,63	10,36	59,2	59,4	612,3	607,0	45,0	44,4	0,063	0,063	62,6	53,23	20	0,270	14,37	Aprobado
CF	35,03	42,04	3766,2	3772,2	606,9	589,5	44,4	42,3	0,050	0,050	4140,0	136,80	100	0,276	37,79	Aprobado
CAN	4,76	5,71	51,2	51,3	606,9	604,6	44,4	44,1	0,050	0,050	55,4	47,11	20	0,271	12,75	Aprobado
CAÑ	0,30	0,36	3116,2	3116,5	606,9	606,9	44,4	44,4	0,032	0,032	3283,0	108,50	100	0,270	29,29	Aprobado
FG	11,03	13,24	3116,2	3127,7	584,2	580,7	41,7	41,2	0,032	0,032	3283,0	108,50	100	0,280	30,35	Aprobado
GH	16,45	19,74	1491,0	1499,2	578,5	577,1	41,0	40,8	0,008	0,008	1577,0	52,12	100	0,281	14,65	Aprobado
HC540	5,70	6,84	1491,0	1493,8	300,0	299,9	14,8	14,8	0,001	0,001	1530,0	22,52	150	0,461	10,38	Aprobado
GI	19,21	23,05	1256,4	1264,4	578,5	577,1	41,0	40,8	0,006	0,006	1390,0	45,93	100	0,281	12,91	Aprobado
IC536	10,50	12,60	1256,4	1260,8	230,0	229,8	10,2	10,2	0,001	0,001	1357,0	19,98	150	0,552	11,03	Aprobado
GJ	22,61	27,13	134,8	135,8	578,5	573,8	41,0	40,5	0,020	0,020	136,8	41,00	32	0,282	11,58	Aprobado
JC570	9,23	11,08	134,8	135,2	300,0	296,6	14,8	14,5	0,020	0,020	136,8	41,00	32	0,464	19,04	Aprobado

Tabla 57. Cálculo de tuberías de vapor, diseño preliminar (continuación)

ID	Largo (m)	Largo equivalente (m)	Flujo másico (kg/h)	Flujo másico equivalente (kg/h)	Presión de entrada (kPa)	Presión de salida (kPa)	P1	P2	F	F utilizado	x(kg/h)	y	Diámetro (mm)	Volumen específico (m ³ /kg)	Velocidad (m/s)	Condición
GK	25,00	30,00	234,0	236,0	578,5	5,7	41,0	40,0	0,032	0,032	267,5	58,40	40	0,284	16,59	Aprobado
KC580	10,17	12,20	234,0	234,8	230,0	227,0	10,1	10,0	0,008	0,008	244,4	33,61	50	0,557	18,72	Aprobado
FL	18,90	22,68	650,0	654,1	584,2	572,0	41,7	40,2	0,063	0,063	727,2	99,99	50	0,283	28,32	Aprobado
LM	11,71	14,05	80,0	80,3	572,1	568,2	40,3	39,8	0,032	0,032	80,6	43,34	25	0,285	12,34	Aprobado
M1	0,45	0,54	20,0	20,0	567,7	567,5	39,7	39,7	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,285	9,64	Denegado
MN	22,00	26,40	60,0	60,4	567,7	553,1	39,7	38,1	0,063	0,063	62,6	53,23	20	0,291	15,48	Aprobado
N2	0,56	0,67	20,0	20,0	554,9	554,6	38,3	38,2	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,290	9,81	Denegado
NÑ	22,00	26,40	40,0	40,3	554,9	547,3	38,3	37,4	0,032	0,032	43,9	37,32	20	0,293	10,94	Aprobado
Ñ3	0,38	0,46	20,0	20,0	547,7	547,5	37,5	37,5	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,293	9,91	Denegado
ÑO	22,00	26,40	20,0	20,1	547,7	538,1	37,5	36,4	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,297	10,04	Aprobado
O4	0,49	0,59	20,0	20,0	539,4	539,2	36,6	36,5	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,296	10,02	Aprobado
LP	52,48	62,98	570,0	580,0	572,1	544,4	40,3	37,1	0,050	0,050	644,4	88,60	50	0,294	26,07	Aprobado
PQ	2,16	2,59	240,0	240,2	544,6	543,8	37,1	37,0	0,032	0,032	267,5	58,40	40	0,294	17,20	Aprobado
QR	10,80	12,96	120,0	120,4	542,8	540,9	36,9	36,7	0,016	0,016	121,7	36,47	32	0,296	10,78	Aprobado
QS	33,12	39,74	120,0	121,3	542,8	537,1	36,9	36,3	0,016	0,016	121,7	36,47	32	0,297	10,85	Aprobado
PT	75,40	90,48	330,0	338,3	544,6	429,3	37,1	25,4	0,130	0,130	367,2	110,10	32	0,355	39,13	Aprobado
TU	2,79	3,35	80,0	80,1	430,6	429,4	25,5	25,4	0,032	0,032	80,6	43,34	25	0,355	15,40	Aprobado
U1	8,02	9,62	20,0	20,1	425,6	421,4	25,0	24,6	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,360	12,18	Aprobado

Tabla 57. Cálculo de tuberías de vapor, diseño preliminar (continuación)

ID	Largo (m)	Largo equivalente (m)	Flujo másico (kg/h)	Flujo másico equivalente (kg/h)	Presión de entrada (kPa)	Presión de salida (kPa)	P1	P2	F	F utilizado	x(kg/h)	y	Diámetro (mm)	Volumen específico (m ³ /kg)	Velocidad (m/s)	Condición
UV	4,60	5,52	80,0	80,1	425,6	423,7	25,0	24,8	0,032	0,032	80,6	43,34	25	0,359	15,55	Aprobado
V2	3,90	4,68	20,0	20,0	423,4	421,4	24,8	24,6	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,360	12,18	Aprobado
VW	4,60	5,52	80,0	80,1	423,4	421,5	24,8	24,6	0,032	0,032	80,6	43,34	25	0,360	15,61	Aprobado
W3	3,86	4,63	20,0	20,0	421,3	419,2	24,6	24,4	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,361	12,22	Aprobado
WX	2,30	2,76	80,0	80,1	421,3	420,3	24,6	24,5	0,032	0,032	80,6	43,34	25	0,361	15,64	Aprobado
X4	7,91	9,49	20,0	20,1	419,9	415,7	24,5	24,1	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,364	12,30	Aprobado
XY	2,30	2,76	60,0	60,0	419,9	418,0	24,5	24,3	0,063	0,063	62,6	53,23	20	0,362	19,28	Aprobado
Y5	3,82	4,58	20,0	20,0	417,4	415,4	24,3	24,1	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,364	12,30	Aprobado
YZ	4,60	5,52	40,0	40,1	417,4	415,4	24,3	24,1	0,032	0,032	43,9	37,32	20	0,364	13,57	Aprobado
Z6	3,78	4,54	20,0	20,0	415,3	413,3	24,1	23,9	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,365	12,35	Aprobado
ZAA	4,60	5,52	20,0	20,0	415,3	412,8	24,1	23,9	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,365	12,35	Aprobado
AA7	7,82	9,38	20,0	20,1	412,9	408,7	23,9	23,5	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,368	12,44	Aprobado
TAB	13,55	16,26	330,0	331,5	430,6	421,8	25,5	24,7	0,050	0,050	338,8	73,96	40	0,360	26,62	Aprobado
ABAC	31,23	37,48	250,0	252,6	421,9	417,7	24,7	24,3	0,010	0,010	275,0	37,82	40	0,362	13,70	Aprobado
ABAD	14,10	16,92	80,0	80,4	421,9	415,9	24,7	24,1	0,032	0,032	80,6	43,34	25	0,363	15,75	Aprobado
AD1	8,00	9,60	20,0	20,1	412,2	407,9	23,8	23,4	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,368	12,46	Aprobado
ADAE	4,30	5,16	80,0	80,1	412,2	410,4	23,8	23,6	0,032	0,032	80,6	43,34	25	0,367	15,90	Aprobado
AE2	3,90	4,68	20,0	20,0	410,1	408,0	23,6	23,4	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,368	12,46	Aprobado

Tabla 57. Cálculo de tuberías de vapor, diseño preliminar (continuación)

ID	Largo (m)	Largo equivalente (m)	Flujo másico (kg/h)	Flujo másico equivalente (kg/h)	Presión de entrada (kPa)	Presión de salida (kPa)	P1	P2	F	F utilizado	x(kg/h)	y	Diámetro (mm)	Volumen específico (m ³ /kg)	Velocidad (m/s)	Condición
AEAF	4,30	5,16	80,0	80,1	410,1	408,3	23,6	23,5	0,032	0,032	80,6	43,34	25	0,368	15,96	Aprobado
AF3	3,86	4,63	20,0	20,0	408,0	405,9	23,4	23,2	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,370	12,51	Aprobado
AFAG	2,40	2,88	80,0	80,1	408,0	407,0	23,4	23,3	0,032	0,032	80,6	43,34	25	0,369	16,00	Aprobado
AG4	7,91	9,49	20,0	20,1	406,6	402,3	23,3	22,9	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,372	12,59	Aprobado
AGAH	2,40	2,88	60,0	60,0	406,6	404,5	23,3	23,1	0,063	0,063	62,6	53,23	20	0,371	19,74	Aprobado
AH5	3,82	4,58	20,0	20,0	403,9	401,9	23,1	22,9	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,373	12,60	Aprobado
AHAI	4,30	5,16	40,0	40,1	403,9	402,1	23,1	22,9	0,032	0,032	43,9	37,32	20	0,373	13,90	Aprobado
AI6	3,78	4,54	20,0	20,0	401,9	399,9	22,9	22,7	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,374	12,65	Aprobado
AIAJ	4,31	5,17	20,0	20,0	401,9	399,6	22,9	22,7	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,374	12,66	Aprobado
AJ7	7,82	9,38	20,0	20,1	399,6	395,3	22,7	22,3	0,040	0,040	21,2	33,82	15	0,377	12,76	Aprobado
HAK	204,04	244,85	25,6	27,3	603,2	462,2	43,9	28,5	0,063	0,063	27,4	43,57	15	0,335	14,58	Aprobado
HAL	29,19	35,02	25,6	25,8	603,2	584,6	43,9	41,7	0,063	0,063	27,4	43,57	15	0,278	12,12	Aprobado
SAM	5,27	6,32	120,0	120,2	40,0	39,7	2,0	1,9	0,00063	0,00063	129,6	10,22	65	1,226	12,53	Aprobado

Fuente: Propia.

Nota: El diámetro de 15 mm es el mínimo encontrado en la guía de diseño.

Tabla 58. Cálculo de tuberías de vapor, comprobación

ID	Codos		Uniones T		Válvula compuerta		Válvula Globo		Longitud equivalente final (m)	P2 nuevo	Presión de salida (kPa)	Volumen específico (m ³ /kg)	Velocidad (m/s)	Condición
	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)						
AC	3	6,1	1	12,2	2	1,6	0	68,9	50,24	44,4	606,9	0,270	28,26	Aprobado
BC	2	6,1	0	12,2	2	1,6	0	68,9	25,19	44,7	609,6	0,269	28,18	Aprobado
AD	2	0,6	0	1,3	2	0,2	0	7,1	10,23	44,4	607,0	0,270	14,37	Aprobado
BE	2	0,6	0	1,3	2	0,2	0	7,1	10,23	44,4	607,0	0,270	14,37	Aprobado
CF	4	3,1	1	6,1	1	0,8	0	34,8	54,33	41,7	584,2	0,278	38,07	Aprobado
CAN	5	0,6	1	1,3	1	0,2	0	7,1	9,26	43,9	603,2	0,271	12,77	Aprobado
CAÑ	0	3,1	0	6,1	1	0,8	0	34,8	1,10	44,4	606,7	0,270	29,30	Aprobado
FG	3	3,1	0	6,1	1	0,8	0	34,8	21,13	41,0	578,5	0,281	30,45	Aprobado
GH	2	3,1	3	6,1	1	0,8	0	34,8	41,75	40,7	575,6	0,282	14,69	Aprobado
HC540	2	4,6	3	9,2	0	1,2	1	52,4	94,90	14,7	298,6	0,462	10,41	Aprobado
GI	2	3,1	3	6,1	1	0,8	0	34,8	44,51	40,7	575,6	0,282	12,94	Aprobado
IC536	2	4,6	3	9,2	0	1,2	1	52,4	99,70	10,1	228,6	0,554	11,07	Aprobado
GJ	2	1,1	3	2,1	1	0,3	0	11,9	31,41	40,4	573,0	0,283	11,60	Aprobado
JC570	2	1,1	3	2,1	0	0,3	1	11,9	29,63	14,2	291,4	0,470	19,26	Aprobado
GK	2	1,2	3	2,5	1	0,3	0	13,9	35,20	39,9	568,6	0,285	16,62	Aprobado
KC580	1	1,6	3	3,2	0	0,4	1	17,9	39,27	9,8	223,3	0,563	18,91	Aprobado
FL	0	1,6	1	3,2	1	0,4	0	17,9	22,50	40,3	572,1	0,283	28,31	Aprobado

Tabla 58. Cálculo de tuberías de vapor, comprobación (continuación)

ID	Codos		Uniones T		Válvula compuerta		Válvula Globo		Longitud equivalente final (m)	P2 nuevo	Presión de salida (kPa)	Volumen específico (m ³ /kg)	Velocidad (m/s)	Condición
	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)						
LM	3	0,8	1	1,6	1	0,2	0	9,1	15,91	39,7	567,7	0,285	12,35	Aprobado
M1	1	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	1,05	39,7	567,3	0,285	9,64	Denegado
MN	0	0,6	1	1,3	0	0,2	0	7,1	23,30	38,3	554,9	0,290	15,44	Aprobado
N2	1	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	1,16	38,2	554,5	0,290	9,81	Denegado
NÑ	1	0,6	2	1,3	0	0,2	0	7,1	25,20	37,5	547,7	0,293	10,93	Aprobado
Ñ3	1	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	0,98	37,4	547,3	0,293	9,91	Denegado
ÑO	0	0,5	1	0,9	0	0,1	0	5,4	22,90	36,6	539,4	0,296	10,02	Aprobado
O4	1	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	1,09	36,5	539,0	0,296	10,03	Aprobado
LP	2	1,6	2	3,2	1	0,4	0	17,9	62,48	37,1	544,6	0,294	26,06	Aprobado
PQ	1	1,2	1	2,5	1	0,3	0	13,9	6,16	36,9	542,8	0,295	17,22	Aprobado
QR	2	1,1	1	2,1	1	0,3	1	11,9	27,30	36,5	538,9	0,297	10,82	Aprobado
QS	2	1,1	2	2,1	2	0,3	0	11,9	40,12	36,3	537,0	0,297	10,85	Aprobado
PT	5	1,1	4	2,1	1	0,3	0	11,9	89,60	25,5	430,6	0,355	39,04	Aprobado
TU	1	0,8	1	1,6	0	0,2	1	9,1	14,29	25,0	425,6	0,359	15,58	Aprobado
U1	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	9,12	24,7	421,6	0,360	12,18	Aprobado
UV	0	0,8	1	1,6	0	0,2	0	9,1	6,20	24,8	423,4	0,359	15,56	Aprobado
V2	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	5,00	24,6	421,3	0,360	12,18	Aprobado

Tabla 58. Cálculo de tuberías de vapor, comprobación (continuación)

ID	Codos		Uniones T		Válvula compuerta		Válvula Globo		Longitud equivalente final (m)	P2 nuevo	Presión de salida (kPa)	Volumen específico (m ³ /kg)	Velocidad (m/s)	Condición
	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)						
VW	0	0,8	1	1,6	0	0,2	0	9,1	6,20	24,6	421,3	0,360	15,61	Aprobado
W3	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	4,96	24,4	419,1	0,362	12,23	Aprobado
WX	0	0,8	1	1,6	0	0,2	0	9,1	3,90	24,5	419,9	0,361	15,65	Aprobado
X4	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	9,01	24,1	415,9	0,363	12,29	Aprobado
XY	0	0,6	1	1,3	0	0,2	0	7,1	3,60	24,3	417,4	0,363	19,30	Aprobado
Y5	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	4,92	24,1	415,2	0,364	12,31	Aprobado
YZ	0	0,6	1	1,3	0	0,2	0	7,1	5,90	24,1	415,3	0,364	13,58	Aprobado
Z6	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	4,88	23,9	413,1	0,365	12,35	Aprobado
ZAA	0	0,5	1	0,9	0	0,1	0	5,4	5,50	23,9	412,9	0,365	12,35	Aprobado
AA7	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	8,92	23,5	408,9	0,368	12,44	Aprobado
TAB	0	1,2	1	2,5	0	0,3	0	13,9	16,05	24,7	421,9	0,360	26,62	Aprobado
ABAC	3	1,6	2	3,2	1	0,4	1	17,9	60,73	24,1	415,1	0,364	13,76	Aprobado
ABAD	1	0,8	2	1,6	0	0,2	1	9,1	27,20	23,8	412,2	0,366	15,85	Aprobado
AD1	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	9,10	23,4	408,1	0,368	12,46	Aprobado
ADAE	0	0,8	1	1,6	0	0,2	0	9,1	5,90	23,6	410,1	0,367	15,90	Aprobado
AE2	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	5,00	23,4	407,9	0,368	12,46	Aprobado
AEAF	0	0,8	1	1,6	0	0,2	0	9,1	5,90	23,4	408,0	0,368	15,97	Aprobado

Tabla 58. Cálculo de tuberías de vapor, comprobación (continuación)

ID	Codos		Uniones T		Válvula compuerta		Válvula Globo		Longitud equivalente final (m)	P2 nuevo	Presión de salida (kPa)	Volumen específico (m ³ /kg)	Velocidad (m/s)	Condición
	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)	Cant	Longitud Equivalente (m)						
AF3	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	4,96	23,2	405,8	0,370	12,51	Aprobado
AFAG	0	0,8	1	1,6	0	0,2	0	9,1	4,00	23,3	406,6	0,369	15,99	Aprobado
AG4	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	9,01	22,9	402,5	0,372	12,59	Aprobado
AGAH	0	0,6	1	1,3	0	0,2	0	7,1	3,70	23,1	403,9	0,371	19,76	Aprobado
AH5	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	4,92	22,9	401,7	0,373	12,61	Aprobado
AHAI	0	0,6	1	1,3	0	0,2	0	7,1	5,60	22,9	401,9	0,373	13,91	Aprobado
AI6	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	4,88	22,7	399,7	0,374	12,66	Aprobado
AIAJ	0	0,5	1	0,9	0	0,1	0	5,4	5,21	22,7	399,6	0,374	12,66	Aprobado
AJ7	2	0,5	0	0,9	1	0,1	0	5,4	8,92	22,3	395,5	0,377	12,76	Aprobado
HAK	185	0,5	8	0,9	3	0,1	0	5,4	304,04	24,8	422,8	0,359	15,65	Aprobado
HAL	15	0,5	1	0,9	2	0,1	0	5,4	37,79	41,5	583,2	0,279	12,14	Aprobado
SAM	2	1,9	1	3,8	1	0,5	1	21,3	34,67	1,9	38,3	1,232	12,59	Aprobado

Fuente: Propia.

Anexo 2. Cálculo de cabezales

Tabla 59. Cálculo de cabezales de vapor

Id	Flujo másico (kg/h)	Presión cabezal (kPa)	Volumen específico (m ³ /kg)	Caudal (m ³ /s)	Velocidad recomendada (m/s)	Diámetro interno (mm)	Diámetro nominal seleccionado (mm)	Diámetro interno seleccionado (mm)	Velocidad (m/s)	Condición	Largo (m)
C	11200	606,9	0,2691	0,837	20	230,9	250	254,5	16,5	Aprobado	2,13
G	3116,2	578,5	0,2806	0,243	20	124,4	150	154,1	13,0	Denegado	2,56

Fuente: Propia.

Nota: El diámetro de 100 mm subsiguiente en el cabezal G produciría una velocidad en el mismo superior a los 25 m/s, por lo tanto, se selecciona un tamaño de 150 mm.

Anexo 3. Cálculo de aislamiento

Tabla 60. Datos de entrada para cálculo de aislamiento

Id	Velocidad del viento (km/h)	Velocidad del viento (m/s)	Presión manométrica (kPa)	Presión absoluta (kPa)	Temperatura interna (°C)	Diámetro nominal tubo (mm)
AC	3	0,83	612,3	704,0	165,0	200
BC	3	0,83	612,3	704,0	165,0	200
AD	3	0,83	612,3	704,0	165,0	20
BE	3	0,83	612,3	704,0	165,0	20

Tabla 60. Datos de entrada para cálculo de aislamiento (continuación)

Id	Velocidad del viento (km/h)	Velocidad del viento (m/s)	Presión manométrica (kPa)	Presión absoluta (kPa)	Temperatura interna (°C)	Diámetro nominal tubo (mm)
CF	14	3,89	606,9	698,7	164,7	100
CAN	14	3,89	606,9	698,7	164,7	20
CAÑ	14	3,89	606,9	698,7	164,7	100
FG	3	0,83	584,2	676,0	163,3	100
GH	3	0,83	578,5	670,3	163,0	100
HC540	3	0,83	300,0	391,8	142,7	150
GI	3	0,83	578,5	670,3	163,0	100
IC536	3	0,83	230,0	321,8	135,7	150
GJ	3	0,83	578,5	670,3	163,0	32
JC570	3	0,83	300,0	391,8	142,7	32
GK	3	0,83	578,5	670,3	163,0	40
KC580	3	0,83	230,0	321,8	135,7	50
FL	14	3,89	584,2	676,0	163,3	50
LM	18	5,00	572,1	663,9	162,7	25
M1	18	5,00	567,7	659,5	162,4	15
MN	18	5,00	567,7	659,5	162,4	20

Tabla 60. Datos de entrada para cálculo de aislamiento (continuación)

Id	Velocidad del viento (km/h)	Velocidad del viento (m/s)	Presión manométrica (kPa)	Presión absoluta (kPa)	Temperatura interna (°C)	Diámetro nominal tubo (mm)
N2	18	5,00	554,9	646,7	161,7	15
NÑ	18	5,00	554,9	646,7	161,7	20
Ñ3	18	5,00	547,7	639,4	161,2	15
ÑO	18	5,00	547,7	639,4	161,2	15
O4	18	5,00	539,4	631,2	160,8	15
LP	14	3,89	572,1	663,9	162,7	50
PQ	14	3,89	544,6	636,4	161,1	40
QS	18	5,00	542,8	634,6	161,0	32
QR	3	0,83	542,8	634,6	161,0	32
PT	14	3,89	544,6	636,4	161,1	40
TU	3	0,83	430,6	522,3	153,3	25
U1	3	0,83	425,6	517,4	152,9	15
UV	3	0,83	425,6	517,4	152,9	25
V2	3	0,83	423,4	515,2	152,8	15
VW	3	0,83	423,4	515,2	152,8	25
W3	3	0,83	421,3	513,1	152,6	15

Tabla 60. Datos de entrada para cálculo de aislamiento (continuación)

Id	Velocidad del viento (km/h)	Velocidad del viento (m/s)	Presión manométrica (kPa)	Presión absoluta (kPa)	Temperatura interna (°C)	Diámetro nominal tubo (mm)
WX	3	0,83	421,3	513,1	152,6	25
X4	3	0,83	419,9	511,7	152,5	15
XY	3	0,83	419,9	511,7	152,5	20
Y5	3	0,83	417,4	509,2	152,4	15
YZ	3	0,83	417,4	509,2	152,4	20
Z6	3	0,83	415,3	507,1	152,2	15
ZAA	3	0,83	415,3	507,1	152,2	15
AA7	3	0,83	412,9	504,6	152,0	15
TAB	3	0,83	430,6	522,3	153,3	40
ABAC	18	5,00	421,9	513,7	152,7	50
ABAD	3	0,83	421,9	513,7	152,7	25
AD1	3	0,83	412,2	504,0	152,0	15
ADAE	3	0,83	412,2	504,0	152,0	25
AE2	3	0,83	410,1	501,9	151,8	15
AEAF	3	0,83	410,1	501,9	151,8	25
AF3	3	0,83	408,0	499,8	151,7	15

Tabla 60. Datos de entrada para cálculo de aislamiento (continuación)

Id	Velocidad del viento (km/h)	Velocidad del viento (m/s)	Presión manométrica (kPa)	Presión absoluta (kPa)	Temperatura interna (°C)	Diámetro nominal tubo (mm)
AFAG	3	0,83	408,0	499,8	151,7	25
AG4	3	0,83	406,6	498,4	151,6	15
AGAH	3	0,83	406,6	498,4	151,6	20
AH5	3	0,83	403,9	495,7	151,4	15
AHAI	3	0,83	403,9	495,7	151,4	20
AI6	3	0,83	401,9	493,7	151,3	15
AIAJ	3	0,83	401,9	493,7	151,3	15
AJ7	3	0,83	399,6	491,4	151,1	15
SAM	18	5,00	40,0	131,8	107,3	65

Fuente: Propia.

Nota: Los aislamientos de las tuberías HAK, y HAL fueron previamente seleccionados en la sección 3.2.3.

Tabla 61. Cálculo de la resistencia de convección interna

Tubería	Velocidad (m/s)	Diámetro interno del tubo (mm)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Reynolds	Prandtl	Nusselt	Coefficiente de conducción (W/mK)	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia de convección (m ² C/W)
AC	28,26	202,7	3,99E-06	1436693	1,050	1971	0,0339	329,5	0,0048
BC	28,18	202,7	3,99E-06	1432431	1,050	1966	0,0339	328,8	0,0048
AD	14,37	20,9	3,99E-06	75407	1,050	187	0,0339	302,0	0,0504
BE	14,37	20,9	3,99E-06	75407	1,050	187	0,0339	302,0	0,0504
CF	38,07	102,3	4,01E-06	970120	1,050	1440	0,0338	476,5	0,0065
CG	12,77	20,9	4,01E-06	66659	1,050	169	0,0338	272,9	0,0557
CAN	29,30	102,3	4,01E-06	747069	1,050	1168	0,0338	386,1	0,0081
FG	30,45	102,3	4,12E-06	755156	1,050	1178	0,0336	387,5	0,0080
GH	14,69	102,3	4,15E-06	361802	1,050	654	0,0336	214,8	0,0145
HC540	10,41	154,1	6,56E-06	244519	1,020	473	0,0305	93,7	0,0220
GI	12,94	102,3	4,15E-06	318833	1,050	591	0,0336	194,1	0,0160
IC536	11,07	154,1	7,79E-06	219008	1,016	433	0,0295	83,1	0,0249
GJ	11,60	35,1	4,15E-06	97922	1,050	230	0,0336	220,2	0,0412
JC570	19,26	35,1	6,56E-06	102887	1,020	237	0,0305	206,1	0,0441
GK	16,62	40,9	4,15E-06	163732	1,050	347	0,0336	284,8	0,0273

Tabla 61. Cálculo de la resistencia de convección interna (continuación)

Tubería	Velocidad (m/s)	Diámetro interno del tubo (mm)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Reynolds	Prandtl	Nusselt	Coefficiente de conducción (W/mK)	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia de convección (m ^o C/W)
KC580	18,91	52,5	7,79E-06	127493	1,016	281	0,0295	158,0	0,0384
FL	28,31	52,5	4,12E-06	360553	1,050	652	0,0336	417,8	0,0145
LM	12,35	26,6	4,18E-06	78685	1,050	193	0,0335	242,8	0,0492
M1	9,64	15,8	4,20E-06	36242	1,050	104	0,0335	220,0	0,0916
MN	15,44	20,9	4,20E-06	76881	1,050	189	0,0335	303,1	0,0502
N2	9,81	15,8	4,26E-06	36359	1,050	104	0,0334	219,8	0,0917
NÑ	10,93	20,9	4,26E-06	53655	1,050	142	0,0334	226,5	0,0672
Ñ3	9,91	15,8	4,30E-06	36421	1,050	104	0,0333	219,6	0,0917
ÑO	10,02	15,8	4,30E-06	36822	1,050	105	0,0333	221,6	0,0909
O4	10,03	15,8	4,34E-06	36507	1,050	104	0,0332	219,5	0,0918
LP	26,06	52,5	4,18E-06	327239	1,050	604	0,0335	385,4	0,0157
PQ	17,22	40,9	4,31E-06	163225	1,050	346	0,0333	281,5	0,0277
QS	10,82	35,1	4,32E-06	87697	1,050	210	0,0333	199,7	0,0455
QR	10,85	35,1	4,32E-06	87973	1,050	211	0,0333	200,2	0,0454
PT	39,04	35,1	4,31E-06	317199	1,050	589	0,0333	558,7	0,0163
TU	15,58	26,6	5,14E-06	80791	1,030	196	0,0321	235,9	0,0507

Tabla 61. Cálculo de la resistencia de convección interna (continuación)

Tubería	Velocidad (m/s)	Diámetro interno del tubo (mm)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Reynolds	Prandtl	Nusselt	Coefficiente de conducción (W/mK)	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia de convección (m ^o C/W)
U1	12,18	15,8	5,18E-06	37169	1,029	105	0,0320	213,3	0,0944
UV	15,56	26,6	5,18E-06	80088	1,029	194	0,0320	233,8	0,0511
V2	12,18	15,8	5,19E-06	37073	1,028	105	0,0320	212,7	0,0947
VW	15,61	26,6	5,19E-06	80120	1,028	194	0,0320	233,6	0,0511
W3	12,23	15,8	5,21E-06	37088	1,028	105	0,0320	212,6	0,0948
WX	15,65	26,6	5,21E-06	80046	1,028	194	0,0320	233,3	0,0512
X4	12,29	15,8	5,22E-06	37209	1,028	105	0,0320	213,0	0,0946
XY	19,30	20,9	5,22E-06	77393	1,028	189	0,0320	288,9	0,0526
Y5	12,31	15,8	5,24E-06	37115	1,027	105	0,0320	212,4	0,0949
YZ	13,58	20,9	5,24E-06	54248	1,027	142	0,0320	217,2	0,0700
Z6	12,35	15,8	5,25E-06	37128	1,027	105	0,0319	212,3	0,0949
ZAA	12,35	15,8	5,25E-06	37145	1,027	105	0,0319	212,3	0,0949
AA7	12,44	15,8	5,27E-06	37265	1,026	105	0,0319	212,7	0,0947
TAB	26,62	40,9	5,14E-06	211867	1,030	423	0,0321	332,3	0,0234
ABAC	13,76	52,5	5,20E-06	138856	1,028	302	0,0320	184,0	0,0330
ABAD	15,85	26,6	5,20E-06	81143	1,028	196	0,0320	235,9	0,0506

Tabla 61. Cálculo de la resistencia de convección interna (continuación)

Tubería	Velocidad (m/s)	Diámetro interno del tubo (mm)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Reynolds	Prandtl	Nusselt	Coefficiente de conducción (W/mK)	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia de convección (m ^o C/W)
AD1	12,46	15,8	5,28E-06	37282	1,026	105	0,0319	212,7	0,0947
ADAE	15,90	26,6	5,28E-06	80277	1,026	195	0,0319	232,9	0,0513
AE2	12,46	15,8	5,29E-06	37189	1,026	105	0,0319	212,1	0,0950
AEAF	15,97	26,6	5,29E-06	80354	1,026	195	0,0319	232,9	0,0513
AF3	12,51	15,8	5,31E-06	37223	1,025	105	0,0319	212,1	0,0950
AFAG	15,99	26,6	5,31E-06	80246	1,025	194	0,0319	232,5	0,0514
AG4	12,59	15,8	5,32E-06	37377	1,025	106	0,0318	212,7	0,0947
AGAH	19,76	20,9	5,32E-06	77723	1,025	190	0,0318	288,3	0,0527
AH5	12,61	15,8	5,34E-06	37288	1,024	105	0,0318	212,0	0,0950
AHAI	13,91	20,9	5,34E-06	54490	1,024	143	0,0318	216,8	0,0702
AI6	12,66	15,8	5,36E-06	37321	1,024	105	0,0318	212,0	0,0950
AIAJ	12,66	15,8	5,36E-06	37331	1,024	105	0,0318	212,1	0,0950
AJ7	12,76	15,8	5,38E-06	37491	1,023	106	0,0318	212,6	0,0948
SAK	14,37	62,7	1,67E-05	53950	1,000	140	0,0259	57,98	0,0875

Fuente: Propia.

Tabla 62. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono

Tubería	Coefficiente de conducción (W/mK)	Diámetro interno del tubo (mm)	Espesor tubo (mm)	Diámetro externo del tubo (mm)	Resistencia del tubo (m°C/W)
AC	47,4	202,7	8,18	219,1	2,60E-04
BC	47,4	202,7	8,18	219,1	2,60E-04
AD	47,4	20,9	2,87	26,7	8,13E-04
BE	47,4	20,9	2,87	26,7	8,13E-04
CF	47,5	102,3	6,02	114,3	3,73E-04
CG	47,5	20,9	2,87	26,7	8,13E-04
CAN	47,5	102,3	6,02	114,3	3,73E-04
FG	47,5	102,3	6,02	114,3	3,73E-04
GH	47,5	102,3	6,02	114,3	3,73E-04
HC540	48,1	154,1	7,11	168,3	2,92E-04
GI	47,5	102,3	6,02	114,3	3,73E-04
IC536	48,3	154,1	7,11	168,3	2,91E-04
GJ	47,5	35,1	3,56	42,2	6,19E-04
JC570	48,1	35,1	3,56	42,2	6,12E-04
GK	47,5	40,9	3,68	48,3	5,55E-04
KC580	48,3	52,5	3,91	60,3	4,58E-04
FL	47,5	52,5	3,91	60,3	4,65E-04

Tabla 62. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/mK)	Diámetro interno del tubo (mm)	Espesor tubo (mm)	Diámetro externo del tubo (mm)	Resistencia del tubo (m°C/W)
LM	47,5	26,6	3,38	33,4	7,57E-04
M1	47,5	15,8	2,77	21,3	1,01E-03
MN	47,5	20,9	2,87	26,7	8,12E-04
N2	47,5	15,8	2,77	21,3	1,01E-03
NÑ	47,5	20,9	2,87	26,7	8,11E-04
Ñ3	47,6	15,8	2,77	21,3	1,01E-03
ÑO	47,6	15,8	2,77	21,3	1,01E-03
O4	47,6	15,8	2,77	21,3	1,01E-03
LP	47,5	52,5	3,91	60,3	4,65E-04
PQ	47,6	40,9	3,68	48,3	5,54E-04
QS	47,6	35,1	3,56	42,2	6,18E-04
QR	47,6	35,1	3,56	42,2	6,18E-04
PT	47,6	35,1	3,56	42,2	6,18E-04
TU	47,8	26,6	3,38	33,4	7,53E-04
U1	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
UV	47,8	26,6	3,38	33,4	7,53E-04
V2	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03

Tabla 62. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/mK)	Diámetro interno del tubo (mm)	Espesor tubo (mm)	Diámetro externo del tubo (mm)	Resistencia del tubo (m°C/W)
VW	47,8	26,6	3,38	33,4	7,53E-04
W3	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
WX	47,8	26,6	3,38	33,4	7,53E-04
X4	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
XY	47,8	20,9	2,87	26,7	8,07E-04
Y5	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
YZ	47,8	20,9	2,87	26,7	8,07E-04
Z6	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
ZAA	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
AA7	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
TAB	47,8	40,9	3,68	48,3	5,52E-04
ABAC	47,8	52,5	3,91	60,3	4,63E-04
ABAD	47,8	26,6	3,38	33,4	7,53E-04
AD1	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
ADAE	47,8	26,6	3,38	33,4	7,52E-04
AE2	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
AEAF	47,8	26,6	3,38	33,4	7,52E-04

Tabla 62. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/mK)	Diámetro interno del tubo (mm)	Espesor tubo (mm)	Diámetro externo del tubo (mm)	Resistencia del tubo (m°C/W)
AF3	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
AFAG	47,8	26,6	3,38	33,4	7,52E-04
AG4	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
AGAH	47,8	20,9	2,87	26,7	8,07E-04
AH5	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
AHAI	47,8	20,9	2,87	26,7	8,07E-04
AI6	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
AIAJ	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
AJ7	47,8	15,8	2,77	21,3	1,00E-03
SAK	49,1	62,7	5,16	73,0	4,94E-04

Fuente: Propia.

Tabla 63. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral

Tubería	Coefficiente de conducción (W/m°C)	Diámetro Interno (mm)	Espesor (mm)	Diámetro externo (mm)	Resistencia aislamiento (m°C/W)
AC	0,0451	219,1	40	299,1	1,10
BC	0,0451	219,1	40	299,1	1,10
AD	0,0451	26,7	25	76,7	3,73

Tabla 63. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/m°C)	Diámetro Interno (mm)	Espesor (mm)	Diámetro externo (mm)	Resistencia aislamiento (m°C/W)
BE	0,0451	26,7	25	76,7	3,73
CF	0,0451	114,3	25	164,3	1,28
CG	0,0451	26,7	25	76,7	3,73
CAN	0,0451	114,3	25	164,3	1,28
FG	0,0450	114,3	25	164,3	1,28
GH	0,0449	114,3	25	164,3	1,29
HC540	0,0434	168,3	25	218,3	0,95
GI	0,0449	114,3	25	164,3	1,29
IC536	0,0428	168,3	25	218,3	0,97
GJ	0,0449	42,2	25	92,2	2,77
JC570	0,0434	42,2	25	92,2	2,87
GK	0,0449	48,3	25	98,3	2,52
KC580	0,0428	60,3	25	110,3	2,24
FL	0,0450	60,3	25	110,3	2,14
LM	0,0449	33,4	25	83,4	3,24
M1	0,0449	21,3	25	71,3	4,28
MN	0,0449	26,7	25	76,7	3,74

Tabla 63. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/m°C)	Diámetro Interno (mm)	Espesor (mm)	Diámetro externo (mm)	Resistencia aislamiento (m°C/W)
N2	0,0448	21,3	25	71,3	4,28
NN	0,0448	26,7	25	76,7	3,75
Ñ3	0,0448	21,3	25	71,3	4,29
ÑO	0,0448	21,3	25	71,3	4,29
O4	0,0448	21,3	25	71,3	4,29
LP	0,0449	60,3	25	110,3	2,14
PQ	0,0448	48,3	25	98,3	2,53
QS	0,0448	42,2	25	92,2	2,78
QR	0,0448	42,2	25	92,2	2,78
PT	0,0448	42,2	25	92,2	2,78
TU	0,0442	33,4	25	83,4	3,30
U1	0,0442	21,3	25	71,3	4,35
UV	0,0442	33,4	25	83,4	3,30
V2	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
VW	0,0441	33,4	25	83,4	3,30
W3	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
WX	0,0441	33,4	25	83,4	3,30

Tabla 63. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/m°C)	Diámetro Interno (mm)	Espesor (mm)	Diámetro externo (mm)	Resistencia aislamiento (m°C/W)
X4	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
XY	0,0441	26,7	25	76,7	3,81
Y5	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
YZ	0,0441	26,7	25	76,7	3,81
Z6	0,0441	21,3	25	71,3	4,36
ZAA	0,0441	21,3	25	71,3	4,36
AA7	0,0441	21,3	25	71,3	4,36
TAB	0,0442	48,3	25	98,3	2,56
ABAC	0,0441	60,3	25	110,3	2,18
ABAD	0,0441	33,4	25	83,4	3,30
AD1	0,0441	21,3	25	71,3	4,36
ADAE	0,0441	33,4	25	83,4	3,30
AE2	0,0441	21,3	25	71,3	4,36
AEAF	0,0441	33,4	25	83,4	3,30
AF3	0,0441	21,3	25	71,3	4,36
AFAG	0,0441	33,4	25	83,4	3,31
AG4	0,0441	21,3	25	71,3	4,36

Tabla 63. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/m°C)	Diámetro Interno (mm)	Espesor (mm)	Diámetro externo (mm)	Resistencia aislamiento (m°C/W)
AGAH	0,0441	26,7	25	76,7	3,82
AH5	0,0440	21,3	25	71,3	4,36
AHAI	0,0440	26,7	25	76,7	3,82
AI6	0,0440	21,3	25	71,3	4,36
AIAJ	0,0440	21,3	25	71,3	4,36
AJ7	0,0440	21,3	25	71,3	4,36
SAK	0,0406	73,0	25	123,0	2,04

Fuente: Propia.

Tabla 64. Cálculo de la resistencia de convección externa

Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Diámetro externo (mm)	Reynolds	Nusselt	Coefficiente de convección (W/m²K)	Resistencia del aire (m°C/W)
AC	0,83	299,1	14643	65,1	5,8	0,184
BC	0,83	299,1	14643	65,1	5,8	0,184
AD	0,83	76,7	3754	28,4	9,9	0,421
BE	0,83	76,7	3754	28,4	9,9	0,421
CF	3,89	164,3	37541	116,5	18,9	0,103
CG	3,89	76,7	17518	72,7	25,2	0,164

Tabla 64. Cálculo de la resistencia de convección externa (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Diámetro externo (mm)	Reynolds	Nusselt	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia del aire (m°C/W)
CAN	3,89	164,3	37541	116,5	18,9	0,103
FG	0,83	164,3	8044	44,9	7,3	0,266
GH	0,83	164,3	8044	44,9	7,3	0,266
HC540	0,83	218,3	10687	53,6	6,5	0,223
GI	0,83	164,3	8044	44,9	7,3	0,266
IC536	0,83	218,3	10687	53,6	6,5	0,223
GJ	0,83	92,2	4513	31,4	9,1	0,380
JC570	0,83	92,2	4513	31,4	9,1	0,380
GK	0,83	98,3	4811	32,7	8,9	0,366
KC580	0,83	110,3	5402	35,1	8,5	0,340
FL	3,89	110,3	25208	91,0	22,0	0,131
LM	5,00	83,4	24501	89,5	28,6	0,134
M1	5,00	71,3	20957	81,2	30,3	0,147
MN	5,00	76,7	22524	84,9	29,5	0,141
N2	5,00	71,3	20957	81,2	30,3	0,147
NÑ	5,00	76,7	22524	84,9	29,5	0,141
Ñ3	5,00	71,3	20957	81,2	30,3	0,147

Tabla 64. Cálculo de la resistencia de convección externa (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Diámetro externo (mm)	Reynolds	Nusselt	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia del aire (m°C/W)
NO	5,00	71,3	20957	81,2	30,3	0,147
O4	5,00	71,3	20957	81,2	30,3	0,147
LP	3,89	110,3	25208	91,0	22,0	0,131
PQ	3,89	98,3	22451	84,8	23,0	0,141
QS	5,00	92,2	27075	95,2	27,5	0,126
QR	0,83	92,2	4513	31,4	9,1	0,380
PT	3,89	92,2	21058	81,5	23,5	0,147
TU	0,83	83,4	4083	29,6	9,4	0,405
U1	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
UV	0,83	83,4	4083	29,6	9,4	0,405
V2	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
VW	0,83	83,4	4083	29,6	9,4	0,405
W3	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
WX	0,83	83,4	4083	29,6	9,4	0,405
X4	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
XY	0,83	76,7	3754	28,4	9,9	0,421
Y5	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435

Tabla 64. Cálculo de la resistencia de convección externa (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Diámetro externo (mm)	Reynolds	Nusselt	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia del aire (m°C/W)
YZ	0,83	76,7	3754	28,4	9,9	0,421
Z6	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
ZAA	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
AA7	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
TAB	0,83	98,3	4811	32,7	8,9	0,366
ABAC	5,00	110,3	32410	106,3	25,7	0,112
ABAD	0,83	83,4	4083	29,6	9,4	0,405
AD1	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
ADAE	0,83	83,4	4083	29,6	9,4	0,405
AE2	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
AEAF	0,83	83,4	4083	29,6	9,4	0,405
AF3	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
AFAG	0,83	83,4	4083	29,6	9,4	0,405
AG4	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
AGAH	0,83	76,7	3754	28,4	9,9	0,421
AH5	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
AHAI	0,83	76,7	3754	28,4	9,9	0,421

Tabla 64. Cálculo de la resistencia de convección externa (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Diámetro externo (mm)	Reynolds	Nusselt	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia del aire (m°C/W)
AI6	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
AIAJ	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
AJ7	0,83	71,3	3493	27,5	10,3	0,435
SAK	5,00	123,0	36141	113,7	24,6	0,105

Fuente: Propia.

Tabla 65. Flujo de calor y temperaturas de interés

Tubería	Resistencia equivalente (m°C/W)	Transferencia de calor (W/m)	Temperatura interior del tubo (°C)	Temperatura exterior del tubo (°C)	Temperatura superficial (°C)	Condición
AC	1,29	108,7	164,4	164,4	45,0	Aprobado
BC	1,29	108,7	164,4	164,4	45,0	Aprobado
AD	4,20	33,3	163,3	163,3	39,0	Aprobado
BE	4,20	33,3	163,3	163,3	39,0	Aprobado
CF	1,39	100,4	164,0	164,0	35,3	Aprobado
CG	3,95	35,4	162,7	162,7	30,8	Aprobado
CAN	1,39	100,3	163,8	163,8	35,3	Aprobado
FG	1,56	88,8	162,6	162,6	48,6	Aprobado
GH	1,57	88,1	161,7	161,7	48,4	Aprobado
HC540	1,20	98,0	140,5	140,5	46,9	Aprobado
GI	1,57	88,0	161,6	161,6	48,4	Aprobado
IC536	1,22	91,0	133,4	133,4	45,3	Aprobado
GJ	3,19	43,2	161,2	161,2	41,4	Aprobado
JC570	3,30	35,7	141,1	141,1	38,6	Aprobado
GK	2,91	47,4	161,7	161,7	42,3	Aprobado
KC580	2,62	42,2	134,0	134,0	39,4	Aprobado
FL	2,28	60,6	162,5	162,4	33,0	Aprobado

Tabla 65. Flujo de calor y temperaturas de interés (continuación)

Tubería	Resistencia equivalente (m°C/W)	Transferencia de calor (W/m)	Temperatura interior del tubo (°C)	Temperatura exterior del tubo (°C)	Temperatura superficial (°C)	Condición
LM	3,43	40,2	160,7	160,6	30,4	Aprobado
M1	4,52	30,4	159,6	159,6	29,5	Aprobado
MN	3,94	34,9	160,6	160,6	29,9	Aprobado
N2	4,52	30,2	158,9	158,9	29,4	Aprobado
NÑ	3,96	34,5	159,3	159,3	29,9	Aprobado
Ñ3	4,53	30,1	158,5	158,5	29,4	Aprobado
ÑO	4,53	30,1	158,5	158,5	29,4	Aprobado
O4	4,53	30,0	158,0	158,0	29,4	Aprobado
LP	2,29	60,2	161,7	161,7	32,9	Aprobado
PQ	2,70	50,5	159,7	159,6	32,1	Aprobado
QS	2,95	46,1	158,9	158,8	30,8	Aprobado
QR	3,21	42,4	159,0	159,0	41,1	Aprobado
PT	2,94	46,2	160,3	160,3	31,8	Aprobado
TU	3,75	34,2	151,5	151,5	38,8	Aprobado
U1	4,88	26,2	150,5	150,4	36,4	Aprobado
UV	3,75	34,1	151,2	151,2	38,8	Aprobado
V2	4,88	26,2	150,3	150,3	36,4	Aprobado

Tabla 65. Flujo de calor y temperaturas de interés (continuación)

Tubería	Resistencia equivalente (m°C/W)	Transferencia de calor (W/m)	Temperatura interior del tubo (°C)	Temperatura exterior del tubo (°C)	Temperatura superficial (°C)	Condición
VW	3,76	34,0	151,0	151,0	38,8	Aprobado
W3	4,88	26,1	150,1	150,1	36,4	Aprobado
WX	3,76	34,0	150,9	150,9	38,7	Aprobado
X4	4,88	26,1	150,1	150,0	36,4	Aprobado
XY	4,28	29,8	151,0	150,9	37,5	Aprobado
Y5	4,89	26,1	149,9	149,9	36,3	Aprobado
YZ	4,30	29,6	150,3	150,3	37,5	Aprobado
Z6	4,89	26,0	149,7	149,7	36,3	Aprobado
ZAA	4,89	26,0	149,7	149,7	36,3	Aprobado
AA7	4,89	26,0	149,6	149,5	36,3	Aprobado
TAB	2,95	43,5	152,3	152,2	40,9	Aprobado
ABAC	2,32	55,0	150,9	150,8	31,2	Aprobado
ABAD	3,76	34,0	150,9	150,9	38,8	Aprobado
AD1	4,89	26,0	149,5	149,5	36,3	Aprobado
ADAE	3,76	33,8	150,3	150,2	38,7	Aprobado
AE2	4,89	25,9	149,4	149,3	36,3	Aprobado
AEAF	3,76	33,7	150,1	150,1	38,6	Aprobado

Tabla 65. Flujo de calor y temperaturas de interés (continuación)

Tubería	Resistencia equivalente (m°C/W)	Transferencia de calor (W/m)	Temperatura interior del tubo (°C)	Temperatura exterior del tubo (°C)	Temperatura superficial (°C)	Condición
AF3	4,89	25,9	149,2	149,2	36,3	Aprobado
AFAG	3,76	33,7	150,0	149,9	38,6	Aprobado
AG4	4,89	25,9	149,1	149,1	36,3	Aprobado
AGAH	4,29	29,5	150,0	150,0	37,4	Aprobado
AH5	4,89	25,8	148,9	148,9	36,2	Aprobado
AHAI	4,31	29,3	149,3	149,3	37,3	Aprobado
AI6	4,89	25,8	148,8	148,8	36,2	Aprobado
AIAJ	4,89	25,8	148,8	148,8	36,2	Aprobado
AJ7	4,90	25,8	148,7	148,6	36,2	Aprobado
SAK	2,24	36,8	104,0	104,0	28,9	Aprobado

Fuente: Propia.

Anexo 4. Selección de válvulas de vapor

Tabla 66. Selección de válvulas para tubería de vapor

Tubería	Tamaño (mm)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tipo	Cantidad	Conexión	Designación	Presión máxima a temperatura de operación (kPa)
AC	200	165,0	612,3	88,8	Compuerta	2	Bridada	8"-35-1-1-4	1525,9
BC	200	165,0	612,3	88,8	Compuerta	2	Bridada	8"-35-1-1-4	1525,9
AD	20	165,0	612,3	88,8	Compuerta	1	Roscada	3/4"-3483-4-TE	11928,4
					Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	5171,3
BE	20	165,0	612,3	88,8	Compuerta	1	Roscada	3/4"-3483-4-TE	11928,4
					Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	5171,3
CF	100	164,7	606,9	88,0	Compuerta	1	Bridada	4"-35-1-1-4	1530,7
CAN	20	164,7	606,9	88,0	Compuerta	1	Roscada	3/4"-3483-4-TE	11928,4
CAÑ	100	164,7	606,9	88,0	Compuerta	1	Bridada	4"-35-1-1-4	1530,7
FG	100	163,3	584,2	84,7	Válvula ya adquirida				
GH	100	163,0	578,5	83,9	Compuerta	1	Bridada	4"-35-1-1-4	1530,7
HC540	150	142,7	300,0	43,5	Globo	1	Bridada	6"-45-1-1-4	1516,9
GI	100	163,0	578,5	83,9	Compuerta	1	Bridada	4"-35-1-1-4	1530,7
IC536	150	135,7	230,0	33,4	Globo	1	Bridada	6"-45-1-1-4	1516,9
GJ	32	163,0	578,5	83,9	Compuerta	1	Roscada	1-1/4"-3483-4-TE	11928,4

Tabla 66. Selección de válvulas para tubería de vapor

Tubería	Tamaño (mm)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tipo	Cantidad	Conexión	Designación	Presión máxima a temperatura de operación (kPa)
JC570	32	142,7	300,0	43,5	Globo	1	Roscada	1-1/4"-4483-4-TE	12066,3
GK	40	163,0	578,5	83,9	Compuerta	1	Roscada	1-1/2"-3483-4-TE	11928,4
KC580	50	135,7	230,0	33,4	Globo	1	Roscada	2"-4483-4-TE	12135,2
FL	50	163,3	584,2	84,7	Compuerta	1	Roscada	2"-3483-4-TE	11928,4
LM	25	162,7	572,1	83,0	Globo	1	Roscada	1"-4483-4-TE	11928,4
M1	15	162,4	567,7	82,3	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5378,1
MN	20	162,4	567,7	82,3	No requiere				
N2	15	161,7	554,9	80,5	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5447,1
NÑ	20	161,7	554,9	80,5	No requiere				
Ñ3	15	161,2	547,7	79,4	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5447,1
ÑO	15	161,2	547,7	79,4	No requiere				
O4	15	160,8	539,4	78,2	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5447,1
LP	50	162,7	572,1	83,0	Válvula ya adquirida				
PQ	40	161,1	544,6	79,0	Compuerta	1	Roscada	1-1/2"-3483-4-TE	11997,3

Tabla 66. Selección de válvulas para tubería de vapor

Tubería	Tamaño (mm)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tipo	Cantidad	Conexión	Designación	Presión máxima a temperatura de operación (kPa)
QR	32	161,0	542,8	78,7	Compuerta	1	Roscada	1-1/4"-3483-4-TE	11997,3
					Globo	1	Roscada	1-1/4"-4483-4-TE	11928,4
QS	32	161,0	542,8	78,7	Compuerta	2	Roscada	1-1/4"-3483-4-TE	11997,3
PT	40	161,1	544,6	79,0	Compuerta	1	Roscada	1-1/4"-3483-4-TE	11997,3
TU	25	153,3	430,6	62,4	Globo	1	Roscada	1"-4483-4-TE	11997,3
U1	15	152,9	425,6	61,7	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6067,6
UV	25	152,9	425,6	61,7	No requiere				
V2	15	152,8	423,4	61,4	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6067,6
VW	25	152,8	423,4	61,4	No requiere				
W3	15	152,6	421,3	61,1	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6067,6
WX	25	152,6	421,3	61,1	No requiere				
X4	15	152,5	419,9	60,9	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6067,6
XY	20	152,5	419,9	60,9	No requiere				
Y5	15	152,4	417,4	60,5	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6136,6
YZ	20	152,4	417,4	60,5	No requiere				

Tabla 66. Selección de válvulas para tubería de vapor

Tubería	Tamaño (mm)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tipo	Cantidad	Conexión	Designación	Presión máxima a temperatura de operación (kPa)
Z6	15	152,2	415,3	60,2	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6136,6
ZAA	15	152,2	415,3	60,2	No requiere				
AA7	15	152,0	412,9	59,9	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6136,6
TAB	40	153,3	430,6	62,4	No requiere				
ABAC	50	152,7	421,9	61,2	Compuerta	1	Roscada	2"-3483-4-TE	1750,0
					Globo	1	Roscada	2"-4483-4-TE	11997,3
ABAD	25	152,7	421,9	61,2	Globo	1	Roscada	1"-4483-4-TE	11997,3
AD1	15	152,0	412,2	59,8	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6136,6
ADAE	25	152,0	412,2	59,8	No requiere				
AE2	15	151,8	410,1	59,5	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6136,6
AEOF	25	151,8	410,1	59,5	No requiere				
AF3	15	151,7	408,0	59,2	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6136,6
AFAG	25	151,7	408,0	59,2	No requiere				
AG4	15	151,6	406,6	59,0	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6136,6
AGAH	20	151,6	406,6	59,0	No requiere				
AH5	15	151,4	403,9	58,6	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6205,5

Tabla 66. Selección de válvulas para tubería de vapor

Tubería	Tamaño (mm)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Presión (psi)	Tipo	Cantidad	Conexión	Designación	Presión máxima a temperatura de operación (kPa)
AHAI	20	151,4	403,9	58,6	No requiere				
AI6	15	151,3	401,9	58,3	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6205,5
AIAJ	15	151,3	401,9	58,3	No requiere				
AJ7	15	151,1	399,6	58,0	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6205,5
HAK	15	165,4	603,2	87,5	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5171,3
HAL	15	165,4	603,2	87,5	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5171,3
SAM	65	107,3	40,0	5,8	Compuerta	1	Bridada	2-1/2"-35-1-1-4	1744,4
					Globo	1	Bridada	2-1/2"-45-1-1-4	1585,9

Fuente: Propia.

Anexo 5. Selección de válvulas reguladoras de presión

Tabla 67. Selección de válvulas reguladoras de presión

ID	Temperatura (°C)	Tubería antes			Tubería después			Flujo Másico (kg/h)	CV	Modelo	Color de resorte	Capacidad (kg/h)	Conexión escogida (mm)	Presión máxima (kPa)
		ID	Presión (kPa)	Diámetro (mm)	ID	Presión (kPa)	Diámetro (mm)							
RED1	162,9	GH	575,6	100	HC540	300,0	150	1491	19,98	150 lb Flanged GP2000	Verde	2041	50	1275,6
RED2	162,9	GI	575,6	100	IC536	230,0	150	1256	16,74	150 lb Flanged GP2000	Verde	1286	40	1275,6
RED3	162,7	GJ	573,0	32	JC570	300,0	32	135	1,82	NPT GP1000	Negro	147	20	1723,8
RED4	162,4	GK	568,6	40	KC580	230,0	50	234	3,15	NPT GP2000	Verde	342	15	2068,5
RED5	160,6	QS	537,0	32	SAM	40,0	65	120	1,41	NPT GP1000	Negro	160	20	2068,5

Fuente: Propia.

Anexo 6. Válvulas de seguridad

Tabla 68. Válvulas de seguridad seleccionadas

ID	Válvula reductora	Flujo (kg/h)	Presión de operación (kPa)	Presión de ajuste (kPa)	Modelo	Flujo máximo (kg/h)	Diámetro de entrada (mm)	Conexión de entrada	Diámetro de entrada (mm)	Conexión de salida
VS1	RED1	1491	300,0	334,5	19K-JH-L-050	2029	50	Roscada	65	Roscada
VS2	RED2	1256	230,0	264,5	19K-JH-L-050	2029	50	Roscada	65	Roscada
VS3	RED3	135	300,0	334,5	19K-DD-L-050	174	20	Roscada	20	Roscada
VS4	RED4	234	230,0	264,5	19K-EE-L-050	309	25	Roscada	25	Roscada
VS5	RED5	120	40,0	74,5	13-211-15	215	20	Roscada	20	Roscada
VS6	Lavadora	250	476,0	510,5	19K-EE-L-075	431	25	Roscada	25	Roscada
VS7	Tanque de condensados	8,6	200	206,8	19K-DD-L-030	118	20	Roscada	20	Roscada

Fuente: Propia.

Anexo 7. Selección de filtros

Tabla 69. Selección de filtros para tuberías de vapor

ID	Ubicación	Presión (kPa)	Temperatura (°C)	Diámetro (mm)	Modelo	Malla	Presión máxima de operación (kPa)
FILV1	RED1	575,6	162,9	100	4"-A-9-FL-125	100x100-304ss	1930,6
FILV2	RED2	575,6	162,9	100	4"-A-9-FL-125	100x100-304ss	1930,6
FILV3	RED3	573,0	162,7	32	1,25"-CA-9-SC	100x100-304ss	1930,6
FILV4	RED4	568,6	162,4	40	1,5"-CA-9-SC	100x100-304ss	1930,6
FILV5	RED5	537,0	160,6	32	1,25"-CA-9-SC	100x100-304ss	1999,6
FILV6	Lavadora	415,1	152,4	50	2"-CA-9-SC	100x100-304ss	2103,0

Fuente: Propia.

Anexo 8. Venteadores de aire

Tabla 70. Selección de venteadores de aire

ID	Ubicación	Presión (kPa)	Modelo	Máxima presión de operación (kPa)	Descarga de aire (cfm)	Descarga de aire (m ³ /s)
VENT1	GH	575,6	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT2	GI	575,6	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT3	GJ	573,0	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT4	GK	568,6	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT5	ÑO	539,4	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT6	PQ	542,8	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT7	QS	537,0	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT8	PT	491,5	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT9	ZAA	412,9	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT10	ABAC	415,1	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT11	AIAJ	399,6	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT12	HAK	480,0	TV-2	861,9	46	2,17E-02
VENT13	HAK	422,8	TV-2	861,9	46	2,17E-02

Fuente: Propia.

Anexo 9. Expansores térmicos

Tabla 71. Selección de expansores térmicos

ID	Tubería	Largo (m)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Elongación (mm)	Modelo	Compresión máxima (mm)	Presión máxima (kPa)
EXP1	CF	35,03	164,7	606,9	57,2	GAT04SF0400	101,6	1034,3
EXP2	LP	52,48	162,7	572,1	84,5	GAT04SF0200	101,6	1034,3
EXP3	PT	75,40	161,1	544,6	120,0	GAT06SF0200	152,4	1034,3

Fuente: Propia.

Anexo 10. Separadores de vapor

Tabla 72. Selección de separadores de vapor

ID	Ubicación	Flujo (kg/h)	Presión (kPa)	Diámetro (mm)	Capacidad máxima (kg/h)	Modelo
SEP1	GH	1491	575,6	100	3314	DS2-4"
SEP2	GJ	135	573,0	32	389,2	DS1-1,25"
SEP3	QS	120	537,0	32	370,0	DS1-1,25"
SEP4	ABAC	250	415,1	40	660,0	DS1-2"

Fuente: Propia.

Anexo 11. Piernas colectoras

Tabla 73. Dimensiones de las piernas colectoras del sistema

ID	Tubería o cabezal	Diámetro de tubería (mm)	Diámetro de la pierna (mm)	Largo de la pierna (mm)	Presión en la pierna (kPa)
PC1	C	250	150	710	606,9
PC2	CF	100	100	555	584,2
PC3	G	150	100	710	578,5
PC4	GH	100	100	710	576,9
PC5	HC540	150	100	710	298,7
PC6	GI	100	100	710	577,1
PC7	IC536	150	100	710	228,7
PC8	GJ	32	32	710	574,7
PC9	JC570	32	32	710	292,0
PC10	GK	40	40	710	571,6
PC11	KC580	50	50	710	223,4
PC12	FL	50	50	710	572,1
PC13	ÑÑ	20	20	710	551,3
PC14	ÑO	15	15	710	539,4
PC15	LP	50	50	710	556,7
PC16	PQ	40	40	710	542,8

Tabla 73. Dimensiones de las piernas colectoras del sistema (continuación)

ID	Tubería o cabezal	Diámetro de tubería (mm)	Diámetro de la pierna (mm)	Largo de la pierna (mm)	Presión en la pierna (kPa)
PC17	QR	32	32	710	541,1
PC18	QS	32	32	710	537,4
PC19	PT	40	40	710	532,2
PC20	PT	40	40	710	492,9
PC21	PT	40	40	710	445,8
PC22	ZAA	15	15	710	412,9
PC23	ABAC	50	50	710	418,2
PC24	ABAD	25	25	710	417,5
PC25	AIAJ	15	15	710	399,6
PC26	HAK	15	15	400	571,4
PC27	HAK	15	15	350	538,7
PC28	HAK	15	15	520	503,4
PC29	HAK	15	15	560	470,0
PC30	HAK	15	15	710	422,8
PC31	HAL	15	15	410	599,8
PC32	HAL	15	15	710	585,7
PC33	Lavadora	50	50	710	418,2

Fuente: Propia.

Anexo 12. Estimación de flujo de condensados

Tabla 74. Cálculo de condensado para cabezales

Cabezal	Flujo de vapor (kg/h)	Acarreo anticipado	Flujo de condensado (kg/h)
PC1	3823,5	10%	382,3
PC3	3116,2	10%	311,6

Fuente: Propia.

Tabla 75. Cálculo de condensados para tuberías

Pierna	Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Presión absoluta (kPa)	Diámetro externo (mm)	Longitud (m)	Área superficial (m ²)	Eficiencia de aislamiento	Temperatura del vapor (°C)	Diferencia de temperaturas (°C)	u (kJ/hrm ² °C)	Calor latente de vapor (kJ/kg)	Flujo másico por tubería (kg/h)	Flujo másico total (kg/h)
PC2	CF	14	698,7	114,3	35,03	12,58	90,3%	164,7	139,7	54,0	2067,6	8,71	8,71
PC4	GH	3	670,3	114,3	11,20	4,02	77,8%	163,0	138,0	54,0	2073,0	4,24	4,24
PC5	HC540	3	391,8	168,3	4,59	2,43	76,3%	142,7	117,7	48,0	2136,7	2,01	2,01
PC6	GI	3	670,3	114,3	14,00	5,03	77,7%	163,0	138,0	54,0	2073,0	5,32	5,32
PC7	IC536	3	321,8	168,3	9,09	4,81	76,4%	135,7	110,7	47,0	2157,6	3,61	3,61
PC8	GJ	3	670,3	42,2	17,75	2,35	81,3%	163,0	138,0	62,0	2073,0	2,40	2,40
PC9	JC570	3	391,8	42,2	9,23	1,22	81,8%	142,7	117,7	58,0	2136,7	0,94	0,94
PC10	GK	3	670,3	48,3	20,00	3,03	81,1%	163,0	138,0	60,0	2073,0	3,02	3,02
PC11	KC580	3	321,8	60,3	10,17	1,93	80,6%	135,7	110,7	54,0	2157,6	1,37	1,37
PC12	FL	14	676,0	60,3	18,90	3,58	91,0%	163,3	138,3	58,0	2071,9	2,44	2,44
PC13	LM	18	663,9	33,4	11,71	1,23	91,7%	162,7	137,7	62,0	2074,3	0,89	2,90
	MN	18	659,5	26,7	22,00	1,84	91,8%	162,4	137,4	63,0	2075,1	1,33	
	NÑ	18	646,7	26,7	11,00	0,92	91,4%	161,7	136,7	63,0	2077,5	0,69	

Tabla 75. Cálculo de condensados para tuberías (continuación)

Pierna	Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Presión absoluta (kPa)	Diámetro externo (mm)	Longitud (m)	Área superficial (m ²)	Eficiencia de aislamiento	Temperatura del vapor (°C)	Diferencia de temperaturas (°C)	u (kJ/hrm ² °C)	Calor latente de vapor (kJ/kg)	Flujo másico por tubería (kg/h)	Flujo másico total (kg/h)
PC14	NÑ	18	646,7	26,7	11,00	0,92	91,4%	161,7	136,7	63,0	2077,5	0,69	1,85
	ÑO	18	639,4	21,3	22,00	1,47	91,1%	161,2	136,2	64,0	2078,9	1,16	
PC15	LP	14	663,9	60,3	30,41	5,76	91,0%	162,7	137,7	58,0	2074,3	3,91	3,91
PC16	PQ	14	636,4	48,3	2,13	0,32	90,8%	161,1	136,1	59,0	2079,5	0,22	0,22
PC17	QR	3	634,6	42,2	8,83	1,17	81,2%	161,0	136,0	60,0	2079,8	1,14	1,14
PC18	QS	18	634,6	42,2	32,40	4,29	91,5%	161,0	136,0	60,0	2079,8	3,01	3,01
PC19	LP	14	663,9	60,3	21,79	4,13	91,0%	162,7	137,7	58,0	2074,3	2,80	3,54
	PT	14	636,4	42,2	8,18	1,08	91,3%	161,1	136,1	61,0	2079,5	0,73	
PC20	PT	14	636,4	42,2	30,00	3,97	91,3%	161,1	136,1	61,0	2079,5	2,68	2,68
PC21	PT	14	636,4	42,2	31,80	4,21	91,3%	161,1	136,1	61,0	2079,5	2,84	2,84
PC22	TU	3	522,3	33,4	2,79	0,29	82,1%	153,3	128,3	61,0	2103,8	0,26	2,09
	UV	3	517,4	33,4	4,60	0,48	82,1%	152,9	127,9	61,0	2104,9	0,42	
	VW	3	515,2	33,4	4,60	0,48	82,1%	152,8	127,8	61,0	2105,4	0,42	
	WX	3	513,1	33,4	2,30	0,24	82,1%	152,6	127,6	61,0	2105,9	0,21	
	XY	3	511,7	26,7	2,30	0,19	82,7%	152,5	127,5	62,0	2106,2	0,17	
	YZ	3	509,2	26,7	4,60	0,39	82,4%	152,4	127,4	62,0	2106,7	0,34	
PC23	ABAC	18	513,7	60,3	26,90	5,10	91,5%	152,7	127,7	57,0	2102,8	3,15	3,15
PC24	PT	3	636,4	42,2	4,73	0,63	91,3%	161,1	136,1	61,0	2079,5	0,29	3,08
	TAB	3	522,3	48,3	13,54	2,05	81,5%	153,3	128,3	59,0	2103,8	1,80	
	ABAD	3	513,7	33,4	10,70	1,12	82,1%	152,7	127,7	62,0	2105,7	1,00	
PC25	ABAD	3	513,7	33,4	3,37	0,35	82,1%	152,7	127,7	62,0	2105,7	0,31	0,70
	ADAE	3	504,0	33,4	4,30	0,45	82,1%	152,0	127,0	61,0	2107,8	0,39	

Tabla 75. Cálculo de condensados para tuberías (continuación)

Pierna	Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Presión absoluta (kPa)	Diámetro externo (mm)	Longitud (m)	Área superficial (m ²)	Eficiencia de aislamiento	Temperatura del vapor (°C)	Diferencia de temperaturas (°C)	u (kJ/hrm ² °C)	Calor latente de vapor (kJ/kg)	Flujo másico por tubería (kg/h)	Flujo másico total (kg/h)
PC25	AEAF	3	501,9	33,4	4,30	0,45	82,1%	151,8	126,8	61,0	2108,3	0,39	1,35
	AFAG	3	499,8	33,4	2,40	0,25	82,1%	151,7	126,7	61,0	2108,8	0,22	
	AGAH	3	498,4	26,7	2,40	0,20	82,7%	151,6	126,6	62,0	2109,1	0,17	
	AHAI	3	495,7	26,7	4,30	0,36	82,4%	151,4	126,4	62,0	2109,7	0,31	
	AIAJ	3	493,7	21,3	4,31	0,29	82,4%	151,3	126,3	63,0	2110,1	0,25	
PC26	HAK	14	694,9	88,9	47,20	13,18	91,0%	90,0	65,0	42,5	2068,4	3,09	3,09
PC27	HAK	14	663,2	88,9	39,79	11,11	91,0%	90,0	65,0	42,5	2074,4	2,60	2,60
PC28	HAK	14	630,5	88,9	25,91	7,24	91,0%	90,0	65,0	42,5	2080,6	1,69	1,69
PC29	HAK	14	595,1	88,9	31,07	8,68	91,0%	90,0	65,0	42,5	2088,0	2,01	2,01
PC30	HAK	14	561,8	88,9	43,66	12,19	91,0%	90,0	65,0	42,5	2095,2	2,82	2,82
PC31	HAL	14	694,9	88,9	6,51	1,82	91,0%	90,0	65,0	42,5	2068,4	0,43	0,43
PC32	HAL	18	691,6	88,9	20,14	5,62	91,0%	90,0	65,0	64,0	2069,0	2,15	2,15
PC33	Lavadora	3	506,9	60,3	10,34	1,96	82,0%	152,2	127,2	57,0	2107,2	1,60	1,60

Fuente: Propia.

Anexo 13. Trampas de vapor

Tabla 76. Trampas de vapor (datos de entrada)

ID	Ubicación	Flujo (kg/h)	Presión entrada (kPa)	Altura geométrica (m)	Pérdidas por fricción (kPa)	Contrapresión (kPa)	Aplicación	FS	Flujo de diseño (kg/h)	Diferencia de presión (kPa)
TR1	PC1	382,3	606,9	5,86	14,7	272,2	Cabezal	1,5	573,5	334,8
TR2	PC2	8,7	584,2	7,17	18,5	288,8	Tubería principal	3	26,1	295,5
TR3	PC3	311,6	578,5	4,26	34,3	276,1	Cabezal	1,5	467,4	302,4
TR4	PC4	4,2	576,9	3,25	34,7	266,5	Separador	3	12,7	310,3
TR5	PC5	2,0	298,7	1,02	33,5	243,5	Ramal	3	6,0	55,2
TR6	Intercambiador C540	1491,0	298,6	4,04	42,1	281,7	Intercambiador de calor	2	2982,0	16,9
TR7	PC6	5,3	577,1	3,23	35,7	267,4	Ramal	3	15,9	309,7
TR8	PC7	3,6	228,7	3,12	35,0	265,6	Ramal	3	10,8	0,0
TR9	PC8	2,4	574,7	3,28	37,1	269,2	Separador	3	7,2	305,5
TR10	PC9	0,9	292,0	2,47	36,4	260,6	Ramal	3	2,8	31,4
TR11	Torre C570	134,8	291,4	2,11	41,1	261,7	Intercambiador de calor	2	269,6	29,6
TR12	PC10	3,0	571,6	3,28	37,1	269,3	Ramal	3	9,1	302,3
TR13	PC11	1,4	223,4	3,52	37,0	271,5	Ramal	3	4,1	0,0
TR14	PC12	2,4	572,1	7,09	31,0	300,5	Tubería principal	3	7,3	271,6
TR15	PC13	2,9	551,3	4,27	36,9	278,8	Ramal	3	8,6	272,5
TR16	PC14	1,8	539,4	4,13	37,1	277,6	Ramal	3	5,5	261,8
TR17	PC15	3,9	556,7	7,13	51,3	321,2	Tubería principal	2	7,8	235,5
TR18	PC16	0,2	542,8	5,43	61,6	314,9	Ramal	3	0,7	227,9
TR19	PC17	1,1	541,1	3,37	62,3	295,3	Ramal	3	3,4	245,8

Tabla 76. Trampas de vapor (datos de entrada) (continuación)

ID	Ubicación	Flujo (kg/h)	Presión entrada (kPa)	Altura geométrica (m)	Pérdidas por fricción (kPa)	Contrapresión (kPa)	Aplicación	FS	Flujo de diseño (kg/h)	Diferencia de presión (kPa)
TR20	PC18	3,0	537,4	3,45	63,1	297,0	Separador	3	9,0	240,4
TR21	PC19	3,6	532,2	7,14	66,9	336,9	Tubería principal	2	7,3	195,3
TR22	PC20	2,7	492,9	7,14	81,0	351,0	Tubería principal	2	5,4	141,9
TR23	PC21	2,8	445,8	7,09	97,1	366,7	Tubería principal	2	5,7	79,1
TR24	PC22	2,1	412,9	3,00	102,5	331,9	Ramal	3	6,3	80,9
TR25	PC23	3,2	418,2	2,47	124,1	348,3	Separador	3	9,5	69,9
TR26	PC24	3,3	417,5	3,29	109,8	342,1	Ramal	3	9,9	75,4
TR27	PC25	2,0	399,6	3,00	109,9	339,4	Ramal	3	6,1	60,2
TR28	PC26	3,1	571,4	7,20	16,2	286,8	Vena	2	6,2	284,6
TR29	PC27	2,6	538,7	7,22	21,8	292,6	Vena	2	5,2	246,1
TR30	PC28	1,7	503,4	7,43	24,3	297,2	Vena	2	3,4	206,2
TR31	PC29	2,0	470,0	7,56	28,4	302,5	Vena	2	4,0	167,5
TR32	PC30	28,4	422,8	7,21	35,0	305,7	Vena	2	56,8	117,1
TR33	PC31	0,4	599,8	7,19	6,3	276,9	Vena	2	0,9	322,9
TR34	PC32	2,1	585,7	2,72	1,2	227,9	Vena	2	4,3	357,8
TR35	Intercambiador 1 lavadora	62,5	418,2	5,73	130,8	387,0	Intercambiador de calor presión variable	2	125,0	31,2
TR36	Intercambiador 2 lavadora	62,5	418,2	4,93	131,5	379,9	Intercambiador de calor presión variable	2	125,0	38,3
TR37	Intercambiador 3 lavadora	62,5	418,2	4,93	132,6	381,0	Intercambiador de calor presión variable	2	125,0	37,2
TR38	Intercambiador 4 lavadora	62,5	418,2	4,93	133,7	382,1	Intercambiador de calor presión variable	2	125,0	36,1

Tabla 76. Trampas de vapor (datos de entrada) (continuación)

ID	Ubicación	Flujo (kg/h)	Presión entrada (kPa)	Altura geométrica (m)	Pérdidas por fricción (kPa)	Contrapresión (kPa)	Aplicación	FS	Flujo de diseño (kg/h)	Diferencia de presión (kPa)
TR39	PC33	1,6	418,2	4,80	130,8	377,9	Ramal	3	4,8	40,3
TR40	Intercambiador búnker 1	59,2	138,0	-0,41	3,8	-0,2	Intercambiador de calor	2	138,2	130,5
TR41	Intercambiador búnker 2	59,2	138,0	-0,41	3,8	-0,2	Intercambiador de calor	2	138,2	131,2
TR42	Salida vena de vapor	25,6	585,7	1,14	3,0	214,1	Intercambiador de calor	2	51,2	371,6

Fuente: Propia.

Tabla 77. Selección de trampas (opción principal)

ID	Tipo de trampa	Presión máxima de trabajo (kPa)	Diámetro (mm)	Modelo	Tamaño	Flujo máximo a dicha contrapresión (kg/h)	Diferencia de presión mínima permitida a dicho flujo(kPa)
TR1	Balde Invertido con venteador grande	1034,4	20	812	5/32	634,1	268,9
TR2	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	148,0	0,0
TR3	Balde Invertido con venteador grande	1034,4	20	812	5/32	600,0	151,7
TR4	Balde Invertido con venteador grande	1034,4	15	800	#38	163,6	0,0
TR5	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	79,5	0,0
TR6	Balde invertido	1724	50	816	3/4	3545,5	10,0
TR7	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	163,6	0,0
TR8	Balde invertido con check interno	1034,4	15	800	#38	31,8	0,0
TR9	Balde Invertido con venteador grande	1034,4	15	800	#38	163,6	0,0
TR10	Balde invertido con check interno	1034,4	15	800	#38	63,6	0,0

Tabla 77. Selección de trampas (opción principal) (continuación)

ID	Tipo de trampa	Presión máxima de trabajo (kPa)	Diámetro (mm)	Modelo	Tamaño	Flujo máximo a dicha contrapresión (kg/h)	Diferencia de presión mínima permitida a dicho flujo(kPa)
TR11	Balde invertido con check interno	1034,4	20	811	1/4	322,7	18,6
TR12	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	163,6	0,0
TR13	Balde invertido con check interno	1034,4	15	800	#38	31,8	0,0
TR14	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	150,0	0,0
TR15	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	150,0	0,0
TR16	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	150,0	0,0
TR17	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	145,5	0,0
TR18	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	140,9	0,0
TR19	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	145,5	0,0
TR20	Balde Invertido con venteador grande	1034,4	15	800	#38	145,5	0,0
TR21	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	131,8	0,0
TR22	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	118,2	0,0
TR23	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	90,9	0,0
TR24	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	90,9	0,0
TR25	Balde Invertido con venteador grande	1034,4	15	800	#38	86,4	0,0
TR26	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	90,9	0,0
TR27	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	81,8	0,0
TR28	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	159,1	0,0
TR29	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	147,7	0,0
TR30	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	136,4	0,0
TR31	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	125,0	0,0
TR32	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	109,1	20,7

Tabla 77. Selección de trampas (opción principal) (continuación)

ID	Tipo de trampa	Presión máxima de trabajo (kPa)	Diámetro (mm)	Modelo	Tamaño	Flujo máximo a dicha contrapresión (kg/h)	Diferencia de presión mínima permitida a dicho flujo(kPa)
TR33	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	163,6	0,0
TR34	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	177,3	0,0
TR35	Flotador y termostato	517,1	15	75-AI-2	11/64	318,2	2,8
TR36	Flotador y termostato	517,1	15	75-AI-2	11/64	340,9	12,1
TR37	Flotador y termostato	517,1	15	75-AI-2	11/64	336,4	12,1
TR38	Flotador y termostato	517,1	15	75-AI-2	11/64	331,8	12,1
TR39	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	72,7	0,0
TR40	Balde invertido	1034,4	15	800	7/64	150,0	67,6
TR41	Balde invertido	1034,4	15	800	7/64	150,0	67,6
TR42	Balde invertido	1034,4	15	800	#38	172,7	17,9

Fuente: Propia.

Tabla 78.Selección de trampas (alternativa)

ID	Tipo de trampa	Presión máxima de trabajo (kPa)	Diámetro (mm)	Modelo	Tamaño	Flujo máximo a dicha contrapresión (kg/h)	Diferencia de presión máxima a dicho flujo(kPa)
TR1	Flotador y termostato	861,9	25	125-AI-4	11/64	772,7	158,6
TR2	Flotador y termostato	861,9	15	125-AI-2	1/8	404,5	0,0
TR3	Flotador y termostato	861,9	25	125-AI-4	11/64	727,3	89,6
TR4	Controlador Diferencial de Condensado	1723,8	20	81-DC	1/8	172,7	0,0
TR5	Flotador y termostato	517,1	15	75-AI-2	11/64	395,5	0,0
TR6	Flotador y termostato	689,5	40	100-AIC-H-6	1-3/8	4500,0	4,8
TR7	Flotador y termostato	861,9	15	125-AI-2	1/8	404,5	0,0
TR8	Flotador y termostato check interno	517,1	15	75-AI-2	11/64	136,4	0,0
TR9	Controlador Diferencial de Condensado	1723,8	20	81-DC	1/8	172,7	0,0
TR10	Flotador y termostato check interno	517,1	15	75-AI-2	11/64	313,6	0,0
TR11	Flotador y termostato check interno	517,1	20	75-AI-3	11/64	313,6	20,0
TR12	Flotador y termostato	861,9	15	125-AI-2	1/8	400,0	0,0
TR13	Flotador y termostato check interno	517,125	15	75-AI-2	11/64	136,4	0,0
TR14	Flotador y termostato	861,875	15	125-AI-2	1/8	377,3	0,0
TR15	Flotador y termostato	861,9	15	125-AI-2	1/8	377,3	0,0
TR16	Flotador y termostato	861,9	15	125-AI-2	1/8	372,7	0,0
TR17	Flotador y termostato	861,9	15	125-AI-2	1/8	363,6	0,0
TR18	Flotador y termostato	861,9	15	125-AI-2	1/8	359,1	0,0
TR19	Flotador y termostato	861,9	15	125-AI-2	1/8	363,6	0,0

Tabla 78. Selección de trampas (alternativa) (continuación)

ID	Tipo de trampa	Presión máxima de trabajo (kPa)	Diámetro (mm)	Modelo	Tamaño	Flujo máximo a dicha contrapresión (kg/h)	Diferencia de presión mínima permitida a dicho flujo(kPa)
TR20	Controlador Diferencial de Condensado	1723,8	20	81-DC	1/8	154,5	0,0
TR21	Flotador y termostato	861,9	15	125-AI-2	1/8	336,4	0,0
TR22	Flotador y termostato	861,9	15	75-AI-2	11/64	545,5	0,0
TR23	Flotador y termostato	861,9	15	75-AI-2	11/64	445,5	0,0
TR24	Flotador y termostato	517,1	15	75-AI-2	11/64	445,5	0,0
TR25	Controlador Diferencial de Condensado	1723,8	20	81-DC	1/8	93,2	0,0
TR26	Flotador y termostato	517,1	15	75-AI-2	11/64	445,5	0,0
TR27	Flotador y termostato	517,1	15	75-AI-2	11/64	400,0	0,0
TR28	Termodinámica (Disco)	4137,0	15	CD-33SL	NA	104,5	0,0
TR29	Termodinámica (Disco)	4137,0	15	CD-33SL	NA	97,7	0,0
TR30	Termodinámica (Disco)	4137,0	15	CD-33SL	NA	88,6	0,0
TR31	Termodinámica (Disco)	4137,0	15	CD-33SL	NA	81,8	0,0
TR32	Termodinámica (Disco)	4137,0	15	CD-33SL	NA	72,7	69,0
TR33	Termodinámica (Disco)	4137,0	15	CD-33SL	NA	111,4	0,0
TR34	Termodinámica (Disco)	4137,0	15	CD-33SL	NA	118,2	0,0
TR35	Controlador Diferencial de Condensado	1723,8	15	81-DC	1/8	127,3	27,6
TR36	Controlador Diferencial de Condensado	1723,8	15	81-DC	1/8	131,8	27,6

Tabla 78. Selección de trampas (alternativa) (continuación)

ID	Tipo de trampa	Presión máxima de trabajo (kPa)	Diámetro (mm)	Modelo	Tamaño	Flujo máximo a dicha contrapresión (kg/h)	Diferencia de presión mínima permitida a dicho flujo(kPa)
TR37	Controlador Diferencial de Condensado	1723,8	15	81-DC	1/8	131,8	27,6
TR38	Controlador Diferencial de Condensado	1723,8	15	81-DC	1/8	131,8	27,6
TR39	Flotador y termostato	517,1	15	75-AI-2	11/64	345,5	0,0
TR40	Flotador y termostato	861,9	15	75-AI-2	11/64	522,7	11,7
TR41	Flotador y termostato	861,9	15	75-AI-2	11/64	522,7	11,7
TR42	Flotador y termostato	861,9	15	75-AI-2	11/64	427,3	0,0

Fuente: Propia.

Anexo 14. Tuberías de condensados

Tabla 79. Diseño Preliminar para tuberías de condensados

ID	Flujo másico (kg/h)	Largo (m)	Largo equivalente (m)	Diámetro seleccionado (mm)	Presión de entrada (kPa)	Caída de presión (kPa/m)	Altura geométrica (m)	Presión de salida (kPa)	Velocidad (m/s)
ab	2676,4	16,6	19,9	50	292,4	0,224	7,24	217,0	0,343
arc	420,2	4,1	4,9	25	613,3	0,313	-0,08	612,6	0,209
cTR1	382,3	4,8	5,7	25	606,9	0,285	-1,30	618,0	0,191
bd	2255,8	23,7	28,4	40	304,6	0,451	-0,02	292,0	0,477
dTR2	8,7	0,9	1,0	15	584,2	0,034	-0,05	584,7	0,012
de	2247,1	6,5	7,8	40	309,3	0,449	-0,01	305,8	0,475
ef	1960,3	10,4	12,4	40	283,3	0,392	-3,41	311,9	0,414
fTR3	311,6	2,3	2,8	25	578,5	0,232	0,58	572,2	0,155
fg	1648,7	6,2	7,4	40	285,6	0,330	-0,03	283,5	0,348
jTR6	1491,0	2,6	3,1	40	298,6	0,298	0,39	293,9	0,315
jk	157,7	0,5	0,6	20	298,2	0,271	-0,07	298,7	0,127
kTR5	2,0	3,7	4,4	15	298,7	0,008	-2,57	323,8	0,003
kl	155,7	3,2	3,8	20	299,1	0,267	-0,02	298,2	0,126
ITR4	4,2	2,0	2,3	15	576,9	0,017	-0,32	579,9	0,006

Tabla 79. Diseño Preliminar para tuberías de condensados (continuación)

ID	Flujo másico (kg/h)	Largo (m)	Largo equivalente (m)	Diámetro seleccionado (mm)	Presión de entrada (kPa)	Caída de presión (kPa/m)	Altura geométrica (m)	Presión de salida (kPa)	Velocidad (m/s)
lm	151,5	0,7	0,8	20	299,4	0,260	0,00	299,2	0,122
mTR8	3,6	2,4	2,9	15	228,7	0,014	-0,44	233,0	0,005
mn	147,8	1,9	2,2	20	299,9	0,254	-0,01	299,5	0,120
nTR7	5,3	2,0	2,4	15	577,1	0,021	-0,32	580,2	0,008
nñ	142,5	2,7	3,3	20	300,7	0,245	-0,01	300,0	0,115
ñTR10	0,9	3,6	4,3	15	292,0	0,004	-1,07	302,4	0,001
ño	141,6	0,4	0,4	20	300,4	0,243	-0,09	301,1	0,114
oTR11	134,8	4,9	5,9	20	291,4	0,231	-1,34	303,2	0,109
op	6,8	0,4	0,5	15	222,2	0,026	-0,04	222,7	0,010
pTR9	2,4	1,8	2,2	15	574,7	0,009	-0,13	576,0	0,003
pq	4,4	0,9	1,0	15	222,2	0,017	0,00	222,3	0,006
qTR13	1,4	2,2	2,6	15	223,4	0,005	0,11	222,3	0,002
qr	3,0	1,2	1,5	15	571,5	0,012	-0,12	572,6	0,004
rTR12	3,0	1,7	2,0	15	571,6	0,012	0,00	571,6	0,004
es	286,7	12,2	14,7	20	337,7	0,492	0,11	329,4	0,232
sTR14	2,4	1,0	1,2	15	572,1	0,009	-0,12	573,2	0,003

Tabla 79. Diseño Preliminar para tuberías de condensados (continuación)

ID	Flujo másico (kg/h)	Largo (m)	Largo equivalente (m)	Diámetro seleccionado (mm)	Presión de entrada (kPa)	Caída de presión (kPa/m)	Altura geométrica (m)	Presión de salida (kPa)	Velocidad (m/s)
st	284,3	0,2	0,2	20	342,7	0,488	0,00	342,6	0,230
tu	4,7	44,4	53,3	15	540,7	0,018	-2,91	568,3	0,007
uTR15	2,9	0,8	0,9	15	551,3	0,011	-0,03	551,5	0,004
uv	1,8	33,3	39,9	15	539,3	0,007	-0,17	540,7	0,003
vTR16	1,8	0,7	0,8	15	539,4	0,007	0,00	539,4	0,003
tw	279,6	29,6	35,5	20	357,7	0,480	-0,03	340,9	0,226
wTR17	3,9	0,9	1,1	15	556,7	0,015	-0,05	557,2	0,006
wx	275,7	21,2	25,4	20	367,9	0,473	-0,02	356,1	0,223
xTR18	0,2	2,6	3,1	15	542,8	0,001	-1,72	559,7	0,000
xy	275,5	0,5	0,6	20	368,5	0,473	0,00	368,2	0,223
yTR19	1,1	12,1	14,5	15	541,1	0,004	3,79	503,9	0,002
yz	274,3	0,2	0,2	20	368,9	0,471	0,00	368,8	0,222
zTR20	3,0	33,7	40,5	15	537,4	0,012	-3,71	573,3	0,004
zaa	271,3	7,9	9,4	20	372,9	0,466	-0,01	368,6	0,219
aaTR21	3,6	0,8	1,0	15	532,2	0,014	0,02	532,0	0,005
aaab	267,7	29,9	35,9	20	386,8	0,459	-0,03	370,6	0,216

Tabla 79. Diseño Preliminar para tuberías de condensados (continuación)

ID	Flujo másico (kg/h)	Largo (m)	Largo equivalente (m)	Diámetro seleccionado (mm)	Presión de entrada (kPa)	Caída de presión (kPa/m)	Altura geométrica (m)	Presión de salida (kPa)	Velocidad (m/s)
abTR22	2,7	0,9	1,0	15	492,9	0,010	0,02	492,7	0,004
abac	265,0	31,8	38,2	20	402,6	0,455	-0,03	385,6	0,214
acTR23	2,8	0,8	0,9	15	445,8	0,011	0,00	445,8	0,004
acad	262,2	6,6	7,9	20	368,2	0,450	-4,04	404,3	0,212
adTR24	2,1	26,0	31,2	15	412,9	0,008	-0,05	413,1	0,003
adae	260,1	13,9	16,7	20	376,7	0,446	0,12	368,0	0,210
aeaf	254,8	27,1	32,5	20	385,1	0,437	-0,63	377,1	0,206
afTR25	3,2	0,8	1,0	15	418,2	0,012	-0,08	419,0	0,005
afag	251,6	4,5	5,4	20	422,4	0,432	3,39	386,8	0,203
agTR35	62,5	0,9	1,1	15	418,2	0,243	-0,21	420,0	0,088
agah	189,1	1,0	1,2	20	423,0	0,324	0,00	422,6	0,153
ahTR36	62,5	1,3	1,6	15	418,2	0,243	-1,00	427,7	0,088
ahai	126,6	1,6	1,9	15	424,0	0,493	-0,01	423,1	0,179
aiTR37	62,5	1,3	1,6	15	418,1	0,243	-1,00	427,5	0,088
aiaj	64,1	2,1	2,6	15	420,7	0,249	-0,43	424,3	0,091
ajTR38	62,5	1,3	1,6	15	418,2	0,243	-0,56	423,3	0,088

Tabla 79. Diseño Preliminar para tuberías de condensados (continuación)

ID	Flujo másico (kg/h)	Largo (m)	Largo equivalente (m)	Diámetro seleccionado (mm)	Presión de entrada (kPa)	Caída de presión (kPa/m)	Altura geométrica (m)	Presión de salida (kPa)	Velocidad (m/s)
ajak	1,6	4,8	5,7	15	418,1	0,006	-0,69	424,9	0,002
akTR39	1,6	0,9	1,1	15	418,2	0,006	0,00	418,2	0,002
aeal	5,3	11,5	13,8	15	400,4	0,021	-0,06	400,7	0,008
alTR26	3,3	0,9	1,1	15	417,5	0,013	0,17	415,8	0,005
alam	2,0	24,0	28,8	15	399,5	0,008	-0,12	400,4	0,003
amTR27	2,0	0,6	0,8	15	399,6	0,008	0,00	399,6	0,003
can	37,8	49,0	58,8	15	404,1	0,146	0,09	394,7	0,053
anTR28	3,1	0,7	0,9	15	571,4	0,012	-0,04	571,7	0,004
añañ	34,7	41,9	50,3	15	409,8	0,134	0,00	403,1	0,049
añTR29	2,6	0,7	0,9	15	538,7	0,010	-0,02	538,9	0,004
añao	32,1	19,3	23,1	15	412,3	0,124	0,00	409,4	0,045
aoTR30	1,7	1,2	1,5	15	503,4	0,006	0,19	501,4	0,002
aoap	30,4	28,7	34,4	15	420,1	0,118	0,38	412,3	0,043
apTR31	2,0	0,7	0,9	15	470,0	0,008	-0,06	470,6	0,003
apaq	28,4	44,4	53,3	15	421,8	0,110	-0,41	420,0	0,040
aqTR32	28,4	0,5	0,6	15	422,8	0,110	0,00	422,7	0,040

Tabla 79. Diseño Preliminar para tuberías de condensados (continuación)

ID	Flujo másico (kg/h)	Largo (m)	Largo equivalente (m)	Diámetro seleccionado (mm)	Presión de entrada (kPa)	Caída de presión (kPa/m)	Altura geométrica (m)	Presión de salida (kPa)	Velocidad (m/s)
bar	420,6	0,7	0,8	25	612,0	0,313	0,00	611,8	0,210
arTR33	0,4	0,7	0,8	15	599,8	0,002	-0,04	600,2	0,001
asTR34	2,1	0,8	1,0	15	585,7	0,008	-0,14	587,1	0,003
atau	75,2	18,4	22,1	15	612,3	0,293	-2,72	632,5	0,106
TR40caño	59,2	6,9	8,3	15	138,0	0,230	-0,38	139,8	0,084
TR41caño	59,2	6,9	8,3	15	138,0	0,230	-0,39	139,9	0,084
auav	75,2	7,6	9,1	15	612,3	0,293	-2,86	637,7	0,106
auaw	134,4	2,7	3,2	15	632,4	0,293	0,33	628,2	0,106
awcaño	134,4	2,9	3,5	15	627,2	0,293	-0,49	631,0	0,190
asTR42	25,6	5,8	7,0	15	585,7	0,100	-1,72	601,9	0,036
asa	27,7	7,3	8,8	15	600,8	0,108	2,87	571,7	0,039

Fuente: Propia.

Tabla 80. Comprobación de tuberías de condensado

ID	Codos		T		Compuerta		Trampas de vapor		Filtro		Longitud equivalente final (m)	Presión de salida (kPa)	Pérdidas de carga (kPa)
	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)			
ab	5	1,6	0	3,20	1	0,40	0	17,90	0	17,90	24,97	215,8	5,60
arc	1	1,58	1	0,98	0	0,26	0	8,80	0	2,40	6,68	612,0	2,09
cTR1	3	1,58	1	0,98	2	0,26	1	8,80	1	2,40	22,22	613,3	6,33
bd	1	2,26	1	1,70	0	0,37	0	12,80	0	6,10	27,66	292,4	12,47
dTR2	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,53	584,3	0,39
de	1	2,26	1	1,70	0	0,37	0	12,80	0	6,10	10,49	304,6	4,71
ef	3	2,26	1	1,70	1	0,37	0	12,80	0	6,10	19,22	309,3	7,53
fTR3	2	1,58	0	0,98	2	0,26	1	8,80	1	2,40	17,19	568,8	3,99
fg	0	2,26	1	1,70	0	0,37	0	12,80	0	6,10	7,90	283,3	2,60
jTR6	3	2,26	1	1,70	2	0,37	1	12,80	1	6,10	30,67	285,6	9,14
jk	1	1,34	0	0,73	0	0,20	0	7,30	0	2,00	1,82	298,3	0,49
kTR5	3	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	15,42	323,7	0,12
kl	0	1,34	1	0,73	0	0,20	0	7,30	0	2,00	3,91	298,2	1,04
ITR4	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	12,61	579,8	0,21
lm	0	1,34	1	0,73	0	0,20	0	7,30	0	2,00	1,38	299,1	0,36
mTR8	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	13,09	232,8	0,18

Tabla 80. Comprobación de tuberías de condensado (continuación)

ID	Codos		T		Compuerta		Trampas de vapor		Filtro		Longitud equivalente final (m)	Presión de salida (kPa)	Pérdidas de carga (kPa)
	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)			
mn	0	1,34	1	0,73	0	0,20	0	7,30	0	2,00	2,59	299,4	0,66
nTR7	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	12,64	580,0	0,26
nñ	0	1,34	1	0,73	0	0,20	0	7,30	0	2,00	3,46	299,9	0,85
ñTR10	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	14,25	302,4	0,05
ño	1	1,34	1	0,73	0	0,20	0	7,30	0	2,00	2,43	300,7	0,59
oTR11	2	1,34	1	0,73	2	0,20	1	7,30	1	2,00	18,00	300,4	4,16
op	1	1,09	0	0,52	0	0,14	0	6,70	0	1,50	1,50	222,6	0,04
pTR9	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	12,49	575,9	0,12
pq	0	1,09	1	0,52	0	0,14	0	6,70	0	1,50	1,39	222,2	0,02
qTR13	1	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,74	222,2	0,06
qr	2	1,09	1	0,52	0	0,14	0	6,70	0	1,50	3,93	572,6	0,05
rTR12	0	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	10,18	571,5	0,12
es	3	1,34	0	0,73	1	0,20	0	7,30	0	2,00	16,46	328,5	8,10
sTR14	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,67	573,1	0,11
st	0	1,34	1	0,73	0	0,20	1	7,30	1	2,00	10,22	337,7	4,99
tu	4	1,09	0	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	48,89	568,4	0,90

Tabla 80. Comprobación de tuberías de condensado (continuación)

ID	Codos		T		Compuerta		Trampas de vapor		Filtro		Longitud equivalente final (m)	Presión de salida (kPa)	Pérdidas de carga (kPa)
	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)			
uTR15	1	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	10,33	551,4	0,12
uv	0	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	33,95	540,7	0,24
vTR16	1	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	10,22	539,3	0,07
tw	1	1,34	1	0,73	1	0,20	0	7,30	0	2,00	31,83	342,7	15,27
wTR17	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,55	557,0	0,18
wx	0	1,34	1	0,73	1	0,20	0	7,30	0	2,00	22,08	357,7	10,45
xTR18	3	1,09	0	0,52	3	0,14	1	6,70	1	1,50	14,47	559,7	0,01
xy	0	1,34	1	0,73	0	0,20	0	7,30	0	2,00	1,26	367,9	0,60
yTR19	6	1,09	0	0,52	3	0,14	1	6,70	1	1,50	27,26	503,8	0,12
yz	0	1,34	1	0,73	0	0,20	0	7,30	0	2,00	0,90	368,5	0,42
zTR20	3	1,09	0	0,52	3	0,14	1	6,70	1	1,50	45,62	573,2	0,53
zaa	0	1,34	1	0,73	1	0,20	0	7,30	0	2,00	8,80	368,9	4,10
aaTR21	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,50	531,8	0,16
aaab	0	1,34	1	0,73	1	0,20	0	7,30	0	2,00	30,85	372,9	14,17
abTR22	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,52	492,6	0,12
abac	2	1,34	1	0,73	1	0,20	0	7,30	0	2,00	35,44	386,8	16,12

Tabla 80. Comprobación de tuberías de condensado (continuación)

ID	Codos		T		Compuerta		Trampas de vapor		Filtro		Longitud equivalente final (m)	Presión de salida (kPa)	Pérdidas de carga (kPa)
	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)			
acTR23	3	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	12,51	445,7	0,14
acad	3	1,34	1	0,73	1	0,20	0	7,30	0	2,00	11,53	402,6	5,19
adTR24	2	1,09	0	0,52	3	0,14	1	6,70	1	1,50	36,80	413,1	0,30
adae	1	1,34	1	0,73	1	0,20	0	7,30	0	2,00	16,15	368,2	7,21
aeaf	4	1,34	1	0,73	1	0,20	0	7,30	0	2,00	33,39	376,7	14,60
afTR25	1	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	10,38	418,9	0,13
afag	3	1,34	1	0,73	0	0,20	0	7,30	0	2,00	9,27	385,1	4,00
agTR35	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,57	417,5	2,81
agah	0	1,34	1	0,73	1	0,20	0	7,30	0	2,00	1,92	422,4	0,62
ahTR36	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,99	425,1	2,92
ahai	0	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	2,23	423,0	1,10
aiTR37	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,99	425,0	2,92
aiaj	1	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	3,89	424,0	0,97
ajTR38	2	1,09	1	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	12,51	420,7	3,04
ajak	3	1,09	0	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	8,16	424,9	0,05
akTR39	1	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	10,48	418,1	0,06

Tabla 80. Comprobación de tuberías de condensado (continuación)

ID	Codos		T		Compuerta		Trampas de vapor		Filtro		Longitud equivalente final (m)	Presión de salida (kPa)	Pérdidas de carga (kPa)
	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)			
aeal	1	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	13,23	400,7	0,28
alTR26	3	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	12,64	415,6	0,16
alam	0	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	24,66	400,4	0,20
amTR27	1	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	10,20	399,5	0,08
can	3	1,09	0	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	52,37	395,6	7,63
anTR28	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,38	571,6	0,13
añañ	0	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	42,54	404,1	5,70
añTR29	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,38	538,8	0,11
añaο	0	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	19,93	409,8	2,48
aoTR30	2	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	11,87	501,4	0,08
aoap	5	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	34,81	412,3	4,10
apTR31	1	1,09	1	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	10,82	470,6	0,08
apaq	6	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	51,64	420,1	5,69
aqTR32	0	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	9,02	421,8	0,99
bar	1	1,58	0	0,98	0	0,26	0	8,80	0	2,40	2,28	611,3	0,71
arTR33	3	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	12,43	600,2	0,02

Tabla 80. Comprobación de tuberías de condensado (continuación)

ID	Codos		T		Compuerta		Trampas de vapor		Filtro		Longitud equivalente final (m)	Presión de salida (kPa)	Pérdidas de carga (kPa)
	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)	Cant	Longitud equivalente (m)			
asTR34	1	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	10,37	587,0	0,08
atau	3	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	22,33	632,4	6,54
TR40caño	1	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	16,49	137,9	3,80
TR41caño	1	1,09	0	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	16,51	138,0	3,80
auav	3	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	11,52	637,0	3,37
auaw	3	1,09	1	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	6,63	627,2	1,94
awcaño	4	1,09	0	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	7,42	629,9	2,17
asTR42	3	1,09	1	0,52	2	0,14	1	6,70	1	1,50	18,07	600,8	1,80
asa	3	1,09	0	0,52	1	0,14	0	6,70	0	1,50	10,73	571,5	1,16

Fuente: Propia.

Anexo 15. Aislamiento Condensados

Tabla 81. Datos de entrada para el cálculo de aislamiento de tuberías de condensado

Tubería	Velocidad del viento (km/h)	Velocidad del viento (m/s)	Presión manométrica (kPa)	Presión absoluta (kPa)	Temperatura interna (°C)	Diámetro nominal tubo (mm)
ab	18	5,00	292,4	384,2	142,0	50
arc	14	3,89	613,3	705,1	165,0	25
cTR1	14	3,89	606,9	698,7	164,7	25
bd	14	3,89	304,6	396,4	143,1	40
dTR2	14	3,89	584,2	676,0	163,3	15
de	14	3,89	309,3	401,1	143,5	40
ef	18	5,00	283,3	375,1	141,2	40
fTR3	3	0,83	578,5	670,3	163,0	25
fg	3	0,83	285,6	377,4	141,4	40
jTR6	3	0,83	298,6	390,4	142,5	40
jk	3	0,83	298,2	390,0	142,5	20
kTR5	3	0,83	298,7	390,5	142,5	15
kl	3	0,83	299,1	390,8	142,6	20
ITR4	3	0,83	576,9	668,7	162,9	15
lm	3	0,83	299,4	391,2	142,6	20

Tabla 81. Datos de entrada para el cálculo de aislamiento de tuberías de condensado (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (km/h)	Velocidad del viento (m/s)	Presión manométrica (kPa)	Presión absoluta (kPa)	Temperatura interna (°C)	Diámetro nominal tubo (mm)
mTR8	3	0,83	228,7	320,5	135,5	15
mn	3	0,83	299,9	391,7	142,7	20
nTR7	3	0,83	577,1	668,9	162,9	15
nñ	3	0,83	300,7	392,4	142,7	20
ñTR10	3	0,83	292,0	383,7	142,0	15
ño	3	0,83	300,4	392,2	142,7	20
oTR11	3	0,83	291,4	383,1	141,9	20
op	3	0,83	222,2	314,0	134,8	15
pTR9	3	0,83	574,7	666,5	162,8	15
pq	3	0,83	222,2	314,0	134,8	15
qTR13	3	0,83	223,4	315,2	134,9	15
qr	3	0,83	571,5	663,3	162,6	15
rTR12	3	0,83	571,6	663,4	162,6	15
es	14	3,89	337,7	429,5	146,0	20
sTR14	14	3,89	572,1	663,9	162,7	15
st	14	3,89	342,7	434,5	146,4	20
tu	18	5,00	540,7	632,5	160,8	15

Tabla 81. Datos de entrada para el cálculo de aislamiento de tuberías de condensado (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (km/h)	Velocidad del viento (m/s)	Presión manométrica (kPa)	Presión absoluta (kPa)	Temperatura interna (°C)	Diámetro nominal tubo (mm)
uTR15	18	5,00	551,3	643,1	161,5	15
uv	18	5,00	539,3	631,1	160,8	15
vTR16	18	5,00	539,4	631,2	160,8	15
tw	14	3,89	357,7	449,4	147,7	20
wTR17	14	3,89	556,7	648,5	161,8	15
wx	14	3,89	367,9	459,7	148,6	20
xTR18	14	3,89	542,8	634,6	161,0	15
xy	14	3,89	368,5	460,3	148,6	20
yTR19	3	0,83	541,1	632,9	160,9	15
yz	14	3,89	368,9	460,7	148,7	20
zTR20	18	5,00	537,4	629,2	160,7	15
zaa	14	3,89	372,9	464,7	149,0	20
aaTR21	14	3,89	532,2	624,0	160,4	15
aaab	14	3,89	386,8	478,6	150,2	20
abTR22	14	3,89	492,9	584,7	157,7	15
abac	14	3,89	402,6	494,4	151,3	20
acTR23	14	3,89	445,8	537,6	154,4	15

Tabla 81. Datos de entrada para el cálculo de aislamiento de tuberías de condensado (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (km/h)	Velocidad del viento (m/s)	Presión manométrica (kPa)	Presión absoluta (kPa)	Temperatura interna (°C)	Diámetro nominal tubo (mm)
acad	18	5,00	368,2	460,0	148,6	20
adTR24	3	0,83	412,9	504,6	152,0	15
adae	3	0,83	376,7	468,5	149,4	20
aeaf	18	5,00	385,1	476,9	150,1	20
afTR25	3	0,83	418,2	510,0	152,4	15
afag	3	0,83	422,4	514,2	152,7	20
agTR35	3	0,83	418,2	510,0	152,4	15
agah	3	0,83	423,0	514,7	152,7	20
ahTR36	3	0,83	418,2	510,0	152,4	15
ahai	3	0,83	424,0	515,8	152,8	15
aiTR37	3	0,83	418,1	509,9	152,4	15
aiaj	3	0,83	420,7	512,5	152,6	15
ajTR38	3	0,83	418,2	510,0	152,4	15
ajak	3	0,83	418,1	509,9	152,4	15
akTR39	3	0,83	418,2	510,0	152,4	15
aeal	3	0,83	400,4	492,2	151,2	15
alTR26	3	0,83	417,5	509,3	152,4	15

Tabla 81. Datos de entrada para el cálculo de aislamiento de tuberías de condensado (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (km/h)	Velocidad del viento (m/s)	Presión manométrica (kPa)	Presión absoluta (kPa)	Temperatura interna (°C)	Díámetro nominal tubo (mm)
alam	3	0,83	399,5	491,3	151,1	15
amTR27	3	0,83	399,6	491,4	151,1	15
can	14	3,89	404,1	495,9	151,4	15
anTR28	14	3,89	571,4	663,2	162,6	15
añañ	14	3,89	409,8	501,6	151,8	15
añTR29	14	3,89	538,7	630,5	160,7	15
añao	14	3,89	412,3	504,1	152,0	15
aoTR30	14	3,89	503,4	595,1	158,4	15
aoap	14	3,89	420,1	511,9	152,5	15
apTR31	14	3,89	470,0	561,8	156,1	15
apaq	14	3,89	421,8	513,6	152,7	15
aqTR32	14	3,89	422,8	514,6	152,7	15
bar	14	3,89	612,0	703,8	164,9	25
arTR33	14	3,89	599,8	691,6	164,2	15
asTR34	18	5,00	585,7	677,5	163,4	15
atau	3	0,83	612,3	704,0	165,0	15
auav	3	0,83	612,3	704,0	165,0	15

Tabla 81. Datos de entrada para el cálculo de aislamiento de tuberías de condensado (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (km/h)	Velocidad del viento (m/s)	Presión manométrica (kPa)	Presión absoluta (kPa)	Temperatura interna (°C)	Diámetro nominal tubo (mm)
auaw	3	0,83	632,4	724,2	166,1	15
asTR42	18	5,00	585,7	677,5	163,4	15
asa	18	5,00	600,8	692,6	164,3	15

Fuente: Propia.

Tabla 82. Cálculo de resistencia de convección interna

Tubería	Velocidad (m/s)	Diámetro interno del tubo (mm)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Reynolds	Prandtl	Nusselt	Coefficiente de conducción (W/mK)	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia de convección (m ² C/W)
ab	0,343	52,5	2,11E-07	85371	1,37	225,2	0,683	2929	0,002
arc	0,209	26,6	1,83E-07	30527	1,45	100,8	0,678	2566	0,005
cTR1	0,191	26,6	1,83E-07	27731	1,45	93,3	0,679	2376	0,005
bd	0,477	40,9	2,09E-07	93049	1,38	241,5	0,683	4031	0,002
dTR2	0,012	15,8	1,84E-07	1056	1,45	4,4	0,679	187	0,108
de	0,475	40,9	2,09E-07	92933	1,38	241,3	0,683	4028	0,002
ef	0,414	40,9	2,12E-07	79866	1,37	213,4	0,683	3563	0,002
fTR3	0,155	26,6	1,85E-07	22370	1,44	78,5	0,679	2000	0,006
fg	0,348	40,9	2,12E-07	67245	1,37	186,0	0,683	3105	0,003

Tabla 82. Cálculo de resistencia de convección interna (continuación)

Tubería	Velocidad (m/s)	Diámetro interno del tubo (mm)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Reynolds	Prandtl	Nusselt	Coefficiente de conducción (W/mK)	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia de convección (m ^o C/W)
jTR6	0,315	40,9	2,10E-07	61322	1,37	172,9	0,683	2886	0,003
jk	0,127	20,9	2,10E-07	12685	1,37	49,0	0,683	1599	0,010
kTR5	0,003	15,8	2,10E-07	211	1,37	4,4	0,683	188	0,107
kl	0,126	20,9	2,10E-07	12532	1,37	48,5	0,683	1583	0,010
ITR4	0,006	15,8	1,85E-07	512	1,44	4,4	0,679	187	0,108
lm	0,122	20,9	2,10E-07	12195	1,37	47,5	0,683	1549	0,010
mTR8	0,005	15,8	2,20E-07	366	1,35	4,4	0,683	189	0,107
mn	0,120	20,9	2,10E-07	11910	1,37	46,6	0,683	1520	0,010
Ntr7	0,008	15,8	1,85E-07	640	1,44	4,4	0,679	187	0,108
nñ	0,115	20,9	2,10E-07	11487	1,37	45,3	0,683	1477	0,010
ñTR10	0,001	15,8	2,11E-07	97	1,37	4,4	0,683	188	0,107
ño	0,114	20,9	2,10E-07	11405	1,37	45,0	0,683	1469	0,010
oTR11	0,109	20,9	2,11E-07	10801	1,37	43,1	0,683	1405	0,011
op	0,010	15,8	2,21E-07	686	1,35	4,4	0,684	189	0,107
pTR9	0,003	15,8	1,85E-07	290	1,44	4,4	0,679	187	0,107
pq	0,006	15,8	2,21E-07	443	1,35	4,4	0,684	189	0,107

Tabla 82. Cálculo de resistencia de convección interna (continuación)

Tubería	Velocidad (m/s)	Diámetro interno del tubo (mm)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Reynolds	Prandtl	Nusselt	Coefficiente de conducción (W/mK)	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia de convección (m°C/W)
qTR13	0,002	15,8	2,21E-07	136	1,35	4,4	0,684	189	0,107
qr	0,004	15,8	1,85E-07	367	1,44	4,4	0,679	187	0,107
rTR12	0,004	15,8	1,85E-07	367	1,44	4,4	0,679	187	0,107
es	0,232	20,9	2,05E-07	23656	1,39	80,9	0,682	2638	0,006
sTR14	0,003	15,8	1,85E-07	290	1,44	4,4	0,679	187	0,107
st	0,230	20,9	2,05E-07	23451	1,39	80,4	0,682	2621	0,006
tu	0,007	15,8	1,87E-07	566	1,44	4,4	0,680	188	0,107
uTR15	0,004	15,8	1,86E-07	348	1,44	4,4	0,680	188	0,107
uv	0,003	15,8	1,87E-07	220	1,44	4,4	0,680	188	0,107
vTR16	0,003	15,8	1,87E-07	220	1,44	4,4	0,680	188	0,107
tw	0,226	20,9	2,03E-07	23291	1,39	80,0	0,682	2609	0,006
wTR17	0,006	15,8	1,86E-07	467	1,44	4,4	0,680	188	0,107
wx	0,223	20,9	2,02E-07	23074	1,39	79,5	0,682	2591	0,006
xTR18	0,000	15,8	1,86E-07	25	1,44	4,4	0,680	188	0,107
xy	0,223	20,9	2,02E-07	23064	1,39	79,5	0,682	2590	0,006
yTR19	0,002	15,8	1,87E-07	135	1,44	4,4	0,680	188	0,107

Tabla 82. Cálculo de resistencia de convección interna (continuación)

Tubería	Velocidad (m/s)	Diámetro interno del tubo (mm)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Reynolds	Prandtl	Nusselt	Coefficiente de conducción (W/mK)	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia de convección (m ^o C/W)
yz	0,222	20,9	2,02E-07	22971	1,39	79,1	0,682	2578	0,006
zTR20	0,004	15,8	1,87E-07	355	1,44	4,4	0,680	188	0,107
zaa	0,219	20,9	2,01E-07	22825	1,40	78,8	0,682	2569	0,006
aaTR21	0,005	15,8	1,87E-07	431	1,44	4,4	0,680	188	0,107
aaab	0,216	20,9	1,99E-07	22749	1,40	78,7	0,682	2564	0,006
abTR22	0,004	15,8	1,90E-07	316	1,43	4,4	0,681	188	0,107
abac	0,214	20,9	1,98E-07	22631	1,40	78,4	0,682	2555	0,006
acTR23	0,004	15,8	1,94E-07	326	1,41	4,4	0,681	188	0,107
acad	0,212	20,9	2,02E-07	21945	1,39	76,4	0,682	2489	0,006
adTR24	0,003	15,8	1,97E-07	241	1,41	4,4	0,682	188	0,107
adae	0,210	20,9	2,01E-07	21877	1,40	76,2	0,682	2484	0,006
aeaf	0,206	20,9	2,00E-07	21537	1,40	75,3	0,682	2454	0,006
afTR25	0,005	15,8	1,97E-07	361	1,41	4,4	0,682	188	0,107
afag	0,203	20,9	1,96E-07	21709	1,41	76,0	0,682	2474	0,006
agTR35	0,088	15,8	1,97E-07	7091	1,41	31,0	0,682	1339	0,015
agah	0,153	20,9	1,96E-07	16317	1,41	60,5	0,682	1968	0,008

Tabla 82. Cálculo de resistencia de convección interna (continuación)

Tubería	Velocidad (m/s)	Diámetro interno del tubo (mm)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Reynolds	Prandtl	Nusselt	Coefficiente de conducción (W/mK)	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia de convección (m ^o C/W)
ahTR36	0,088	15,8	1,97E-07	7091	1,41	31,0	0,682	1339	0,015
ahai	0,179	15,8	1,96E-07	14437	1,41	54,8	0,681	2364	0,009
aiTR37	0,088	15,8	1,97E-07	7091	1,41	31,0	0,682	1339	0,015
aiaj	0,091	15,8	1,96E-07	7311	1,41	31,8	0,682	1372	0,015
ajTR38	0,088	15,8	1,97E-07	7091	1,41	31,0	0,682	1339	0,015
ajak	0,002	15,8	1,97E-07	184	1,41	4,4	0,682	188	0,107
akTR39	0,002	15,8	1,97E-07	184	1,41	4,4	0,682	188	0,107
aeal	0,008	15,8	1,98E-07	606	1,40	4,4	0,682	188	0,107
alTR26	0,005	15,8	1,97E-07	377	1,41	4,4	0,682	188	0,107
alam	0,003	15,8	1,98E-07	231	1,40	4,4	0,682	188	0,107
amTR27	0,003	15,8	1,98E-07	231	1,40	4,4	0,682	188	0,107
can	0,053	15,8	1,98E-07	4226	1,40	20,5	0,682	884	0,023
anTR28	0,004	15,8	1,85E-07	362	1,44	4,4	0,679	187	0,107
anañ	0,049	15,8	1,97E-07	3908	1,41	4,4	0,682	188	0,107
añTR29	0,004	15,8	1,87E-07	301	1,44	4,4	0,680	188	0,107
añoa	0,045	15,8	1,97E-07	3622	1,41	4,4	0,682	188	0,107

Tabla 82. Cálculo de resistencia de convección interna (continuación)

Tubería	Velocidad (m/s)	Diámetro interno del tubo (mm)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Reynolds	Prandtl	Nusselt	Coefficiente de conducción (W/mK)	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia de convección (m ^o C/W)
aoTR30	0,002	15,8	1,89E-07	193	1,43	4,4	0,680	188	0,107
aoap	0,043	15,8	1,97E-07	3436	1,41	4,4	0,682	188	0,107
apTR31	0,003	15,8	1,92E-07	227	1,42	4,4	0,681	188	0,107
apaq	0,040	15,8	1,96E-07	3231	1,41	4,4	0,682	188	0,107
aqTR32	0,040	15,8	1,96E-07	3231	1,41	4,4	0,682	188	0,107
bar	0,210	26,6	1,83E-07	30544	1,45	100,8	0,679	2567	0,005
arTR33	0,001	15,8	1,83E-07	50	1,45	4,4	0,679	187	0,108
asTR34	0,003	15,8	1,84E-07	253	1,45	4,4	0,679	187	0,108
atau	0,106	15,8	1,83E-07	9194	1,45	38,6	0,679	1657	0,012
auav	0,106	15,8	1,83E-07	9194	1,45	38,6	0,679	1657	0,012
auaw	0,106	15,8	1,82E-07	9247	1,45	38,8	0,678	1665	0,012
asTR42	0,036	15,8	1,84E-07	3106	1,45	4,4	0,679	187	0,108
asa	0,039	15,8	1,83E-07	3373	1,45	4,4	0,679	187	0,108

Fuente: Propia.

Tabla 83. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono

Tubería	Coefficiente de conducción (W/mK)	Diámetro interno del tubo (mm)	Espesor tubo (mm)	Diámetro externo del tubo (mm)	Resistencia del tubo (m°C/W)
ab	48,1	52,5	3,9	60,3	4,60E-04
arc	47,4	26,6	3,4	33,4	7,58E-04
cTR1	47,5	26,6	3,4	33,4	7,58E-04
bd	48,1	40,9	3,7	48,3	5,48E-04
dTR2	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
de	48,0	40,9	3,7	48,3	5,49E-04
ef	48,1	40,9	3,7	48,3	5,48E-04
fTR3	47,5	26,6	3,4	33,4	7,57E-04
fg	48,1	40,9	3,7	48,3	5,48E-04
jTR6	48,1	40,9	3,7	48,3	5,48E-04
jk	48,1	20,9	2,9	26,7	8,02E-04
kTR5	48,1	15,8	2,8	21,3	9,95E-04
kl	48,1	20,9	2,9	26,7	8,02E-04
ITR4	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
lm	48,1	20,9	2,9	26,7	8,02E-04
mTR8	48,3	15,8	2,8	21,3	9,91E-04

Tabla 83. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/mK)	Diámetro interno del tubo (mm)	Espesor tubo (mm)	Diámetro externo del tubo (mm)	Resistencia del tubo (m°C/W)
mn	48,1	20,9	2,9	26,7	8,02E-04
Ntr7	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
nñ	48,1	20,9	2,9	26,7	8,02E-04
ñTR10	48,1	15,8	2,8	21,3	9,94E-04
ño	48,1	20,9	2,9	26,7	8,02E-04
oTR11	48,1	20,9	2,9	26,7	8,02E-04
op	48,3	15,8	2,8	21,3	9,90E-04
pTR9	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
pq	48,3	15,8	2,8	21,3	9,90E-04
qTR13	48,3	15,8	2,8	21,3	9,90E-04
qr	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
rTR12	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
es	48,0	20,9	2,9	26,7	8,04E-04
sTR14	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
st	48,0	20,9	2,9	26,7	8,04E-04
tu	47,6	15,8	2,8	21,3	1,01E-03

Tabla 83. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/mK)	Diámetro interno del tubo (mm)	Espesor tubo (mm)	Diámetro externo del tubo (mm)	Resistencia del tubo (m°C/W)
uTR15	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
uv	47,6	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
vTR16	47,6	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
tw	47,9	20,9	2,9	26,7	8,05E-04
wTR17	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
wx	47,9	20,9	2,9	26,7	8,05E-04
xTR18	47,6	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
xy	47,9	20,9	2,9	26,7	8,05E-04
yTR19	47,6	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
yz	47,9	20,9	2,9	26,7	8,05E-04
zTR20	47,6	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
zaa	47,9	20,9	2,9	26,7	8,05E-04
aaTR21	47,6	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
aaab	47,9	20,9	2,9	26,7	8,06E-04
abTR22	47,7	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
abac	47,8	20,9	2,9	26,7	8,07E-04

Tabla 83. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/mK)	Diámetro interno del tubo (mm)	Espesor tubo (mm)	Diámetro externo del tubo (mm)	Resistencia del tubo (m°C/W)
acTR23	47,7	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
acad	47,9	20,9	2,9	26,7	8,05E-04
adTR24	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
adae	47,9	20,9	2,9	26,7	8,06E-04
aeaf	47,9	20,9	2,9	26,7	8,06E-04
afTR25	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
afag	47,8	20,9	2,9	26,7	8,07E-04
agTR35	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
agah	47,8	20,9	2,9	26,7	8,07E-04
ahTR36	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
ahai	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
aiTR37	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
aiaj	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
ajTR38	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
ajak	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
akTR39	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03

Tabla 83. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/mK)	Diámetro interno del tubo (mm)	Espesor tubo (mm)	Diámetro externo del tubo (mm)	Resistencia del tubo (m°C/W)
aeal	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
alTR26	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
alam	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
amTR27	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
can	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
anTR28	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
añañ	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
añTR29	47,6	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
añao	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
aoTR30	47,6	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
aoap	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
apTR31	47,7	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
apaq	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
aqTR32	47,8	15,8	2,8	21,3	1,00E-03
bar	47,4	26,6	3,4	33,4	7,58E-04
arTR33	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03

Tabla 83. Cálculo de la resistencia de conducción de la tubería de acero al carbono (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/mK)	Diámetro interno del tubo (mm)	Espesor tubo (mm)	Diámetro externo del tubo (mm)	Resistencia del tubo (m°C/W)
asTR34	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
atau	47,4	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
auav	47,4	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
auaw	47,4	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
asTR42	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03
asa	47,5	15,8	2,8	21,3	1,01E-03

Fuente: Propia

Tabla 84. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral

Tubería	Coefficiente de conducción (W/m°C)	Diámetro Interno (mm)	Espesor (mm)	Diámetro externo (mm)	Resistencia aislamiento (m°C/W)
ab	0,0433	60,3	25	110,3	2,22
arc	0,0451	33,4	25	83,4	3,23
cTR1	0,0451	33,4	25	83,4	3,23
bd	0,0434	48,3	25	98,3	2,61
dTR2	0,0450	21,3	25	71,3	4,27
de	0,0434	48,3	25	98,3	2,61

Tabla 84. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/m°C)	Diámetro Interno (mm)	Espesor (mm)	Diámetro externo (mm)	Resistencia aislamiento (m°C/W)
ef	0,0432	48,3	25	98,3	2,62
fTR3	0,0449	33,4	25	83,4	3,24
fg	0,0433	48,3	25	98,3	2,62
jTR6	0,0433	48,3	25	98,3	2,61
jk	0,0433	26,7	25	76,7	3,88
kTR5	0,0433	21,3	25	71,3	4,43
kl	0,0434	26,7	25	76,7	3,88
lTR4	0,0449	21,3	25	71,3	4,28
lm	0,0434	26,7	25	76,7	3,88
mTR8	0,0428	21,3	25	71,3	4,49
mn	0,0434	26,7	25	76,7	3,88
Ntr7	0,0449	21,3	25	71,3	4,28
nñ	0,0434	26,7	25	76,7	3,88
ñTR10	0,0433	21,3	25	71,3	4,44
ño	0,0434	26,7	25	76,7	3,88
oTR11	0,0433	26,7	25	76,7	3,88
op	0,0427	21,3	25	71,3	4,49

Tabla 84. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/m°C)	Diámetro Interno (mm)	Espesor (mm)	Diámetro externo (mm)	Resistencia aislamiento (m°C/W)
pTR9	0,0449	21,3	25	71,3	4,28
pq	0,0427	21,3	25	71,3	4,49
qTR13	0,0428	21,3	25	71,3	4,49
qr	0,0449	21,3	25	71,3	4,28
rTR12	0,0449	21,3	25	71,3	4,28
es	0,0436	26,7	25	76,7	3,85
sTR14	0,0449	21,3	25	71,3	4,28
st	0,0436	26,7	25	76,7	3,85
tu	0,0448	21,3	25	71,3	4,29
uTR15	0,0448	21,3	25	71,3	4,29
uv	0,0448	21,3	25	71,3	4,29
vTR16	0,0448	21,3	25	71,3	4,29
tw	0,0437	26,7	25	76,7	3,84
wTR17	0,0448	21,3	25	71,3	4,28
wx	0,0438	26,7	25	76,7	3,84
xTR18	0,0448	21,3	25	71,3	4,29
xy	0,0438	26,7	25	76,7	3,84

Tabla 84. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/m°C)	Diámetro Interno (mm)	Espesor (mm)	Diámetro externo (mm)	Resistencia aislamiento (m°C/W)
yTR19	0,0448	21,3	25	71,3	4,29
yz	0,0438	26,7	25	76,7	3,83
zTR20	0,0448	21,3	25	71,3	4,29
zaa	0,0439	26,7	25	76,7	3,83
aaTR21	0,0447	21,3	25	71,3	4,29
aaab	0,0439	26,7	25	76,7	3,82
abTR22	0,0445	21,3	25	71,3	4,31
abac	0,0440	26,7	25	76,7	3,82
acTR23	0,0443	21,3	25	71,3	4,34
acad	0,0438	26,7	25	76,7	3,84
adTR24	0,0441	21,3	25	71,3	4,36
adae	0,0439	26,7	25	76,7	3,83
aeaf	0,0439	26,7	25	76,7	3,83
afTR25	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
afag	0,0441	26,7	25	76,7	3,81
agTR35	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
agah	0,0441	26,7	25	76,7	3,81

Tabla 84. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/m°C)	Diámetro Interno (mm)	Espesor (mm)	Diámetro externo (mm)	Resistencia aislamiento (m°C/W)
ahTR36	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
ahai	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
aiTR37	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
aiaj	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
ajTR38	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
ajak	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
akTR39	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
aeal	0,0440	21,3	25	71,3	4,36
alTR26	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
alam	0,0440	21,3	25	71,3	4,36
amTR27	0,0440	21,3	25	71,3	4,36
can	0,0440	21,3	25	71,3	4,36
anTR28	0,0449	21,3	25	71,3	4,28
añañ	0,0441	21,3	25	71,3	4,36
añTR29	0,0448	21,3	25	71,3	4,29
añaο	0,0441	21,3	25	71,3	4,36
aoTR30	0,0446	21,3	25	71,3	4,31

Tabla 84. Cálculo de la resistencia de conducción del aislamiento de fibra mineral (continuación)

Tubería	Coefficiente de conducción (W/m°C)	Diámetro Interno (mm)	Espesor (mm)	Diámetro externo (mm)	Resistencia aislamiento (m°C/W)
aoap	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
apTR31	0,0444	21,3	25	71,3	4,33
apaq	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
aqTR32	0,0441	21,3	25	71,3	4,35
bar	0,0451	33,4	25	83,4	3,23
arTR33	0,0450	21,3	25	71,3	4,27
asTR34	0,0450	21,3	25	71,3	4,27
atau	0,0451	21,3	25	71,3	4,26
auav	0,0451	21,3	25	71,3	4,26
auaw	0,0452	21,3	25	71,3	4,25
asTR42	0,0450	21,3	25	71,3	4,27
asa	0,0450	21,3	25	71,3	4,27

Fuente: Propia.

Tabla 85. Cálculo de la resistencia de convección externa

Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Diámetro externo (mm)	Reynolds	Nusselt	Coficiente de convección (W/m²K)	Resistencia del aire (m°C/W)
ab	5,00	110,3	32229	106,0	25,6	0,113
arc	3,89	83,4	18949	76,3	24,4	0,156
cTR1	3,89	83,4	18949	76,3	24,4	0,156
bd	3,89	98,3	22325	84,5	22,9	0,141
dTR2	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
de	3,89	98,3	22325	84,5	22,9	0,141
ef	5,00	98,3	28704	98,6	26,8	0,121
fTR3	0,83	83,4	4061	29,5	9,4	0,405
fg	0,83	98,3	4784	32,6	8,9	0,366
jTR6	0,83	98,3	4784	32,6	8,9	0,366
jk	0,83	76,7	3733	28,3	9,9	0,421
kTR5	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
kl	0,83	76,7	3733	28,3	9,9	0,421
ITR4	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
lm	0,83	76,7	3733	28,3	9,9	0,421

Tabla 85. Cálculo de la resistencia de convección externa (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Diámetro externo (mm)	Reynolds	Nusselt	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia del aire (m°C/W)
mTR8	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
mn	0,83	76,7	3733	28,3	9,9	0,421
Ntr7	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
nñ	0,83	76,7	3733	28,3	9,9	0,421
ñTR10	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
ño	0,83	76,7	3733	28,3	9,9	0,421
oTR11	0,83	76,7	3733	28,3	9,9	0,421
op	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
pTR9	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
pq	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
qTR13	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
qr	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
rTR12	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
es	3,89	76,7	17420	72,4	25,2	0,165
sTR14	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172

Tabla 85. Cálculo de la resistencia de convección externa (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Diámetro externo (mm)	Reynolds	Nusselt	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia del aire (m°C/W)
st	3,89	76,7	17420	72,4	25,2	0,165
tu	5,00	71,3	20839	80,9	30,3	0,147
uTR15	5,00	71,3	20839	80,9	30,3	0,147
uv	5,00	71,3	20839	80,9	30,3	0,147
vTR16	5,00	71,3	20839	80,9	30,3	0,147
tw	3,89	76,7	17420	72,4	25,2	0,165
wTR17	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
wx	3,89	76,7	17420	72,4	25,2	0,165
xTR18	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
xy	3,89	76,7	17420	72,4	25,2	0,165
yTR19	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
yz	3,89	76,7	17420	72,4	25,2	0,165
zTR20	5,00	71,3	20839	80,9	30,3	0,147
zaa	3,89	76,7	17420	72,4	25,2	0,165
aaTR21	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172

Tabla 85. Cálculo de la resistencia de convección externa (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Diámetro externo (mm)	Reynolds	Nusselt	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia del aire (m°C/W)
aaab	3,89	76,7	17420	72,4	25,2	0,165
abTR22	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
abac	3,89	76,7	17420	72,4	25,2	0,165
acTR23	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
acad	5,00	76,7	22397	84,6	29,5	0,141
adTR24	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
adae	0,83	76,7	3733	28,3	9,9	0,421
aeaf	5,00	76,7	22397	84,6	29,5	0,141
afTR25	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
afag	0,83	76,7	3733	28,3	9,9	0,421
agTR35	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
agah	0,83	76,7	3733	28,3	9,9	0,421
ahTR36	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
ahai	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
aiTR37	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435

Tabla 85. Cálculo de la resistencia de convección externa (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Diámetro externo (mm)	Reynolds	Nusselt	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia del aire (m ^o C/W)
aiaj	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
ajTR38	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
ajak	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
akTR39	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
aeal	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
alTR26	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
alam	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
amTR27	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
can	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
anTR28	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
añañ	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
añTR29	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
añao	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
aoTR30	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
aoap	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172

Tabla 85. Cálculo de la resistencia de convección externa (continuación)

Tubería	Velocidad del viento (m/s)	Diámetro externo (mm)	Reynolds	Nusselt	Coefficiente de convección (W/m ² K)	Resistencia del aire (m ^o C/W)
apTR31	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
apaq	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
aqTR32	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
bar	3,89	83,4	18949	76,3	24,4	0,156
arTR33	3,89	71,3	16208	69,3	25,9	0,172
asTR34	5,00	71,3	20839	80,9	30,3	0,147
atau	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
auav	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
avaw	0,83	71,3	3473	27,4	10,3	0,435
asTR42	5,00	71,3	20839	80,9	30,3	0,147
asa	5,00	71,3	20839	80,9	30,3	0,147

Fuente: Propia.

Tabla 86. Flujo de calor y temperaturas de interés

Tubería	Resistencia equivalente (m°C/W)	Transferencia de calor (W/m)	Temperatura interior del tubo (°C)	Temperatura exterior del tubo (°C)	Temperatura superficial (°C)	Condición
ab	2,33	49,3	141,9	141,9	32,5	Aprobado
arc	3,39	40,7	164,8	164,8	33,4	Aprobado
cTR1	3,39	40,6	164,5	164,4	33,3	Aprobado
bd	2,75	42,2	143,0	143,0	33,0	Aprobado
dTR2	4,55	29,9	160,1	160,1	32,2	Aprobado
de	2,75	42,4	143,4	143,4	33,0	Aprobado
ef	2,74	41,7	141,1	141,1	32,0	Aprobado
fTR3	3,65	37,2	162,8	162,7	42,1	Aprobado
fg	2,98	38,3	141,3	141,3	41,0	Aprobado
jTR6	2,98	38,8	142,4	142,4	41,2	Aprobado
jk	4,31	26,8	142,2	142,2	38,3	Aprobado
kTR5	4,97	23,2	140,1	140,0	37,1	Aprobado
kl	4,31	26,8	142,3	142,3	38,3	Aprobado
lTR4	4,82	28,2	159,9	159,8	39,3	Aprobado
lm	4,31	26,8	142,3	142,3	38,3	Aprobado
mTR8	5,03	21,6	133,2	133,2	36,4	Aprobado

Tabla 86. Flujo de calor y temperaturas de interés (continuación)

Tubería	Resistencia equivalente (m°C/W)	Transferencia de calor (W/m)	Temperatura interior del tubo (°C)	Temperatura exterior del tubo (°C)	Temperatura superficial (°C)	Condición
mn	4,31	26,8	142,4	142,4	38,3	Aprobado
Ntr7	4,82	28,2	159,9	159,8	39,3	Aprobado
nñ	4,31	26,9	142,4	142,4	38,3	Aprobado
ñTR10	4,98	23,1	139,5	139,5	37,0	Aprobado
ño	4,31	26,9	142,4	142,4	38,3	Aprobado
oTR11	4,31	26,6	141,6	141,6	38,2	Aprobado
op	5,04	21,4	132,5	132,5	36,3	Aprobado
pTR9	4,82	28,2	159,8	159,7	39,3	Aprobado
pq	5,04	21,4	132,5	132,5	36,3	Aprobado
qTR13	5,04	21,4	132,7	132,6	36,3	Aprobado
qr	4,82	28,1	159,6	159,5	39,2	Aprobado
rTR12	4,82	28,1	159,6	159,5	39,2	Aprobado
es	4,02	29,6	145,8	145,8	31,9	Aprobado
sTR14	4,56	29,8	159,5	159,5	32,1	Aprobado
st	4,02	29,7	146,2	146,2	31,9	Aprobado
tu	4,55	29,4	157,6	157,6	31,3	Aprobado

Tabla 86. Flujo de calor y temperaturas de interés (continuación)

Tubería	Resistencia equivalente (m°C/W)	Transferencia de calor (W/m)	Temperatura interior del tubo (°C)	Temperatura exterior del tubo (°C)	Temperatura superficial (°C)	Condición
uTR15	4,54	29,6	158,3	158,3	31,4	Aprobado
uv	4,55	29,4	157,6	157,6	31,3	Aprobado
vTR16	4,55	29,4	157,6	157,6	31,3	Aprobado
tw	4,01	30,1	147,5	147,5	32,0	Aprobado
wTR17	4,56	29,5	158,6	158,6	32,1	Aprobado
wx	4,01	30,3	148,4	148,4	32,0	Aprobado
xTR18	4,57	29,3	157,9	157,8	32,0	Aprobado
xy	4,01	30,3	148,4	148,4	32,0	Aprobado
yTR19	4,83	27,7	157,9	157,9	39,1	Aprobado
yz	4,01	30,4	148,5	148,5	32,0	Aprobado
zTR20	4,55	29,4	157,5	157,5	31,3	Aprobado
zaa	4,00	30,5	148,8	148,8	32,0	Aprobado
aaTR21	4,57	29,2	157,3	157,2	32,0	Aprobado
aaab	4,00	30,8	150,0	150,0	32,1	Aprobado
abTR22	4,59	28,4	154,6	154,6	31,9	Aprobado
abac	3,99	31,2	151,1	151,1	32,1	Aprobado

Tabla 86. Flujo de calor y temperaturas de interés (continuación)

Tubería	Resistencia equivalente (m°C/W)	Transferencia de calor (W/m)	Temperatura interior del tubo (°C)	Temperatura exterior del tubo (°C)	Temperatura superficial (°C)	Condición
acTR23	4,62	27,6	151,4	151,4	31,7	Aprobado
acad	3,98	30,5	148,4	148,4	31,3	Aprobado
adTR24	4,90	25,5	149,3	149,3	38,1	Aprobado
adae	4,26	28,7	149,2	149,2	39,1	Aprobado
aeaf	3,97	31,0	149,9	149,9	31,4	Aprobado
afTR25	4,90	25,6	149,7	149,6	38,1	Aprobado
afag	4,24	29,7	152,5	152,5	39,5	Aprobado
agTR35	4,81	26,1	152,0	152,0	38,4	Aprobado
agah	4,24	29,7	152,5	152,5	39,5	Aprobado
ahTR36	4,81	26,1	152,0	152,0	38,4	Aprobado
ahai	4,80	26,2	152,6	152,6	38,4	Aprobado
aiTR37	4,81	26,1	152,0	152,0	38,4	Aprobado
aiaj	4,80	26,1	152,2	152,2	38,4	Aprobado
ajTR38	4,81	26,1	152,0	152,0	38,4	Aprobado
ajak	4,90	25,6	149,7	149,6	38,1	Aprobado
akTR39	4,90	25,6	149,7	149,6	38,1	Aprobado

Tabla 86. Flujo de calor y temperaturas de interés (continuación)

Tubería	Resistencia equivalente (m°C/W)	Transferencia de calor (W/m)	Temperatura interior del tubo (°C)	Temperatura exterior del tubo (°C)	Temperatura superficial (°C)	Condición
aeal	4,91	25,3	148,4	148,4	38,0	Aprobado
alTR26	4,90	25,6	149,6	149,6	38,1	Aprobado
alam	4,91	25,3	148,4	148,4	38,0	Aprobado
amTR27	4,91	25,3	148,4	148,4	38,0	Aprobado
can	4,56	27,3	150,8	150,8	31,7	Aprobado
anTR28	4,56	29,8	159,4	159,4	32,1	Aprobado
añañ	4,64	26,9	148,9	148,9	31,6	Aprobado
añTR29	4,57	29,2	157,6	157,6	32,0	Aprobado
añao	4,64	27,0	149,1	149,1	31,6	Aprobado
aoTR30	4,59	28,6	155,3	155,3	31,9	Aprobado
aoap	4,63	27,1	149,6	149,6	31,7	Aprobado
apTR31	4,61	28,0	153,1	153,0	31,8	Aprobado
apaq	4,63	27,1	149,8	149,7	31,7	Aprobado
aqTR32	4,63	27,1	149,8	149,8	31,7	Aprobado
bar	3,39	40,7	164,8	164,7	33,4	Aprobado
arTR33	4,55	30,2	161,0	161,0	32,2	Aprobado

Tabla 86. Flujo de calor y temperaturas de interés (continuación)

Tubería	Resistencia equivalente (m°C/W)	Transferencia de calor (W/m)	Temperatura interior del tubo (°C)	Temperatura exterior del tubo (°C)	Temperatura superficial (°C)	Condición
asTR34	4,53	30,1	160,2	160,2	31,4	Aprobado
atau	4,71	29,3	164,6	164,6	39,7	Aprobado
auav	4,71	29,3	164,6	164,6	39,7	Aprobado
auaw	4,70	29,6	165,8	165,7	39,9	Aprobado
asTR42	4,53	30,1	160,2	160,2	31,4	Aprobado
asa	4,52	30,4	161,0	161,0	31,5	Aprobado

Fuente: Propia.

Anexo 16. Filtros para tuberías de condensados

Tabla 87. Selección de filtros para tuberías de condensado

ID	Ubicación	Presión (kPa)	Temperatura (°C)	Diámetro (mm)	Modelo	Malla	Presión máxima de operación (kPa)
FILC1	TR1	606,9	164,7	25	1"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6
FILC2	TR2	584,2	163,3	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6
FILC3	TR3	578,5	163,0	25	1"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6
FILC4	TR4	576,9	162,9	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6
FILC5	TR5	298,7	142,5	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2103,0
FILC6	TR6	298,6	142,5	40	1-1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2103,0
FILC7	TR7	577,1	162,9	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6
FILC8	TR8	228,7	135,5	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2171,9
FILC9	TR9	574,7	162,8	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6
FILC10	TR10	292,0	142,0	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2137,5
FILC11	TR11	291,4	141,9	20	3/4"-CA-1-SC	40x40-304ss	2109,9
FILC12	TR12	571,6	162,6	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6
FILC13	TR13	223,4	134,9	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2171,9
FILC14	TR14	572,1	162,7	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6
FILC15	TR15	551,3	161,5	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1965,1

Tabla 87. Selección de filtros para tuberías de condensado (continuación)

ID	Ubicación	Presión (kPa)	Temperatura (°C)	Diámetro (mm)	Modelo	Malla	Presión máxima de operación (kPa)
FILC16	TR16	539,4	160,8	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1965,1
FILC17	TR17	556,7	161,8	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1965,1
FILC18	TR18	542,8	161,0	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1965,1
FILC19	TR19	541,1	160,9	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1965,1
FILC20	TR20	537,4	160,7	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1965,1
FILC21	TR21	532,2	160,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1965,1
FILC22	TR22	492,9	157,7	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1999,6
FILC23	TR23	445,8	154,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1999,6
FILC24	TR24	412,9	152,0	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2034,0
FILC25	TR25	418,2	152,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2034,0
FILC26	TR26	417,5	152,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2034,0
FILC27	TR27	399,6	151,1	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2034,0
FILC28	TR28	571,4	162,6	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6
FILC29	TR29	538,7	160,7	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1965,1
FILC30	TR30	503,4	158,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1965,1
FILC31	TR31	470,0	156,1	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1999,6

Tabla 87. Selección de filtros para tuberías de condensado (continuación)

ID	Ubicación	Presión (kPa)	Temperatura (°C)	Diámetro (mm)	Modelo	Malla	Presión máxima de operación (kPa)
FILC32	TR32	422,8	152,7	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2034,0
FILC33	TR33	599,8	164,2	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6
FILC34	TR34	585,7	163,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6
FILC35	TR35	418,2	152,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2034,0
FILC36	TR36	418,2	152,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2034,0
FILC37	TR37	418,2	152,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2034,0
FILC38	TR38	418,2	152,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2034,0
FILC39	TR39	418,2	152,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2034,0
FILC40	TR40	138,0	121,0	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2275,4
FILC41	TR41	138,0	121,0	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	2275,4
FILC42	TR42	585,7	163,4	15	1/2"-CA-1-SC	40x40-304ss	1930,6

Fuente: Propia.

Anexo 17. Selección de válvulas para tuberías de condensado

Tabla 88. Selección de válvulas para condensados

Tubería	Tamaño (mm)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Tipo	Cantidad	Conexión	Designación	Presión máxima a temperatura de operación (kPa)
ab	50	142,0	292,4	Compuerta	1	Roscada	2"-30276-TE	1379,0
arc	25	165,0	613,3	No requiere				
cTR1	25	164,7	606,9	Bola	2	Roscada	1"-5457-4-R	5200,6
bd	40	143,1	304,6	No requiere				
dTR2	15	163,3	584,2	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5315,2
de	40	143,5	309,3	No requiere				
ef	40	141,2	283,3	Bola	1	Roscada	1-1/2"-30276-TE	7186,5
fTR3	25	163,0	578,5	Bola	2	Roscada	1"-5457-4-R	5340,7
fj	40	141,4	285,6	No requiere				
jTR6	40	142,5	298,6	Compuerta	2	Roscada	1-1/2"-30276-TE	1379,0
jk	20	142,5	298,2	No requiere				
kTR5	15	142,5	298,7	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	7072,9
kl	20	142,6	299,1	No requiere				
lTR4	15	162,9	576,9	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5349,1
lm	20	142,6	299,4	No requiere				
mTR8	15	135,5	228,7	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	7667,9
mn	20	142,7	299,9	No requiere				
nTR7	15	162,9	577,1	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5349,1
nñ	20	142,7	300,7	No requiere				
ñTR10	15	142,0	292,0	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	7122,8

Tabla 88. Selección de válvulas para condensados (continuación)

Tubería	Tamaño (mm)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Tipo	Cantidad	Conexión	Designación	Presión máxima a temperatura de operación (kPa)
ño	20	142,7	300,4	No requiere				
oTR11	20	141,9	291,4	Bola	2	Roscada	3/4"-5457-4-R	7127,3
op	15	134,8	222,2	No requiere				
pTR9	15	162,8	574,7	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5357,6
pq	15	134,8	222,2	No requiere				
qTR13	15	134,9	223,4	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	7717,2
qr	15	162,6	571,5	No requiere				
rTR12	15	162,6	571,6	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5374,5
es	20	146,0	337,7	Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	6780,6
sTR14	15	162,7	572,1	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5366,1
st	20	146,4	342,7	No requiere				
tu	15	160,8	540,7	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5527,0
uTR15	15	161,5	551,3	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5467,7
uv	15	160,8	539,3	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5527,0
vTR16	15	160,8	539,4	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5527,0
tw	20	147,7	357,7	Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	6636,6
wTR17	15	161,8	556,7	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5442,3
wx	20	148,6	367,9	Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	6560,4
xTR18	15	161,0	542,8	Bola	3	Roscada	1/2"-5457-4-R	5510,1
xy	20	148,6	368,5	No requiere				
yTR19	15	160,9	541,1	Bola	3	Roscada	1/2"-5457-4-R	5518,5
yz	20	148,7	368,9	No requiere				
zTR20	15	160,7	537,4	Bola	3	Roscada	1/2"-5457-4-R	5535,5

Tabla 88. Selección de válvulas para condensados (continuación)

Tubería	Tamaño (mm)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Tipo	Cantidad	Conexión	Designación	Presión máxima a temperatura de operación (kPa)
zaa	20	149,0	372,9	Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	6526,5
aaTR21	15	160,4	532,2	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5560,9
aaab	20	150,2	386,8	Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	6425,1
abTR22	15	157,7	492,9	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5792,2
abac	20	151,3	402,6	Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	6330,9
acTR23	15	154,4	445,8	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	6073,2
acad	20	148,6	368,2	Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	6560,4
adTR24	15	152,0	412,9	Bola	3	Roscada	1/2"-5457-4-R	6270,0
adae	20	149,4	376,7	Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	6492,7
aeaf	20	150,1	385,1	Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	6435,3
afTR25	15	152,4	418,2	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	6237,8
afag	20	152,7	422,4	No requiere				
agTR35	15	152,4	418,2	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	6237,8
agah	20	152,7	423,0	Bola	1	Roscada	3/4"-5457-4-R	6209,8
ahTR36	15	152,4	418,2	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	6237,8
ahai	15	152,8	424,0	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6203,2
aiTR37	15	152,4	418,1	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	6238,4
aiaj	15	152,6	420,7	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6222,9
ajTR38	15	152,4	418,2	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	6237,8
ajak	15	152,4	418,1	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6238,4
akTR39	15	152,4	418,2	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	6237,8
aeal	15	151,2	400,4	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6344,0
alTR26	15	152,4	417,5	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	6242,0

Tabla 88. Selección de válvulas para condensados (continuación)

Tubería	Tamaño (mm)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Tipo	Cantidad	Conexión	Designación	Presión máxima a temperatura de operación (kPa)
alam	15	151,1	399,5	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6349,4
amTR27	15	151,1	399,6	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	6348,8
can	15	151,4	404,1	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6321,9
anTR28	15	162,6	571,4	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5373,8
añañ	15	151,8	409,8	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6287,9
añTR29	15	160,7	538,7	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5532,9
añaño	15	152,0	412,3	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6273,0
aoTR30	15	158,4	503,4	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5730,0
aoap	15	152,5	420,1	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6226,5
apTR31	15	156,1	470,0	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5928,8
apaq	15	152,7	421,8	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6216,3
aqTR32	15	152,7	422,8	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	6210,3
bar	25	164,9	612,0	No requiere				
arTR33	15	164,2	599,8	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5235,4
asTR34	15	163,4	585,7	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5304,1
atau	15	165,0	612,3	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5174,7
TR40caño	15	124,4	138,0	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	8613,0
TR41caño	15	124,4	138,0	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	8613,0
auav	15	166,1	612,3	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5076,6
auaw	15	166,1	632,4	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5076,6
awcaño	15	166,1	627,2	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5076,6
asTR42	15	163,4	585,7	Bola	2	Roscada	1/2"-5457-4-R	5304,0
asa	15	164,3	600,8	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5230,7

Tabla 88. Selección de válvulas para condensados (continuación)

Tubería	Tamaño (mm)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Tipo	Cantidad	Conexión	Designación	Presión máxima a temperatura de operación (kPa)
PC1	150	164,7	606,9	Bola	1	Roscada	1"-5457-4-R	5200,6
PC2	100	163,3	584,2	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5311,1
PC3	100	163,0	578,5	Bola	1	Roscada	1"-5457-4-R	5340,7
PC4	100	162,9	576,9	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5347,0
PC5	100	142,5	298,7	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	7073,0
PC6	100	162,9	577,1	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5345,9
PC7	100	135,5	228,7	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	7667,9
PC8	32	162,8	574,7	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5357,6
PC9	32	142,0	292,0	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	7122,8
PC10	40	162,6	571,6	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5372,7
PC11	50	134,9	223,4	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	7717,2
PC12	50	162,7	572,1	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5370,3
PC13	20	161,5	551,3	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5471,6
PC14	15	160,8	539,4	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5529,6
PC15	50	161,8	556,7	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5445,3
PC16	40	161,0	542,8	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5512,9
PC17	32	160,9	541,1	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5521,3
PC18	32	160,7	537,4	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5539,3
PC19	40	160,4	532,2	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5564,6
PC20	40	157,7	492,9	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5792,3
PC21	40	154,4	445,8	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6073,3
PC22	15	152,0	412,9	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6269,8
PC23	50	152,4	418,2	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6237,9

Tabla 88. Selección de válvulas para condensados (continuación)

Tubería	Tamaño (mm)	Temperatura (°C)	Presión (kPa)	Tipo	Cantidad	Conexión	Designación	Presión máxima a temperatura de operación (kPa)
PC24	25	152,4	417,5	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6242,1
PC25	15	151,1	399,6	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6349,0
PC26	15	162,6	571,4	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5373,8
PC27	15	160,7	538,7	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5532,9
PC28	15	158,4	503,4	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5730,0
PC29	15	156,1	470,0	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5928,8
PC30	15	152,7	422,8	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6210,3
PC31	15	164,2	599,8	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5235,4
PC32	15	163,4	585,7	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	5304,0
PC33	50	152,4	418,2	Bola	1	Roscada	1/2"-5457-4-R	6237,9

Fuente: Propia.

8.2. INFORMES DE SIMULACIONES

8.2.1. Tuberías

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	33	m/s ▼
Upstream Pressure	6.1225	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	11140.5	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	25.19	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	178.835	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	200	mm ▼
Upstream Velocity	25.6766	m/s ▼
Downstream Pressure	6.10275	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	150	mm ▼
Upstream Velocity	44.4554	m/s ▼
Downstream Pressure	6.04458	bar gauge ▼

Figura 48. Comprobación de tubería BC

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	6.1225	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	60.5	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	10.231	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	19.5474	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	13.0462	m/s ▼
Downstream Pressure	6.08057	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	23.0757	m/s ▼
Downstream Pressure	5.94716	bar gauge ▼

Figura 49. Comprobación de tubería AD

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	6.1225	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	60.5	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	10.231	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
		Print
Theoretical Pipe Bore	19.5474	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	13.0462	m/s ▼
Downstream Pressure	6.08057	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	23.0757	m/s ▼
Downstream Pressure	5.94716	bar gauge ▼

Figura 50. Comprobación de tubería BE

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	33	m/s ▼
Upstream Pressure	6.069	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	3776.2	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	54.33	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
		Print
Theoretical Pipe Bore	104.490	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	125	mm ▼
Upstream Velocity	21.9223	m/s ▼
Downstream Pressure	6.01204	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	100	mm ▼

Figura 51. Comprobación de tubería CF

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	6.069	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	51.2	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	9.26	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	18.0465	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	11.1198	m/s ▼
Downstream Pressure	6.04098	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	19.6682	m/s ▼
Downstream Pressure	5.95214	bar gauge ▼

Figura 52. Comprobación de tubería CAN

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	33	m/s ▼
Upstream Pressure	6.069	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	3116.2	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	1.1	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	94.9204	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	100	mm ▼
Upstream Velocity	28.4329	m/s ▼
Downstream Pressure	6.06651	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	80	mm ▼
Upstream Velocity	48.9706	m/s ▼
Downstream Pressure	6.05935	bar gauge ▼

Figura 53. Comprobación de tubería CAÑ

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	33	m/s ▼
Upstream Pressure	5.842	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	3116.2	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	21.13	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	96.3956	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	100	mm ▼
Upstream Velocity	29.3236	m/s ▼
Downstream Pressure	5.79262	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	80	mm ▼
Upstream Velocity	50.5046	m/s ▼
Downstream Pressure	5.64853	bar gauge ▼

Figura 54. Comprobación de tubería FG

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.785	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	1491	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	41.75	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	99.2912	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	100	mm ▼
Upstream Velocity	14.1417	m/s ▼
Downstream Pressure	5.75995	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	80	mm ▼
Upstream Velocity	24.3565	m/s ▼
Downstream Pressure	5.68735	bar gauge ▼

Figura 55. Comprobación de tubería GH

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	3	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	1491	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	95.52	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	127.298	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	125	mm ▼
Upstream Velocity	14.7898	m/s ▼
Downstream Pressure	2.96953	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	100	mm ▼
Upstream Velocity	23.2448	m/s ▼
Downstream Pressure	2.90519	bar gauge ▼

Figura 56. Comprobación de tubería HC540

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.785	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	1256.4	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	44.51	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	91.1457	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	100	mm ▼
Upstream Velocity	11.9166	m/s ▼
Downstream Pressure	5.76556	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	80	mm ▼
Upstream Velocity	20.5242	m/s ▼
Downstream Pressure	5.70931	bar gauge ▼

Figura 57. Comprobación de tubería GI

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	2.3	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	1256.4	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	100	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	127.861	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	125	mm ▼
Upstream Velocity	14.9208	m/s ▼
Downstream Pressure	2.27219	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	100	mm ▼
Upstream Velocity	23.4508	m/s ▼
Downstream Pressure	2.21339	bar gauge ▼

Figura 58. Comprobación de tubería IC536

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.785	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	134.8	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	31.41	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	29.8550	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	32	mm ▼
Upstream Velocity	10.8644	m/s ▼
Downstream Pressure	5.73942	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	18.8390	m/s ▼
Downstream Pressure	5.60345	bar gauge ▼

Figura 59. Comprobación de tubería GJ

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	3	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	134.8	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	30.25	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	38.2762	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	40	mm ▼
Upstream Velocity	13.1115	m/s ▼
Downstream Pressure	2.96667	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	32	mm ▼
Upstream Velocity	17.8579	m/s ▼
Downstream Pressure	2.92766	bar gauge ▼

Figura 60. Comprobación de tubería JC570

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.785	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	234	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	35.2	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	39.3351	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	40	mm ▼
Upstream Velocity	13.8470	m/s ▼
Downstream Pressure	5.71921	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	32	mm ▼
Upstream Velocity	18.8596	m/s ▼
Downstream Pressure	5.64209	bar gauge ▼

Figura 61. Comprobación de tubería GK

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	2.3	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	234	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	39.89	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	55.1802	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	65	mm ▼
Upstream Velocity	11.6252	m/s ▼
Downstream Pressure	2.28255	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	50	mm ▼
Upstream Velocity	16.5833	m/s ▼
Downstream Pressure	2.25754	bar gauge ▼

Figura 62. Comprobación de tubería KC580

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	33	m/s ▼
Upstream Pressure	5.842	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	650	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	22.5	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	44.0252	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	50	mm ▼
Upstream Velocity	23.2236	m/s ▼
Downstream Pressure	5.76161	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	40	mm ▼
Upstream Velocity	38.1611	m/s ▼
Downstream Pressure	5.56078	bar gauge ▼

Figura 63. Comprobación de tubería FL

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.721	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	80	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	15.91	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	23.1026	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	11.2809	m/s ▼
Downstream Pressure	5.68607	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	18.2234	m/s ▼
Downstream Pressure	5.60486	bar gauge ▼

Figura 64. Comprobación de tubería LM

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.677	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	1.1	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	11.5872	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	12.9306	m/s ▼
Downstream Pressure	5.66884	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	8	mm ▼
Upstream Velocity	23.6911	m/s ▼
Downstream Pressure	5.64002	bar gauge ▼

Figura 65. Comprobación de tubería M1

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.677	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	60	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	23.3	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	20.0696	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	13.7526	m/s ▼
Downstream Pressure	5.57669	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	24.3251	m/s ▼
Downstream Pressure	5.25138	bar gauge ▼

Figura 66. Comprobación de tubería MN

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.549	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	1.16	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	11.6935	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	13.1690	m/s ▼
Downstream Pressure	5.54024	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	8	mm ▼
Upstream Velocity	24.1280	m/s ▼
Downstream Pressure	5.50928	bar gauge ▼

Figura 67. Comprobación de tubería N2

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.549	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	40	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	25.2	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	16.5372	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	9.33749	m/s ▼
Downstream Pressure	5.49706	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	16.5158	m/s ▼
Downstream Pressure	5.33108	bar gauge ▼

Figura 68. Comprobación de tubería NÑ

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.477	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	1	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	11.7547	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	13.3072	m/s ▼
Downstream Pressure	5.46937	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	8	mm ▼
Upstream Velocity	24.3811	m/s ▼
Downstream Pressure	5.44241	bar gauge ▼

Figura 69. Comprobación de tubería Ñ3

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.477	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	22.9	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	11.7547	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	13.3072	m/s ▼
Downstream Pressure	5.30017	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	8	mm ▼
Upstream Velocity	24.3811	m/s ▼
Downstream Pressure	4.63561	bar gauge ▼

Figura 70. Comprobación de tubería ÑO

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.394	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	1.1	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	11.8264	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	13.4701	m/s ▼
Downstream Pressure	5.38551	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	8	mm ▼
Upstream Velocity	24.6796	m/s ▼
Downstream Pressure	5.35548	bar gauge ▼

Figura 71. Comprobación de tubería O4

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	33	m/s ▼
Upstream Pressure	5.721	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	570	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	62.48	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	41.5759	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	50	mm ▼
Upstream Velocity	20.7114	m/s ▼
Downstream Pressure	5.54179	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	40	mm ▼

Figura 72. Comprobación de tubería LP

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.446	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	240	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	6.16	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	40.8118	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	40	mm ▼
Upstream Velocity	14.9062	m/s ▼
Downstream Pressure	5.43339	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	32	mm ▼
Upstream Velocity	20.3022	m/s ▼
Downstream Pressure	5.41872	bar gauge ▼

Figura 73. Comprobación de tubería PQ

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.428	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	120	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	27.3	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	28.8964	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	32	mm ▼
Upstream Velocity	10.1779	m/s ▼
Downstream Pressure	5.39443	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	17.6486	m/s ▼
Downstream Pressure	5.29458	bar gauge ▼

Figura 74. Comprobación de tubería QR

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	5.428	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	120	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	40.12	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	28.8964	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	32	mm ▼
Upstream Velocity	10.1779	m/s ▼
Downstream Pressure	5.37861	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	17.6486	m/s ▼
Downstream Pressure	5.23100	bar gauge ▼

Figura 75. Comprobación de tubería QS

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	33	m/s ▼
Upstream Pressure	5.446	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	330	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	89.6	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	32.2645	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	32	mm ▼
Upstream Velocity	27.9155	m/s ▼
Downstream Pressure	4.68989	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		

Figura 76. Comprobación de tubería PT

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.306	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	80	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	14.29	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	25.8249	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	14.0961	m/s ▼
Downstream Pressure	4.26683	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	22.7712	m/s ▼
Downstream Pressure	4.17542	bar gauge ▼

Figura 77. Comprobación de tubería TU

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.256	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	9.12	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	12.9701	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.1593	m/s ▼
Downstream Pressure	4.22954	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.2012	m/s ▼
Downstream Pressure	4.17083	bar gauge ▼

Figura 78. Comprobación de tubería U1

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.256	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	80	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	6.2	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	25.9401	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	14.2222	m/s ▼
Downstream Pressure	4.23889	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	22.9749	m/s ▼
Downstream Pressure	4.19921	bar gauge ▼

Figura 79. Comprobación de tubería UV

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.234	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	5	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	12.9957	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.1994	m/s ▼
Downstream Pressure	4.21945	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.2652	m/s ▼
Downstream Pressure	4.18728	bar gauge ▼

Figura 80. Comprobación de tubería V2

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.234	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	80	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	6.2	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	25.9913	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	14.2784	m/s ▼
Downstream Pressure	4.21682	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	23.0657	m/s ▼
Downstream Pressure	4.17699	bar gauge ▼

Figura 81. Comprobación de tubería VW

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.213	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	4.96	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
		Print
Theoretical Pipe Bore	13.0203	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.2381	m/s ▼
Downstream Pressure	4.19851	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.3268	m/s ▼
Downstream Pressure	4.16648	bar gauge ▼

Figura 82. Comprobación de tubería W3

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.213	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	80	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	3.9	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
		Print
Theoretical Pipe Bore	26.0405	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	14.3325	m/s ▼
Downstream Pressure	4.20216	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	23.1530	m/s ▼
Downstream Pressure	4.17707	bar gauge ▼

Figura 83. Comprobación de tubería WX

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.199	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	9.01	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	13.0367	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.2640	m/s ▼
Downstream Pressure	4.17259	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.3681	m/s ▼
Downstream Pressure	4.11399	bar gauge ▼

Figura 84. Comprobación de tubería X4

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.199	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	60	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	3.6	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	22.5803	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	10.7766	m/s ▼
Downstream Pressure	4.19311	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	17.4087	m/s ▼
Downstream Pressure	4.17952	bar gauge ▼

Figura 85. Comprobación de tubería XY

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.174	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	4.92	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	13.0663	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.3106	m/s ▼
Downstream Pressure	4.15953	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.4425	m/s ▼
Downstream Pressure	4.12753	bar gauge ▼

Figura 86. Comprobación de tubería Y5

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.174	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	40	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	5.9	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	18.4785	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	11.6585	m/s ▼
Downstream Pressure	4.15888	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	20.6212	m/s ▼
Downstream Pressure	4.11103	bar gauge ▼

Figura 87. Comprobación de tubería YZ

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.153	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	4.88	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	13.0913	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.3501	m/s ▼
Downstream Pressure	4.13859	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.5055	m/s ▼
Downstream Pressure	4.10673	bar gauge ▼

Figura 88. Comprobación de tubería Z6

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.153	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	5.5	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	13.0913	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.3501	m/s ▼
Downstream Pressure	4.13676	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.5055	m/s ▼
Downstream Pressure	4.10082	bar gauge ▼

Figura 89. Comprobación de tubería ZAA

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.129	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	8.92	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	13.1201	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.3956	m/s ▼
Downstream Pressure	4.10252	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.5781	m/s ▼
Downstream Pressure	4.04375	bar gauge ▼

Figura 90. Comprobación de tubería AA7

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	33	m/s ▼
Upstream Pressure	4.306	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	330	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	16.05	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	35.3622	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	40	mm ▼
Upstream Velocity	24.6205	m/s ▼
Downstream Pressure	4.23448	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	32	mm ▼
Upstream Velocity	33.5330	m/s ▼
Downstream Pressure	4.15032	bar gauge ▼

Figura 91. Comprobación de tubería TAB

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.219	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	250	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	60.73	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	46.0087	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	50	mm ▼
Upstream Velocity	11.5288	m/s ▼
Downstream Pressure	4.17148	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	40	mm ▼
Upstream Velocity	18.9441	m/s ▼
Downstream Pressure	4.05327	bar gauge ▼

Figura 92. Comprobación de tubería ABAC

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.219	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	80	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	27.2	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	26.0264	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	14.3170	m/s ▼
Downstream Pressure	4.14302	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	23.1280	m/s ▼
Downstream Pressure	3.96363	bar gauge ▼

Figura 93. Comprobación de tubería ABAD

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.122	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	9.1	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	13.1285	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.4090	m/s ▼
Downstream Pressure	4.09495	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.5994	m/s ▼
Downstream Pressure	4.03490	bar gauge ▼

Figura 94. Comprobación de tubería AD1

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.122	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	80	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	5.9	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	26.2570	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	14.5718	m/s ▼
Downstream Pressure	4.10532	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	23.5396	m/s ▼
Downstream Pressure	4.06664	bar gauge ▼

Figura 95. Comprobación de tubería ADAE

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.101	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	5	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	13.1539	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.4493	m/s ▼
Downstream Pressure	4.08610	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.6636	m/s ▼
Downstream Pressure	4.05313	bar gauge ▼

Figura 96. Comprobación de tubería AE2

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.101	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	80	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	5.9	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	26.3077	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	14.6282	m/s ▼
Downstream Pressure	4.08425	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	23.6307	m/s ▼
Downstream Pressure	4.04542	bar gauge ▼

Figura 97. Comprobación de tubería AEF

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.08	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	4.96	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	13.1794	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.4899	m/s ▼
Downstream Pressure	4.06516	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.7284	m/s ▼
Downstream Pressure	4.03233	bar gauge ▼

Figura 98. Comprobación de tubería AF3

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.08	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	80	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	4	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	26.3588	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	14.6850	m/s ▼
Downstream Pressure	4.06861	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	23.7225	m/s ▼
Downstream Pressure	4.04224	bar gauge ▼

Figura 99. Comprobación de tubería AFAG

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.066	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	9.01	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	13.1965	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.5171	m/s ▼
Downstream Pressure	4.03894	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.7718	m/s ▼
Downstream Pressure	3.97887	bar gauge ▼

Figura 100. Comprobación de tubería AG4

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.066	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	60	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	3.7	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	22.8570	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	25	mm ▼
Upstream Velocity	11.0424	m/s ▼
Downstream Pressure	4.05980	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	17.8381	m/s ▼
Downstream Pressure	4.04548	bar gauge ▼

Figura 101. Comprobación de tubería AGAH

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.039	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	4.92	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	13.2297	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.5701	m/s ▼
Downstream Pressure	4.02416	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.8562	m/s ▼
Downstream Pressure	3.99136	bar gauge ▼

Figura 102. Comprobación de tubería AH5

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.039	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	40	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	5.6	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
	Calculate	Reset
	Print	
Theoretical Pipe Bore	18.7096	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	20	mm ▼
Upstream Velocity	11.9519	m/s ▼
Downstream Pressure	4.02429	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	21.1401	m/s ▼
Downstream Pressure	3.97774	bar gauge ▼

Figura 103. Comprobación de tubería AHAI

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.019	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	4.88	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	13.2544	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.6096	m/s ▼
Downstream Pressure	4.00423	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.9194	m/s ▼
Downstream Pressure	3.97157	bar gauge ▼

Figura 104. Comprobación de tubería AI6

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	4.019	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	5.21	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	13.2544	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.6096	m/s ▼
Downstream Pressure	4.00323	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.9194	m/s ▼
Downstream Pressure	3.96834	bar gauge ▼

Figura 105. Comprobación de tubería AIAJ

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	3.996	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	20	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	8.92	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	13.2831	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	10.6555	m/s ▼
Downstream Pressure	3.96886	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	16.9925	m/s ▼
Downstream Pressure	3.90859	bar gauge ▼

Figura 106. Comprobación de tubería AJ7

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	6.032	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	25.6	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	100	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	12.7925	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	9.88303	m/s ▼
Downstream Pressure	5.67518	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	15.7606	m/s ▼
Downstream Pressure	4.81830	bar gauge ▼

Figura 107. Comprobación de tubería HAK

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	6.032	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	25.6	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	37.79	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	12.7925	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	15	mm ▼
Upstream Velocity	9.88303	m/s ▼
Downstream Pressure	5.89919	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	10	mm ▼
Upstream Velocity	15.7606	m/s ▼
Downstream Pressure	5.59797	bar gauge ▼

Figura 108. Comprobación de tubería HAL

Fuente: Spirax Sarco.

Calculation	Sizing on Velocity ▼	
Target Upstream Velocity	15	m/s ▼
Upstream Pressure	0.4	bar gauge ▼
Mass Flow Rate	120	kg/h ▼
Equivalent Pipe Length	34.67	m ▼
Pipe Standard and Schedule	ANSI - Schedule 40 ▼	
<input type="button" value="Calculate"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="Print"/>		
Theoretical Pipe Bore	58.8905	mm ▼
Closest Larger Available Pipe		
Nominal Bore	65	mm ▼
Upstream Velocity	13.2411	m/s ▼
Downstream Pressure	0.390213	bar gauge ▼
Closest Smaller Available Pipe		
Nominal Bore	50	mm ▼
Upstream Velocity	18.8884	m/s ▼
Downstream Pressure	0.376158	bar gauge ▼

Figura 109. Comprobación de tubería SAM

Fuente: Spirax Sarco.

8.2.2. Válvulas reguladoras de presión

Select Configuration | Application Needs | Valve Type | Characteristics | Selected Valve | Complete Selection

Recommended Armstrong Valve

Product Specifications



Valve Type	Externally Piloted
Model Number	GP-2000 (DIN)
Connection Size	1-1/2"
Connection Type	DN40
Max. Valve Cv	18,80
Service	Steam
Inlet Pressure	1,0 - 20,7 barg
Reduced Pressure	0,1 - 13,8 barg
Min. Diff. Press.	0,5 barg
Maximum Temp.	232 C
Material	Ductile Iron
Weight	23,1 kg

Application Specifications

Required Cv	16,16
Actual Cv	18,00
Capacity % (Req'd Cv/Actual Cv)	90%
Recommended Inlet Size (mm)	65
Inlet Velocity (m/s)	31
Recommended Delivery Pipe Size (mm)	100
Delivery Pipe Velocity (m/s)	23
Max. Capacity of valve for safety relief sizing (kg/hr)	1 401
Total Noise Level (dBa)	77
Noise Reduction Plate	No

Additional Information

- [Single Stage Reduction Installation \(GD30\)](#)
- [Single Stage Reduction Installation \(GP-2000\)](#)

Figura 110. Comprobación válvula reductora RED2

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Configuration | Application Needs | Valve Type | Characteristics | Selected Valve | Complete Selection

Recommended Armstrong Valve

Product Specifications



Valve Type	Internally Piloted
Model Number	GP-1000 (NPT)
Connection Size	3/4"
Connection Type	NPT
Max. Valve Cv	2,30
Service	Steam
Inlet Pressure	1,0 - 10,3 barg
Reduced Pressure	0,3 - 8,6 barg
Min. Diff. Press.	0,5 barg
Maximum Temp.	232 C
Material	Cast Iron
Weight	7,0 kg

Application Specifications

Required Cv	1,80
Actual Cv	2,00
Capacity % (Req'd Cv/Actual Cv)	90%
Recommended Inlet Size (mm)	20
Inlet Velocity (m/s)	30
Recommended Delivery Pipe Size (mm)	32
Delivery Pipe Velocity (m/s)	17
Max. Capacity of valve for safety relief sizing (kg/hr)	150
Total Noise Level (dBa)	54
Noise Reduction Plate	No

Additional Information

- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Internally Piloted Valve](#)
- [Product Literature](#)
- [Single Stage Reduction Installation \(GD30\)](#)
- [Single Stage Reduction Installation \(GP-2000\)](#)
- [Submittal Drawing](#)

Figura 111. Comprobación válvula reductora RED3

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Configuration | Application Needs | Valve Type | Characteristics | Selected Valve | Complete Selection

Recommended Armstrong Valve

Product Specifications



Valve Type	Externally Piloted
Model Number	GP-2000 (NPT)
Connection Size	1/2"
Connection Type	NPT
Max. Valve Cv	5,00
Service	Steam
Inlet Pressure	1,0 - 20,7 barg
Reduced Pressure	0,1 - 13,8 barg
Min. Diff. Press.	0,5 barg
Maximum Temp.	232 C
Material	Ductile Iron
Weight	15,4 kg

Application Specifications

Required Cv	3,01
Actual Cv	5,00
Capacity % (Req'd Cv/Actual Cv)	60%
Recommended Inlet Size (mm)	25
Inlet Velocity (m/s)	32
Recommended Delivery Pipe Size (mm)	40
Delivery Pipe Velocity (m/s)	26
Max. Capacity of valve for safety relief sizing (kg/hr)	389
Total Noise Level (dBa)	63
Noise Reduction Plate	No

Additional Information

- [Externally Piloted Valve](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Product Literature](#)
- [Single Stage Reduction Installation \(GD30\)](#)
- [Single Stage Reduction Installation \(GP-2000\)](#)
- [Submittal Drawing](#)

Figura 112. Comprobación válvula reductora RED4

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Configuration | Application Needs | Valve Type | Characteristics | Selected Valve | Complete Selection

Recommended Armstrong Valve

Product Specifications



Valve Type	Internally Piloted
Model Number	GP-1000 (NPT)
Connection Size	3/4"
Connection Type	NPT
Max. Valve Cv	2,30
Service	Steam
Inlet Pressure	1,0 - 10,3 barg
Reduced Pressure	0,3 - 8,6 barg
Min. Diff. Press.	0,5 barg
Maximum Temp.	232 C
Material	Cast Iron
Weight	7,0 kg

Application Specifications

Required Cv	1,67
Actual Cv	2,00
Capacity % (Req'd Cv/Actual Cv)	84%
Recommended Inlet Size (mm)	20
Inlet Velocity (m/s)	28
Recommended Delivery Pipe Size (mm)	32
Delivery Pipe Velocity (m/s)	38
Max. Capacity of valve for safety relief sizing (kg/hr)	144
Total Noise Level (dBa)	62
Noise Reduction Plate	No

Additional Information

- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Internally Piloted Valve](#)
- [Product Literature](#)
- [Single Stage Reduction Installation \(GD30\)](#)
- [Single Stage Reduction Installation \(GP-2000\)](#)
- [Submittal Drawing](#)

Figura 113. Comprobación válvula reductora RED5

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

8.2.3. Trampas de vapor

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
125-A5

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction

Horizontal (Same Side)

Material
Cast Iron

Weight
4,99 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

[Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)

[How to Trap Steam Distribution Systems](#)

[Installation & Maintenance Instructions](#)

[Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)

[Product Brochure](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 114. Comprobación Trampa de vapor TR1 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction

Horizontal

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.

Additional Information

[Drip Leg Sizing at Risers and End of Main](#)

[Drip Leg Sizing on Steam Mains](#)

[Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)

[How to Trap Steam Distribution Systems](#)

[Installation & Maintenance Instructions](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 115. Comprobación Trampa de vapor TR2 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
125-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
1/8"

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Use IBLV above F&T pressure/temperature limitations.

Additional Information

- [Drip Leg Sizing at Risers and End of Main](#)
- [Drip Leg Sizing on Steam Mains](#)
- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 116. Comprobación Trampa de vapor TR2 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
812

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
5/32"

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
6,80 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.
4. Large Vent (IBLV) is recommended for this application

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 117. Comprobación Trampa de vapor TR3 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
125-A5

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction

Horizontal (Same Side)

Material
Cast Iron

Weight
4,99 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 118. Comprobación Trampa de vapor TR3 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction

Horizontal

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Large Vent (IBLV) is recommended for this application

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 119. Comprobación Trampa de vapor TR4 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Differential Controller
Model Number
81-DC
Maximum Operating Pressure
17,2 barg
Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C
Orifice Size
#38
Flow Direction
Horizontal

Material
Cast Iron
Weight
3,40 kg
Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Auto. Differential Cond. Controller](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 120. Comprobación Trampa de vapor TR4 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket
Model Number
800
Maximum Operating Pressure
10,3 barg
Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C
Orifice Size
#38
Flow Direction
Horizontal

Material
Cast Iron
Weight
2,27 kg
Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 121. Comprobación Trampa de vapor TR5 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-A12,-A13,-A14

Maximum Operating Pressure
5,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
1 1/64"

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 122. Comprobación Trampa de vapor TR5 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
816

Maximum Operating Pressure
5,5 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
9/16"

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
59,42 kg

Number of Traps Required
2

Application Notes

- Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 123. Comprobación Trampa de vapor TR6 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
100-L8,-L10

Maximum Operating Pressure
6,9 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
1-1/8"

Flow Direction

Horizontal (Same Side)

Material
Cast Iron

Weight
88,91 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Customer Service](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 124. Comprobación Trampa de vapor TR6 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction

Horizontal

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 125. Comprobación Trampa de vapor TR7 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
125-A12,-A13,-A14

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
1/8"

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 126. Comprobación Trampa de vapor TR7 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 127. Comprobación Trampa de vapor TR8 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic
Model Number
75-A12, -A13, -A14
Maximum Operating Pressure
5,2 barg
Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C
Orifice Size
11/64"
Flow Direction
Horizontal
Material
Cast Iron
Weight
4,42 kg
Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load: 4,6 kg/hr
Required Capacity: 13,7 kg/hr @ 0,01 barg differential pressure

Figura 128. Comprobación Trampa de vapor TR8 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket
Model Number
800
Maximum Operating Pressure
10,3 barg
Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C
Orifice Size
#38
Flow Direction
Horizontal
Material
Cast Iron
Weight
2,27 kg
Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Large Vent (IBLV) is recommended for this application

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load: 1,4 kg/hr
Required Capacity: 4,1 kg/hr @ 3,06 barg differential pressure

Figura 129. Comprobación Trampa de vapor TR9 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Differential Controller
Model Number
81-DC
Maximum Operating Pressure
17,2 barg
Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C
Orifice Size
#38
Flow Direction
Horizontal

Material
Cast Iron
Weight
3,40 kg
Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Auto. Differential Cond. Controller](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load: 1,4 kg/hr
Required Capacity: 4,1 kg/hr @ 3,06 barg differential pressure

Figura 130. Comprobación Trampa de vapor TR9 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket
Model Number
800
Maximum Operating Pressure
10,3 barg
Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C
Orifice Size
#38
Flow Direction
Horizontal

Material
Cast Iron
Weight
2,27 kg
Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)

Condensate Load: 0,9 kg/hr
Required Capacity: 2,8 kg/hr @ 0,31 barg differential pressure

Figura 131. Comprobación Trampa de vapor TR10 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
5,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
1 1/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 132. Comprobación Trampa de vapor TR10 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
812

Maximum Operating Pressure
4,8 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
3/16"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
6,80 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 133. Comprobación Trampa de vapor TR11 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-A12,-A13,-A14

Maximum Operating Pressure
5,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Product Details](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 134. Comprobación Trampa de vapor TR11 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 135. Comprobación Trampa de vapor TR12 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component	Application Needs	Insulation Efficiency	Trap Type	Trap Characteristics	Selected Trap	Complete Selection
Recommended Armstrong Steam Trap						
Trap Specifications		Application Notes				
	Type of Armstrong Steam Trap	Application Notes				
	Float & Thermostatic					
	Model Number	Additional Information				
	125-AI2,-AI3,-AI4	Features - Float & Thermostatic Steam Trap				
	Maximum Operating Pressure	How to Trap Steam Distribution Systems				
	8,6 barg	Installation & Maintenance Instructions				
	Max. Allowable Pressure/Temp Rating	Operation - Float & Thermostatic Steam Trap				
	12,1 barg @ 232C	Product Literature				
	Orifice Size					
	1/8"					
	Flow Direction					
	→ Horizontal					
	Material					
	Cast Iron					
	Weight					
	4,42 kg					
	Number of Traps Required					
	1					
Condensate Load	<input type="text" value="3,2 kg/hr"/>					
Required Capacity	<input type="text" value="9,6 kg/hr @ 3,03 barg differential pressure"/>					

Figura 136. Comprobación Trampa de vapor TR12 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component	Application Needs	Insulation Efficiency	Trap Type	Trap Characteristics	Selected Trap	Complete Selection
Recommended Armstrong Steam Trap						
Trap Specifications		Application Notes				
	Type of Armstrong Steam Trap	Application Notes				
	Inverted Bucket	1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.				
	Model Number	2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.				
	800	3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.				
	Maximum Operating Pressure	Additional Information				
	10,3 barg	Features - Inverted Bucket Steam Trap				
	Max. Allowable Pressure/Temp Rating	How to Trap Steam Distribution Systems				
	17,2 barg @ 232C	Installation & Maintenance Instructions				
	Orifice Size	Operation - Inverted Bucket Steam Trap				
	#38	Product Literature				
	Flow Direction					
	→ Horizontal					
	Material					
	Cast Iron					
	Weight					
	2,27 kg					
	Number of Traps Required					
	1					
Condensate Load	<input type="text" value="1,4 kg/hr"/>					
Required Capacity	<input type="text" value="4,3 kg/hr @ 0,01 barg differential pressure"/>					

Figura 137. Comprobación Trampa de vapor TR13 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
5,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 138. Comprobación Trampa de vapor TR13 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.

Additional Information

- [Drip Leg Sizing at Risers and End of Main](#)
- [Drip Leg Sizing on Steam Mains](#)
- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 139. Comprobación Trampa de vapor TR14 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
125-A12.-A13.-A14

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
1/8"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Use IBLV above F&T pressure/temperature limitations.

Additional Information

- [Drip Leg Sizing at Risers and End of Main](#)
- [Drip Leg Sizing on Steam Mains](#)
- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 140. Comprobación Trampa de vapor TR14 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawings](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 141. Comprobación Trampa de vapor TR15 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
125-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
1/8"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 142. Comprobación Trampa de vapor TR15 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 143. Comprobación Trampa de vapor TR16 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
125-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
1/8"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Product Drawing](#)

Condensate Load: 1,8 kg/hr
Required Capacity: 5,4 kg/hr @ 2,61 barg differential pressure

Figura 144. Comprobación Trampa de vapor TR16 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.

Additional Information

- [Drip Leg Sizing at Risers and End of Main](#)
- [Drip Leg Sizing on Steam Mains](#)
- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)

Condensate Load: 4,2 kg/hr
Required Capacity: 8,4 kg/hr @ 2,36 barg differential pressure

Figura 145. Comprobación Trampa de vapor TR17 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component	Application Needs	Insulation Efficiency	Trap Type	Trap Characteristics	Selected Trap	Complete Selection
Recommended Armstrong Steam Trap						
Trap Specifications						
	Type of Armstrong Steam Trap	Float & Thermostatic				
	Model Number	125-A12,-A13,-A14				
	Maximum Operating Pressure	8,6 barg				
	Max. Allowable Pressure/Temp Rating	12,1 barg @ 232C				
	Orifice Size	1/8"				
	Flow Direction	<input checked="" type="radio"/> Horizontal				
	Material	Cast Iron				
	Weight	4,42 kg				
	Number of Traps Required	1				
Condensate Load		<input type="text" value="4,2 kg/hr"/>				
Required Capacity		<input type="text" value="8,4 kg/hr @ 2,36 barg differential pressure"/>				
Application Notes						
1. Use IBLV above F&T pressure/temperature limitations.						
Additional Information						
Drip Leg Sizing at Risers and End of Main						
Drip Leg Sizing on Steam Mains						
Features - Float & Thermostatic Steam Trap						
How to Trap Steam Distribution Systems						
Installation & Maintenance Instructions						

Figura 146. Comprobación Trampa de vapor TR17 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component	Application Needs	Insulation Efficiency	Trap Type	Trap Characteristics	Selected Trap	Complete Selection
Recommended Armstrong Steam Trap						
Trap Specifications						
	Type of Armstrong Steam Trap	Inverted Bucket				
	Model Number	800				
	Maximum Operating Pressure	10,3 barg				
	Max. Allowable Pressure/Temp Rating	17,2 barg @ 232C				
	Orifice Size	#38				
	Flow Direction	<input checked="" type="radio"/> Horizontal				
	Material	Cast Iron				
	Weight	2,27 kg				
	Number of Traps Required	1				
Condensate Load		<input type="text" value="0,2 kg/hr"/>				
Required Capacity		<input type="text" value="0,7 kg/hr @ 2,28 barg differential pressure"/>				
Application Notes						
1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.						
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.						
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.						
Additional Information						
Features - Inverted Bucket Steam Trap						
How to Trap Steam Distribution Systems						
Installation & Maintenance Instructions						
Operation - Inverted Bucket Steam Trap						
Product Literature						

Figura 147. Comprobación Trampa de vapor TR18 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
125-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
1/8"

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 148. Comprobación Trampa de vapor TR18 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 149. Comprobación Trampa de vapor TR19 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
125-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
1/8"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 150. Comprobación Trampa de vapor TR19 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Large Vent (IBLV) is recommended for this application

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 151. Comprobación Trampa de vapor TR20 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Differential Controller

Model Number
81-DC

Maximum Operating Pressure
17,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
3,40 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Auto. Differential Cond. Controller](#)
- [Product Literature](#)
- [Product Details](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 152. Comprobación Trampa de vapor TR20 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

- Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Product Details](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 153. Comprobación Trampa de vapor TR21 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
125-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
1/8"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Condensate Load

Required Capacity

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Figura 154. Comprobación Trampa de vapor TR21 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Condensate Load

Required Capacity

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.

Additional Information

- [Drip Leg Sizing at Risers and End of Main](#)
- [Drip Leg Sizing on Steam Mains](#)
- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)

Figura 155. Comprobación Trampa de vapor TR22 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-A12,-A13,-A14

Maximum Operating Pressure
5,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Use IBLV above F&T pressure/temperature limitations.

Additional Information

- [Drip Leg Sizing at Risers and End of Main](#)
- [Drip Leg Sizing on Steam Mains](#)
- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 156. Comprobación Trampa de vapor TR22 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Provide internal check valve when pressures fluctuate.
2. Always use an IB with internal check valve and burnished valve and seat.
3. On Superheat steam, use an IB with internal check valve and burnished valve and seat, never use F&T type traps.

Additional Information

- [Drip Leg Sizing at Risers and End of Main](#)
- [Drip Leg Sizing on Steam Mains](#)
- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 157. Comprobación Trampa de vapor TR23 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Insulation Efficiency | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic
Model Number
75-A12,-A13,-A14
Maximum Operating Pressure
5,2 barg
Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C
Orifice Size
11/64"
Flow Direction
→ Horizontal
Material
Cast Iron
Weight
4,42 kg
Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Use IBLV above F&T pressure/temperature limitations.

Additional Information

- [Drip Leg Sizing at Risers and End of Main](#)
- [Drip Leg Sizing on Steam Mains](#)
- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 158. Comprobación Trampa de vapor TR23 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket
Model Number
800
Maximum Operating Pressure
10,3 barg
Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C
Orifice Size
#38
Flow Direction
→ Horizontal
Material
Cast Iron
Weight
2,27 kg
Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Customer Service](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 159. Comprobación Trampa de vapor TR24 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-A12,-A13,-A14

Maximum Operating Pressure
5,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Condensate Drainage](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 160. Comprobación Trampa de vapor TR24 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Large Vent (IBLV) is recommended for this application

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 161. Comprobación Trampa de vapor TR25 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Select Component | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Differential Controller

Model Number
81-DC

Maximum Operating Pressure
17,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
3,40 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

Additional Information

- [How to Trap Steam Distribution Systems](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Auto. Differential Cond. Controller](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawings](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 162. Comprobación Trampa de vapor TR25 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawings](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 163. Comprobación Trampa de vapor TR26 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
5,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load:

Required Capacity:

Figura 164. Comprobación Trampa de vapor TR26 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load:

Required Capacity:

Figura 165. Comprobación Trampa de vapor TR27 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-A12,-A13,-A14

Maximum Operating Pressure
5,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load:

Required Capacity:

Figura 166. Comprobación Trampa de vapor TR27 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load:

Required Capacity:

Figura 167. Comprobación Trampa de vapor TR28 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Disc

Model Number
CD33S-1/2-3/4

Maximum Operating Pressure
41.4 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
63.1 barg @ 400C

Orifice Size

Flow Direction

All Positions

Material
Stainless Steel

Weight
0.64 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.
2. Disc traps can operate with minimum of 2 psi (.15 bar) inlet pressure and a maximum of 80% back pressure. However, for best results, inlet pressure should not drop below 10 psi (.70 bar) and back pressure should not exceed 50% of inlet pressure.

Additional Information

- [Features - CD-33 Controlled Disc Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 168. Comprobación Trampa de vapor TR28 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10.3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17.2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction

Horizontal

Material
Cast Iron

Weight
2.27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 169. Comprobación Trampa de vapor TR29 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Disc

Model Number
CD33S-1/2 -3/4

Maximum Operating Pressure
41,4 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
63,1 barg @ 400C

Orifice Size

Flow Direction

All Positions

Material
Stainless Steel

Weight
0,64 kg

Number of Traps Required
1

Condensate Load

Required Capacity

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.
2. Disc traps can operate with minimum of 2 psi (.15 bar) inlet pressure and a maximum of 80% back pressure. However, for best results, inlet pressure should not drop below 10 psi (.70 bar) and back pressure should not exceed 50% of inlet pressure.

Additional Information

- [Features - CD-33 Controlled Disc Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Figura 170. Comprobación Trampa de vapor TR29 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction

Horizontal

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Condensate Load

Required Capacity

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Figura 171. Comprobación Trampa de vapor TR30 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Disc

Model Number
CD33S-1/2 -3/4

Maximum Operating Pressure
41,4 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
63,1 barg @ 400C

Orifice Size

Flow Direction
 **All Positions**

Material
Stainless Steel

Weight
0,64 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.
2. Disc traps can operate with minimum of 2 psi (.15 bar) inlet pressure and a maximum of 80% back pressure. However, for best results, inlet pressure should not drop below 10 psi (.70 bar) and back pressure should not exceed 50% of inlet pressure.

Additional Information

- [Features - CD-33 Controlled Disc Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 172. Comprobación Trampa de vapor TR30 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 173. Comprobación Trampa de vapor TR31 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Product Drawing](#)

Condensate Load:

Required Capacity:

Figura 174. Comprobación Trampa de vapor TR31 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Product Drawing](#)

Condensate Load:

Required Capacity:

Figura 175. Comprobación Trampa de vapor TR32 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Disc

Model Number
CD335-1/2 -3/4

Maximum Operating Pressure
41,4 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
63,1 barg @ 400C

Orifice Size

Flow Direction
 **All Positions**

Material
Stainless Steel

Weight
0,64 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.
2. Disc traps can operate with minimum of 2 psi (.15 bar) inlet pressure and a maximum of 80% back pressure. However, for best results, inlet pressure should not drop below 10 psi (.70 bar) and back pressure should not exceed 50% of inlet pressure.

Additional Information

[Features - CD-33 Controlled Disc Trap](#)

[Installation & Maintenance Instructions](#)

[Product Literature](#)

[Submittal Drawing](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 176. Comprobación Trampa de vapor TR32 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

[Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)

[Installation & Maintenance Instructions](#)

[Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)

[Product Literature](#)

[Submittal Drawing](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 177. Comprobación Trampa de vapor TR33 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Disc

Model Number
CD33S-1/2-3/4

Maximum Operating Pressure
41.4 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
63.1 barg @ 400C

Orifice Size

Flow Direction
 **All Positions**

Material
Stainless Steel

Weight
0,64 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.
2. Disc traps can operate with minimum of 2 psi (.15 bar) inlet pressure and a maximum of 80% back pressure. However, for best results, inlet pressure should not drop below 10 psi (.70 bar) and back pressure should not exceed 50% of inlet pressure.

Additional Information

- [Features - CD-33 Controlled Disc Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 178. Comprobación Trampa de vapor TR33 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
 **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 179. Comprobación Trampa de vapor TR34 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Disc

Model Number
CD33S-1/2 -3/4

Maximum Operating Pressure
41,4 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
63,1 barg @ 400C

Orifice Size

Flow Direction

All Positions

Material
Stainless Steel

Weight
0,64 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.
2. Disc traps can operate with minimum of 2 psi (.15 bar) inlet pressure and a maximum of 80% back pressure. However, for best results, inlet pressure should not drop below 10 psi (.70 bar) and back pressure should not exceed 50% of inlet pressure.

Additional Information

- [Features - CD-33 Controlled Disc Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 180. Comprobación Trampa de vapor TR34 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
812

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
5/32"

Flow Direction

Horizontal

Material
Cast Iron

Weight
6,80 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 181. Comprobación Trampa de vapor TR35 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
5.2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12.1 barg @ 232C

Orifice Size
1 1/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4.42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load: 62,5 kg/hr
Required Capacity: 125,0 kg/hr @ 0,31 barg differential pressure

Figura 182. Comprobación Trampa de vapor TR35 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
812

Maximum Operating Pressure
8.6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17.2 barg @ 232C

Orifice Size
5/32"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
6.80 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)

Condensate Load: 62,5 kg/hr
Required Capacity: 125,0 kg/hr @ 0,38 barg differential pressure

Figura 183. Comprobación Trampa de vapor TR36 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-A12,-A13,-A14

Maximum Operating Pressure
5,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load: 62,5 kg/hr
Required Capacity: 125,0 kg/hr @ 0,38 barg differential pressure

Figura 184. Comprobación Trampa de vapor TR36 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
811

Maximum Operating Pressure
4,8 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
5/32"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,72 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load: 62,5 kg/hr
Required Capacity: 125,0 kg/hr @ 0,37 barg differential pressure

Figura 185. Comprobación Trampa de vapor TR37 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
5.2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12.1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4.42 kg

Number of Traps Required
1

Condensate Load

Required Capacity

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Figura 186. Comprobación Trampa de vapor TR37 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
811

Maximum Operating Pressure
4.8 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17.2 barg @ 232C

Orifice Size
5/32"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2.72 kg

Number of Traps Required
1

Condensate Load

Required Capacity

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Figura 187. Comprobación Trampa de vapor TR38 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-A12,-A13,-A14

Maximum Operating Pressure
5,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Customer Service](#)

Condensate Load:

Required Capacity:

Figura 188. Comprobación Trampa de vapor TR38 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Customer Service](#)

Condensate Load:

Required Capacity:

Figura 189. Comprobación Trampa de vapor TR39 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
75-A12,-A13,-A14

Maximum Operating Pressure
5,2 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Critical Drainage](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 190. Comprobación Trampa de vapor TR39 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
7/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Critical Drainage](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 191. Comprobación Trampa de vapor TR40 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
30-813

Maximum Operating Pressure
2,1 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
8,6 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load: 59,2 kg/hr
Required Capacity: 118,4 kg/hr @ 1,32 barg differential pressure

Figura 192. Comprobación Trampa de vapor TR40 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
7/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load: 59,2 kg/hr
Required Capacity: 118,4 kg/hr @ 1,33 barg differential pressure

Figura 193. Comprobación Trampa de vapor TR41 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
30-B13

Maximum Operating Pressure
2,1 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
8,6 barg @ 232C

Orifice Size
11/64"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load: 59,2 kg/hr
 Required Capacity: 118,4 kg/hr @ 1,33 barg differential pressure

Figura 194. Comprobación Trampa de vapor TR41 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Inverted Bucket

Model Number
800

Maximum Operating Pressure
10,3 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
17,2 barg @ 232C

Orifice Size
#38

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
2,27 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Inverted Bucket Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Submittal Drawing](#)

Condensate Load: 25,6 kg/hr
 Required Capacity: 51,2 kg/hr @ 3,72 barg differential pressure

Figura 195. Comprobación Trampa de vapor TR42 (Opción 1)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

Introduction | Application Needs | Trap Type | Trap Characteristics | Selected Trap | Complete Selection

Recommended Armstrong Steam Trap

Trap Specifications



Type of Armstrong Steam Trap
Float & Thermostatic

Model Number
125-AI2,-AI3,-AI4

Maximum Operating Pressure
8,6 barg

Max. Allowable Pressure/Temp Rating
12,1 barg @ 232C

Orifice Size
1/8"

Flow Direction
→ **Horizontal**

Material
Cast Iron

Weight
4,42 kg

Number of Traps Required
1

Application Notes

1. Be sure to provide proper condensate drainage until steam pressure exceeds return line pressure! Safety drain may be needed. Consult Rep. or factory.

Additional Information

- [Features - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Installation & Maintenance Instructions](#)
- [Operation - Float & Thermostatic Steam Trap](#)
- [Product Literature](#)
- [Condensate Drainage](#)

Condensate Load

Required Capacity

Figura 196. Comprobación Trampa de vapor TR42 (Opción 2)

Fuente: Steam-A-Ware, Armstrong.

9. APÉNDICES

9.1. INFORMACIÓN PARA EL DISEÑO

Apéndice 1. Propiedades de los compuestos a estudiar

Temp., T °C	Presión de saturación, P _{sat} , kPa	Densidad, ρ kg/m ³		Entalpia de vaporización, h _{fg} , kJ/kg	Calor específico, c _p , J/kg · K		Conductividad térmica, k W/m · K		Viscosidad dinámica, μ kg/m · s		Número de Prandtl, Pr		Coeficiente de expansión volumétrica, β 1/K
		Líquido	Vapor		Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	Líquido	Vapor	
0.01	0.6113	999.8	0.0048	2 501	4 217	1 854	0.561	0.0171	1.792 × 10 ⁻³	0.922 × 10 ⁻⁵	13.5	1.00	-0.068 × 10 ⁻³
5	0.8721	999.9	0.0068	2 490	4 205	1 857	0.571	0.0173	1.519 × 10 ⁻³	0.934 × 10 ⁻⁵	11.2	1.00	0.015 × 10 ⁻³
10	1.2276	999.7	0.0094	2 478	4 194	1 862	0.580	0.0176	1.307 × 10 ⁻³	0.946 × 10 ⁻⁵	9.45	1.00	0.733 × 10 ⁻³
15	1.7051	999.1	0.0128	2 466	4 185	1 863	0.589	0.0179	1.138 × 10 ⁻³	0.959 × 10 ⁻⁵	8.09	1.00	0.138 × 10 ⁻³
20	2.339	998.0	0.0173	2 454	4 182	1 867	0.598	0.0182	1.002 × 10 ⁻³	0.973 × 10 ⁻⁵	7.01	1.00	0.195 × 10 ⁻³
25	3.169	997.0	0.0231	2 442	4 180	1 870	0.607	0.0186	0.891 × 10 ⁻³	0.987 × 10 ⁻⁵	6.14	1.00	0.247 × 10 ⁻³
30	4.246	996.0	0.0304	2 431	4 178	1 875	0.615	0.0189	0.798 × 10 ⁻³	1.001 × 10 ⁻⁵	5.42	1.00	0.294 × 10 ⁻³
35	5.628	994.0	0.0397	2 419	4 178	1 880	0.623	0.0192	0.720 × 10 ⁻³	1.016 × 10 ⁻⁵	4.83	1.00	0.337 × 10 ⁻³
40	7.384	992.1	0.0512	2 407	4 179	1 885	0.631	0.0196	0.653 × 10 ⁻³	1.031 × 10 ⁻⁵	4.32	1.00	0.377 × 10 ⁻³
45	9.593	990.1	0.0655	2 395	4 180	1 892	0.637	0.0200	0.596 × 10 ⁻³	1.046 × 10 ⁻⁵	3.91	1.00	0.415 × 10 ⁻³
50	12.35	988.1	0.0831	2 383	4 181	1 900	0.644	0.0204	0.547 × 10 ⁻³	1.062 × 10 ⁻⁵	3.55	1.00	0.451 × 10 ⁻³
55	15.76	985.2	0.1045	2 371	4 183	1 908	0.649	0.0208	0.504 × 10 ⁻³	1.077 × 10 ⁻⁵	3.25	1.00	0.484 × 10 ⁻³
60	19.94	983.3	0.1304	2 359	4 185	1 916	0.654	0.0212	0.467 × 10 ⁻³	1.093 × 10 ⁻⁵	2.99	1.00	0.517 × 10 ⁻³
65	25.03	980.4	0.1614	2 346	4 187	1 926	0.659	0.0216	0.433 × 10 ⁻³	1.110 × 10 ⁻⁵	2.75	1.00	0.548 × 10 ⁻³
70	31.19	977.5	0.1983	2 334	4 190	1 936	0.663	0.0221	0.404 × 10 ⁻³	1.126 × 10 ⁻⁵	2.55	1.00	0.578 × 10 ⁻³
75	38.58	974.7	0.2421	2 321	4 193	1 948	0.667	0.0225	0.378 × 10 ⁻³	1.142 × 10 ⁻⁵	2.38	1.00	0.607 × 10 ⁻³
80	47.39	971.8	0.2935	2 309	4 197	1 962	0.670	0.0230	0.355 × 10 ⁻³	1.159 × 10 ⁻⁵	2.22	1.00	0.653 × 10 ⁻³
85	57.83	968.1	0.3536	2 296	4 201	1 977	0.673	0.0235	0.333 × 10 ⁻³	1.176 × 10 ⁻⁵	2.08	1.00	0.670 × 10 ⁻³
90	70.14	965.3	0.4235	2 283	4 206	1 993	0.675	0.0240	0.315 × 10 ⁻³	1.193 × 10 ⁻⁵	1.96	1.00	0.702 × 10 ⁻³
95	84.55	961.5	0.5045	2 270	4 212	2 010	0.677	0.0246	0.297 × 10 ⁻³	1.210 × 10 ⁻⁵	1.85	1.00	0.716 × 10 ⁻³
100	101.33	957.9	0.5978	2 257	4 217	2 029	0.679	0.0251	0.282 × 10 ⁻³	1.227 × 10 ⁻⁵	1.75	1.00	0.750 × 10 ⁻³
110	143.27	950.6	0.8263	2 230	4 229	2 071	0.682	0.0262	0.255 × 10 ⁻³	1.261 × 10 ⁻⁵	1.58	1.00	0.798 × 10 ⁻³
120	198.53	943.4	1.121	2 203	4 244	2 120	0.683	0.0275	0.232 × 10 ⁻³	1.296 × 10 ⁻⁵	1.44	1.00	0.858 × 10 ⁻³
130	270.1	934.6	1.496	2 174	4 263	2 177	0.684	0.0288	0.213 × 10 ⁻³	1.330 × 10 ⁻⁵	1.33	1.01	0.913 × 10 ⁻³
140	361.3	921.7	1.965	2 145	4 286	2 244	0.683	0.0301	0.197 × 10 ⁻³	1.365 × 10 ⁻⁵	1.24	1.02	0.970 × 10 ⁻³
150	475.8	916.6	2.546	2 114	4 311	2 314	0.682	0.0316	0.183 × 10 ⁻³	1.399 × 10 ⁻⁵	1.16	1.02	1.025 × 10 ⁻³
160	617.8	907.4	3.256	2 083	4 340	2 420	0.680	0.0331	0.170 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁵	1.09	1.05	1.145 × 10 ⁻³
170	791.7	897.7	4.119	2 050	4 370	2 490	0.677	0.0347	0.160 × 10 ⁻³	1.468 × 10 ⁻⁵	1.03	1.05	1.178 × 10 ⁻³
180	1 002.1	887.3	5.153	2 015	4 410	2 590	0.673	0.0364	0.150 × 10 ⁻³	1.502 × 10 ⁻⁵	0.983	1.07	1.210 × 10 ⁻³
190	1 254.4	876.4	6.388	1 979	4 460	2 710	0.669	0.0382	0.142 × 10 ⁻³	1.537 × 10 ⁻⁵	0.947	1.09	1.280 × 10 ⁻³
200	1 553.8	864.3	7.852	1 941	4 500	2 840	0.663	0.0401	0.134 × 10 ⁻³	1.571 × 10 ⁻⁵	0.910	1.11	1.350 × 10 ⁻³
220	2 318	840.3	11.60	1 859	4 610	3 110	0.650	0.0442	0.122 × 10 ⁻³	1.641 × 10 ⁻⁵	0.865	1.15	1.520 × 10 ⁻³
240	3 344	813.7	16.73	1 767	4 760	3 520	0.632	0.0487	0.111 × 10 ⁻³	1.712 × 10 ⁻⁵	0.836	1.24	1.720 × 10 ⁻³
260	4 688	783.7	23.69	1 663	4 970	4 070	0.609	0.0540	0.102 × 10 ⁻³	1.788 × 10 ⁻⁵	0.832	1.35	2.000 × 10 ⁻³
280	6 412	750.8	33.15	1 544	5 280	4 835	0.581	0.0605	0.094 × 10 ⁻³	1.870 × 10 ⁻⁵	0.854	1.49	2.380 × 10 ⁻³
300	8 581	713.8	46.15	1 405	5 750	5 980	0.548	0.0695	0.086 × 10 ⁻³	1.965 × 10 ⁻⁵	0.902	1.69	2.950 × 10 ⁻³
320	11 274	667.1	64.57	1 239	6 540	7 900	0.509	0.0836	0.078 × 10 ⁻³	2.084 × 10 ⁻⁵	1.00	1.97	—
340	14 586	610.5	92.62	1 028	8 240	11 870	0.469	0.110	0.070 × 10 ⁻³	2.255 × 10 ⁻⁵	1.23	2.43	—
360	18 651	528.3	144.0	720	14 690	25 800	0.427	0.178	0.060 × 10 ⁻³	2.571 × 10 ⁻⁵	2.06	3.73	—

Figura 197. Propiedades termodinámicas del agua

Fuente: Cengel & Ghajar, 2011.

Temp., $T, ^\circ\text{C}$	Densidad, $\rho, \text{kg/m}^3$	Calor específico, $c_p, \text{J/kg} \cdot \text{K}$	Conductividad térmica, $k, \text{W/m} \cdot \text{K}$	Difusividad térmica, $\alpha, \text{m}^2/\text{s}^2$	Viscosidad dinámica, $\mu, \text{kg/m} \cdot \text{s}$	Viscosidad cinemática, $\nu, \text{m}^2/\text{s}$	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-6}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1 002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1 004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1 005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1 006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1 006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1 006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1 006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1 007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1 007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1 007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1 007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1 007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1 007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1 007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1 007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1 007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1 007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1 008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1 008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1 009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1 011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1 013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1 016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1 019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1 023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1 033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1 044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1 056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1 069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1 081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1 093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1 115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1 135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1 153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1 169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1 000	0.2772	1 184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Figura 198. Propiedades termodinámicas del Aire

Fuente: Cengel & Ghajar, 2011.

T °C	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K	v m ³ /kg	u kJ/kg	h kJ/kg	s kJ/kg · K
	$P = 5 \text{ MPa (263.94 °C)}$				$P = 10 \text{ MPa (311.00 °C)}$				$P = 15 \text{ MPa (342.16 °C)}$			
Sat.	0.0012862	1148.1	1154.5	2.9207	0.0014522	1393.3	1407.9	3.3603	0.0016572	1585.5	1610.3	3.6848
0	0.0009977	0.04	5.03	0.0001	0.0009952	0.12	10.07	0.0003	0.0009928	0.18	15.07	0.0004
20	0.0009996	83.61	88.61	0.2954	0.0009973	83.31	93.28	0.2943	0.0009951	83.01	97.93	0.2932
40	0.0010057	166.92	171.95	0.5705	0.0010035	166.33	176.37	0.5685	0.0010013	165.75	180.77	0.5666
60	0.0010149	250.29	255.36	0.8287	0.0010127	249.43	259.55	0.8260	0.0010105	248.58	263.74	0.8234
80	0.0010267	333.82	338.96	1.0723	0.0010244	332.69	342.94	1.0691	0.0010221	331.59	346.92	1.0659
100	0.0010410	417.65	422.85	1.3034	0.0010385	416.23	426.62	1.2996	0.0010361	414.85	430.39	1.2958
120	0.0010576	501.91	507.19	1.5236	0.0010549	500.18	510.73	1.5191	0.0010522	498.50	514.28	1.5148
140	0.0010769	586.80	592.18	1.7344	0.0010738	584.72	595.45	1.7293	0.0010708	582.69	598.75	1.7243
160	0.0010988	672.55	678.04	1.9374	0.0010954	670.06	681.01	1.9316	0.0010920	667.63	684.01	1.9259
180	0.0011240	759.47	765.09	2.1338	0.0011200	756.48	767.68	2.1271	0.0011160	753.58	770.32	2.1206
200	0.0011531	847.92	853.68	2.3251	0.0011482	844.32	855.80	2.3174	0.0011435	840.84	858.00	2.3100
220	0.0011868	938.39	944.32	2.5127	0.0011809	934.01	945.82	2.5037	0.0011752	929.81	947.43	2.4951
240	0.0012268	1031.6	1037.7	2.6983	0.0012192	1026.2	1038.3	2.6876	0.0012121	1021.0	1039.2	2.6774
260	0.0012755	1128.5	1134.9	2.8841	0.0012653	1121.6	1134.3	2.8710	0.0012560	1115.1	1134.0	2.8586
280					0.0013226	1221.8	1235.0	3.0565	0.0013096	1213.4	1233.0	3.0410
300					0.0013980	1329.4	1343.3	3.2488	0.0013783	1317.6	1338.3	3.2279
320									0.0014733	1431.9	1454.0	3.4263
340									0.0016311	1567.9	1592.4	3.6555

Figura 199. Propiedades termodinámicas del agua comprimida

Fuente: Cengel & Boles, 2014.

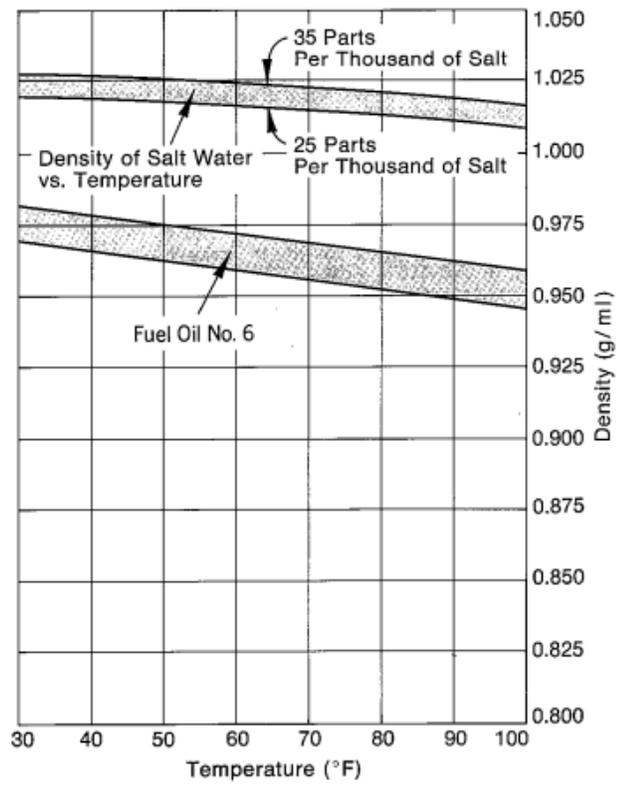


Figura 200. Densidad del búnker C (fuel oil 6) vs temperatura
Fuente: Departamento de comercio de los Estados Unidos.

9.21 LIQUID HEAT CAPACITY	
Temperature (degrees F)	British thermal unit per pound-F
50	0.460
52	0.461
54	0.462
56	0.463
58	0.464
60	0.465
62	0.466
64	0.467
66	0.468
68	0.469
70	0.470
72	0.471
74	0.472
76	0.473
78	0.474
80	0.475
82	0.476
84	0.477
86	0.478
88	0.479
90	0.480
92	0.481
94	0.482
96	0.483
98	0.484
100	0.485

Figura 201. Calor específico del búnker C (fuel oil 6) a diferentes temperaturas

Fuente: CAMEO Chemicals, 1999.

	mmBtu per gallon	kg CO ₂ per mmBtu	g CH ₄ per mmBtu	g N ₂ O per mmBtu	kg CO ₂ per gallon	g CH ₄ per gallon	g N ₂ O per gallon	
Petroleum Products								
Asphalt and Road Oil	0.158	75.36	3.0	0.60	11.91	0.47	0.09	gallon
Aviation Gasoline	0.120	69.25	3.0	0.60	8.31	0.36	0.07	gallon
Butane	0.103	64.77	3.0	0.60	6.67	0.31	0.06	gallon
Butylene	0.105	68.72	3.0	0.60	7.22	0.32	0.06	gallon
Crude Oil	0.138	74.54	3.0	0.60	10.29	0.41	0.08	gallon
Distillate Fuel Oil No. 1	0.139	73.25	3.0	0.60	10.18	0.42	0.08	gallon
Distillate Fuel Oil No. 2	0.138	73.96	3.0	0.60	10.21	0.41	0.08	gallon
Distillate Fuel Oil No. 4	0.146	75.04	3.0	0.60	10.96	0.44	0.09	gallon
Ethane	0.068	59.60	3.0	0.60	4.05	0.20	0.04	gallon
Ethylene	0.058	65.96	3.0	0.60	3.83	0.17	0.03	gallon
Heavy Gas Oils	0.148	74.92	3.0	0.60	11.09	0.44	0.09	gallon
Isobutane	0.099	64.94	3.0	0.60	6.43	0.30	0.06	gallon
Isobutylene	0.103	68.86	3.0	0.60	7.09	0.31	0.06	gallon
Kerosene	0.135	75.20	3.0	0.60	10.15	0.41	0.08	gallon
Kerosene-type Jet Fuel	0.135	72.22	3.0	0.60	9.75	0.41	0.08	gallon
Liquefied Petroleum Gases (LPG)	0.092	61.71	3.0	0.60	5.68	0.28	0.06	gallon
Lubricants	0.144	74.27	3.0	0.60	10.69	0.43	0.09	gallon
Motor Gasoline	0.125	70.22	3.0	0.60	8.78	0.38	0.08	gallon
Naphtha (<401 deg F)	0.125	68.02	3.0	0.60	8.50	0.38	0.08	gallon
Natural Gasoline	0.110	66.88	3.0	0.60	7.36	0.33	0.07	gallon
Other Oil (>401 deg F)	0.139	76.22	3.0	0.60	10.59	0.42	0.08	gallon
Pentanes Plus	0.110	70.02	3.0	0.60	7.70	0.33	0.07	gallon
Petrochemical Feedstocks	0.125	71.02	3.0	0.60	8.88	0.38	0.08	gallon
Petroleum Coke	0.143	102.41	3.0	0.60	14.64	0.43	0.09	gallon
Propane	0.091	62.87	3.0	0.60	5.72	0.27	0.05	gallon
Propylene	0.091	65.95	3.0	0.60	6.00	0.27	0.05	gallon
Residual Fuel Oil No. 5	0.140	72.93	3.0	0.60	10.21	0.42	0.08	gallon
Residual Fuel Oil No. 6	0.150	75.10	3.0	0.60	11.27	0.45	0.09	gallon

Figura 202. Productos de la combustión de derivados del petróleo

Fuente: Unites States Environmental Protection Agency , 2007.

Apéndice 2. Vapor Flash

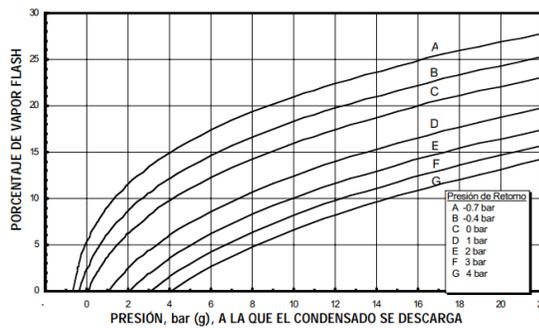


Figura 203. Porcentaje de Vapor flash

Fuente: Armstrong, 1998.

Apéndice 3. Cálculo de la vena de vapor (Steam Tracing)

Process Temperature Range	Tracer Type
LOW 50°-100°F (10°-38°C)	Isolated
MEDIUM-LOW 101°-150°F (39°-66°C)	Isolated/Convection
MEDIUM 151°-200°F (67°-93°C)	Convection/Conduction
MEDIUM-HIGH 201°-300°F (94°-149°C)	Conduction
HIGH 301°-400°F (150°-204°C)	Conduction

Figura 204. Temperatura de Proceso vs Tipo de trazado

Fuente: Thermon.

Pipe Size in (mm)	Temperature Ranges				
	50°-100°F (10°-38°C)	101°-150°F (39°-66°C)	151°-200°F (67°-93°C)	201°-300°F (94°-149°C)	301°-400°F (150°-204°C)
1½ (40)	1 (25)	1 (25)	1 (25)	1 (25)	1 (25)
2 (50)	1 (25)	1 (25)	1 (25)	1 (25)	1 (25)
3 (80)	1 (25)	1 (25)	1 (25)	1 (25)	1 (25)
4 (100)	1 (25)	1½ (40)	1½ (40)	1½ (40)	1½ (40)
6 (150)	1 (25)	1½ (40)	1½ (40)	1½ (40)	2 (50)
8 (200)	1½ (40)	1½ (40)	1½ (40)	2 (50)	2 (50)
10 (250)	1½ (40)	1½ (40)	2 (50)	2 (50)	2 (50)
12 (300)	1½ (40)	1½ (40)	2 (50)	2 (50)	2 (50)
14 (350)	1½ (40)	1½ (40)	2 (50)	2 (50)	2½ (64)
16 (400)	1½ (40)	2 (50)	2 (50)	2 (50)	2½ (64)
18 (450)	1½ (40)	2 (50)	2 (50)	2½ (64)	2½ (64)
20 (500)	2 (50)	2 (50)	2 (50)	2½ (64)	2½ (64)
24 (600)	2 (50)	2 (50)	2½ (50)	2½ (64)	3 (64)
30 (750)	2 (50)	2 (50)	2½ (50)	2½ (64)	3 (75)

Figura 205. Espesores de aislamiento típicos

Fuente: Thermon.

Nominal Pipe Size mm	Nominal Insulation Thickness mm	Steam Pressure in kPa Absolute											
		205 kPa 121°C			308 kPa 134°C			446 kPa 148°C			618 kPa 160°C		
		DLS-IT Isolated	SLS-IT Isolated	BT or BTS Bare	DLS-IT Isolated	SLS-IT Isolated	BT or BTS Bare	DLS-IT Isolated	SLS-IT Isolated	BT or BTS Bare	DLS-IT Isolated	SLS-IT Isolated	BT or BTS Bare
40	25	33	46	65	38	53	82	43	59	82	48	65	90
	40	41	55	73	48	63	86	54	70	91	59	77	100
	50	46	59	76	52	67	92	59	75	95	65	82	104
50	25	27	40	60	32	46	68	37	52	76	41	57	83
	40	36	49	68	42	56	77	48	63	86	53	70	94
	50	41	54	72	47	61	89	53	69	99	59	75	99
80	25	20	31	50	24	36	56	28	41	64	32	46	70
	40	29	41	59	34	47	67	39	53	75	44	59	82
	50	34	46	64	39	52	72	45	59	80	49	77	88
100	25	14	24	42	18	28	48	22	32	55	25	36	60
	40	23	33	53	27	38	60	32	44	67	36	49	73
	50	28	38	57	32	44	65	37	50	73	42	68	80
150	25	7	12	27	10	16	32	12	19	37	15	22	41
	40	15	21	38	18	26	44	22	30	49	25	34	55
	50	19	26	43	23	31	49	38	35	56	30	40	75
200	40	9	13	29	11	17	34	15	20	39	17	23	44
	50	12	18	34	16	21	40	19	25	45	22	29	50
	80	22	28	45	26	32	52	30	37	59	34	42	65
250	40	5	10	24	8	12	28	10	15	33	12	18	37
	50	9	13	29	11	17	34	14	20	39	17	23	43
	80	17	23	40	21	27	46	24	31	52	28	35	58
300	40	--	6	20	--	9	24	6	11	28	9	14	31
	50	6	10	25	8	13	29	10	16	34	13	18	38
	80	13	19	36	17	23	41	20	27	47	23	30	52
350	40	--	5	18	--	7	22	5	10	26	7	12	29
	50	--	9	23	7	11	27	9	14	31	11	17	35
	80	12	17	34	15	21	39	18	25	45	21	28	50
400	40	--	--	15	--	5	18	--	7	22	5	10	25
	50	--	6	20	--	9	24	6	11	28	9	14	31
	80	10	15	31	12	18	36	15	22	41	18	25	45
450	40	--	--	12	--	--	16	--	5	19	--	7	22
	50	--	--	17	--	7	21	--	9	24	7	11	28
	80	8	12	28	10	16	33	13	19	37	16	22	42
500	40	--	--	10	--	--	13	--	--	16	--	5	19
	50	--	--	15	--	--	18	--	7	22	5	9	25
	80	6	10	25	8	13	30	11	16	34	13	19	39
600	40	--	--	7	--	--	10	--	--	12	--	--	15
	50	--	--	11	--	--	14	--	--	17	--	6	20
	80	--	7	21	5	10	25	7	12	29	10	15	33
750	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figura 206. Temperatura de proceso a mantener (1)

Fuente: Thermon.

Nominal Pipe Size mm	Nominal Insulation Thickness mm	Steam Pressure in kPa Absolute											
		791 kPa 170°C			1136 kPa 185°C			1480 kPa 198°C			1825 kPa 208°C		
		DLS-IT Isolated	SLS-IT Isolated	BT or BTS Bare	DLS-IT Isolated	SLS-IT Isolated	BT or BTS Bare	DLS-IT Isolated	SLS-IT Isolated	BT or BTS Bare	DLS-IT Isolated	SLS-IT Isolated	BT or BTS Bare
40	25	52	70	96	57	78	104	62	82	112	65	87	118
	40	64	82	106	70	90	116	75	96	124	80	102	130
	50	69	88	111	76	96	121	82	103	129	87	108	136
50	25	44	62	88	49	68	97	53	73	104	57	77	109
	40	57	74	100	63	82	109	67	88	117	72	92	123
	50	63	80	105	69	88	115	74	94	123	79	100	129
80	25	35	50	75	39	55	82	43	60	88	46	63	93
	40	47	63	88	52	69	96	57	74	103	60	79	108
	50	53	69	94	59	76	102	63	82	109	67	86	115
100	25	27	39	65	31	44	71	34	48	76	36	51	81
	40	39	52	79	43	58	86	47	62	92	50	66	97
	50	45	59	85	50	65	93	54	70	99	57	74	105
150	25	16	25	45	19	28	49	22	31	54	24	33	57
	40	27	37	59	31	41	65	34	45	70	36	48	74
	50	33	43	66	37	48	72	40	52	78	43	55	82
200	40	19	26	47	22	29	52	25	32	56	27	34	60
	50	25	31	54	28	35	60	31	39	64	33	41	68
	80	37	45	69	41	50	76	45	54	81	48	57	86
250	40	14	20	40	16	23	45	19	26	48	21	28	52
	50	19	26	47	22	29	52	24	32	56	26	34	60
	80	31	39	62	34	43	68	38	47	73	41	50	78
300	40	10	15	34	12	18	38	14	20	42	16	22	45
	50	14	21	41	17	24	45	19	27	49	21	29	53
	80	26	33	56	29	37	62	32	41	66	34	43	70
350	40	9	14	32	11	16	36	12	18	39	14	20	42
	50	13	19	38	15	22	43	17	24	47	19	26	50
	80	24	31	53	27	35	59	30	38	64	32	41	68
400	40	6	11	28	8	13	32	10	15	35	11	17	37
	50	10	15	34	12	18	38	14	21	42	16	23	45
	80	20	27	49	23	31	54	26	34	59	28	37	62
450	40	--	9	25	6	10	28	7	12	31	9	14	33
	50	8	13	31	10	15	35	11	17	38	13	19	41
	80	17	24	45	20	28	50	23	30	54	25	33	58
500	40	--	7	21	--	9	25	5	10	27	6	11	30
	50	6	10	27	8	13	31	10	15	34	10	16	37
	80	15	21	42	18	25	46	20	27	50	22	29	53
600	40	--	--	17	--	5	20	--	6	22	--	8	24
	50	--	7	22	--	9	25	6	10	28	7	12	30
	80	11	17	36	13	20	40	15	22	43	17	24	47
750	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	50	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
	80	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Figura 207. Temperatura de proceso a mantener (2)

Fuente: Thermon.

Nominal Pipe Size mm	Nominal Insulation Thickness mm	Steam Pressure in kPa Absolute											
		205 kPa 121°C			308 kPa 134°C			446 kPa 148°C			618 kPa 160°C		
		One Tracer	Two Tracers	Three Tracers	One Tracer	Two Tracers	Three Tracers	One Tracer	Two Tracers	Three Tracers	One Tracer	Two Tracers	Three Tracers
40	25	107	--	--	120	--	--	132	--	--	144	--	--
	40	109	--	--	122	--	--	135	--	--	147	--	--
	50	110	--	--	123	--	--	136	--	--	148	--	--
50	25	104	110	--	117	122	--	129	135	--	140	147	--
	40	107	111	--	120	124	--	132	137	--	144	149	--
	50	108	112	--	121	125	--	134	138	--	146	150	--
80	25	100	107	--	111	119	--	123	132	--	134	144	--
	40	104	109	--	116	122	--	128	135	--	139	147	--
	50	105	110	--	117	123	--	130	136	--	141	148	--
100	25	95	103	107	106	115	120	118	127	132	128	139	144
	40	100	107	110	112	119	122	124	131	135	135	143	147
	50	102	108	111	114	120	123	126	133	137	137	145	149
150	25	87	100	103	97	111	115	107	123	128	117	134	139
	40	94	104	107	104	116	119	116	128	134	126	140	144
	50	96	105	108	108	118	121	125	131	137	130	142	146
200	40	87	100	104	97	112	116	108	124	128	118	134	140
	50	91	102	106	102	114	118	112	126	131	122	137	142
	80	97	106	109	109	118	121	120	131	134	131	142	146
250	40	79	94	100	88	106	111	98	117	124	107	127	134
	50	83	98	102	93	109	114	103	120	126	112	131	137
	80	91	102	106	102	114	118	113	126	131	123	138	142
300	40	67	86	93	76	96	104	84	107	116	92	117	126
	50	73	90	96	82	101	108	91	111	119	99	121	130
	80	83	97	102	92	108	114	102	120	126	111	130	137
350	40	60	80	88	67	90	99	75	99	110	82	108	119
	50	65	84	92	73	94	103	82	105	114	89	114	124
	80	76	92	99	85	103	110	94	114	122	103	124	132
400	40	49	71	81	56	80	90	62	88	100	68	96	109
	50	55	76	85	62	85	95	69	94	105	76	103	115
	80	67	85	93	75	95	104	83	106	115	91	115	125
450	40	46	68	78	52	76	88	58	85	97	64	93	106
	50	52	73	83	58	82	93	65	91	103	71	99	112
	80	64	83	91	72	93	102	80	103	113	87	112	123
500	40	43	65	76	49	73	85	55	81	94	60	89	103
	50	49	71	81	55	79	90	62	88	100	68	96	109
	80	61	81	90	68	91	100	77	101	111	84	110	121
600	40	38	60	71	43	68	80	49	75	89	54	82	97
	50	43	66	76	49	74	86	56	82	95	61	90	104
	80	56	77	86	63	86	96	71	96	107	77	104	117
750	40	31	54	66	36	60	73	41	68	82	45	74	89
	50	37	59	71	42	67	79	48	75	89	52	81	97
	80	49	71	82	55	80	91	63	89	102	68	97	110

Figura 208. Número de trazas de 15mm recomendadas (1)

Fuente: Thermon.

Nominal Pipe Size mm	Nominal Insulation Thickness mm	Steam Pressure in kPa Absolute											
		791 kPa 170°C			1136 kPa 185°C			1480 kPa 196°C			1825 kPa 206°C		
		One Tracer	Two Tracers	Three Tracers	One Tracer	Two Tracers	Three Tracers	One Tracer	Two Tracers	Three Tracers	One Tracer	Two Tracers	Three Tracers
40	25	153	--	--	166	--	--	177	--	--	186	--	--
	40	156	--	--	169	--	--	180	--	--	190	--	--
	50	157	--	--	170	--	--	182	--	--	191	--	--
50	25	149	156	--	162	170	--	173	181	--	182	191	--
	40	153	158	--	166	172	--	177	184	--	186	194	--
	50	155	160	--	168	174	--	179	185	--	188	197	--
80	25	142	152	--	155	165	--	165	176	--	174	190	--
	40	148	156	--	161	169	--	171	180	--	180	191	--
	50	150	157	--	163	171	--	174	182	--	183	194	--
100	25	136	147	153	148	160	166	158	170	177	166	179	186
	40	143	152	156	155	165	170	165	176	181	174	185	191
	50	146	154	158	158	167	171	174	178	183	178	188	192
150	25	124	142	148	135	155	160	144	165	171	152	173	180
	40	134	148	152	145	161	166	155	172	176	163	181	186
	50	138	151	154	149	163	168	160	174	179	168	183	188
200	40	125	143	148	136	155	161	145	165	172	153	174	181
	50	130	146	151	141	158	164	151	169	175	158	178	184
	80	139	151	155	151	164	169	161	175	179	169	184	189
250	40	113	135	143	124	147	155	132	156	165	139	165	174
	50	120	139	146	130	151	158	139	161	169	146	169	178
	80	130	146	151	142	159	164	151	169	175	159	178	185
300	40	98	124	134	107	134	145	114	143	155	120	151	163
	50	105	129	138	114	140	150	122	149	160	128	157	168
	80	118	138	145	128	150	158	137	160	168	144	168	177
350	40	87	115	126	95	125	137	102	134	147	107	140	154
	50	95	121	131	103	132	143	110	140	153	116	148	160
	80	109	132	140	119	143	153	127	153	163	134	161	171
400	40	73	103	116	80	112	126	85	119	134	90	125	142
	50	81	109	122	88	119	133	94	127	141	99	134	149
	80	96	122	133	105	133	144	112	142	154	118	149	162
450	40	68	98	112	75	107	122	80	115	131	85	121	137
	50	76	106	119	83	115	129	89	122	138	94	129	145
	80	93	119	130	101	130	142	108	138	151	113	146	159
500	40	64	95	109	71	103	119	76	110	127	80	116	134
	50	72	102	116	79	111	126	85	118	134	89	125	141
	80	89	116	128	97	127	139	104	135	148	109	142	156
600	40	58	88	103	63	96	112	68	102	120	72	108	126
	50	65	95	110	72	104	120	77	111	128	81	117	135
	80	82	111	124	90	121	134	96	129	143	101	135	151
750	40	49	79	95	54	86	103	58	92	111	61	97	117
	50	56	87	103	62	94	111	67	101	119	70	107	126
	80	73	103	117	80	112	127	86	120	136	90	126	143

Figura 209. Número de trazas de 15mm recomendadas (2)

Fuente: Thermon.

Nominal Pipe Size in (mm)	Nominal Insulation Thickness in (mm)	Number and Type of Tracer(s)					
		One DLS-IT	One SLS-IT	One BT or BTS	One HTC	Two HTC	Three HTC
1½ (40)	1 (25)	.62	.53	.39	.08	--	--
	1½ (40)	.55	.45	.34	.07	--	--
	2 (50)	.51	.42	.31	.06	--	--
2 (50)	1 (25)	.66	.57	.43	.10	.06	--
	1½ (40)	.61	.51	.35	.08	.05	--
	2 (50)	.57	.47	.33	.07	.05	--
3 (80)	1 (25)	.71	.63	.47	.13	.09	--
	1½ (40)	.66	.57	.42	.11	.07	--
	2 (50)	.62	.53	.39	.10	.07	--
4 (100)	1 (25)	.76	.70	.52	.17	.11	.08
	1½ (40)	.71	.64	.47	.14	.09	.07
	2 (50)	.61	.59	.43	.12	.08	.06
6 (150)	1 (25)	.82	.77	.67	.23	.15	.11
	1½ (40)	.76	.72	.60	.18	.12	.09
	2 (50)	.73	.67	.52	.16	.10	.07
8 (200)	1½ (40)	.81	.77	.66	.23	.14	.11
	2 (50)	.76	.72	.60	.19	.11	.09
	3 (75)	.71	.67	.54	.16	.09	.07
10 (250)	1½ (40)	.83	.80	.69	.28	.17	.13
	2 (50)	.80	.76	.65	.24	.15	.12
	3 (75)	.75	.70	.58	.20	.12	.10
12 (300)	1½ (40)	.86	.83	.74	.38	.25	.19
	2 (50)	.83	.79	.69	.33	.21	.16
	3 (75)	.77	.74	.62	.28	.17	.13
14 (350)	1½ (40)	.87	.84	.74	.44	.29	.23
	2 (50)	.84	.80	.70	.39	.25	.19
	3 (75)	.79	.75	.63	.32	.20	.15
16 (400)	1½ (40)	.88	.85	.77	.52	.36	.29
	2 (50)	.85	.82	.72	.47	.31	.24
	3 (75)	.80	.77	.65	.39	.26	.20
18 (450)	1½ (40)	--	.87	.78	.54	.38	.31
	2 (50)	.86	.84	.74	.49	.33	.26
	3 (75)	.82	.78	.68	.42	.27	.27
20 (500)	1½ (40)	--	.88	.80	.57	.40	.32
	2 (50)	.88	.85	.76	.51	.35	.28
	3 (75)	.83	.80	.69	.44	.29	.22
24 (600)	1½ (40)	--	--	.82	.60	.44	.35
	2 (50)	--	.87	.79	.54	.38	.30
	3 (75)	.85	.82	.76	.47	.31	.24
30 (750)	1½ (40)	--	--	--	.65	.49	.39
	2 (50)	--	--	--	.59	.42	.32

Figura 210. Factores de corrección por temperatura ambiente mínima

Fuente: Thermon.

Pipe Size in (mm)	Tracer Type	Number of Tracers	Insulation Type							
			Cellular Glass		Fiberglass		Mineral Wool		Expanded Perlite	
			*F	(*C)	*F	(*C)	*F	(*C)	*F	(*C)
1½ (40)	HTC	1	+1	(+0.5)	+5	(+2.8)	+6	(+3.3)	-4	(-2.2)
	BTS	2-4	--	--	--	--	--	--	--	--
	SLS-IT, DLS-IT	1	+4	(+2.2)	+23	(+12.8)	+26	(+14.4)	-12	(-6.7)
2 (50)	HTC	1	+2	(+1.1)	+7	(+3.9)	+8	(+4.4)	-4	(-2.2)
	BTS	2-4	+1	(+0.5)	+4	(+2.2)	+4	(+2.2)	-2	(-1.1)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+6	(+3.3)	+24	(+13.3)	+27	(+15.0)	-13	(-7.0)
3 (80)	HTC	1	+2	(+1.1)	+9	(+5.0)	+10	(+5.6)	-6	(-3.3)
	BTS	2-4	+1	(+0.5)	+5	(+2.8)	+6	(+3.3)	-3	(-1.6)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+7	(+3.9)	+26	(+14.4)	+31	(+17.2)	-14	(-7.8)
4 (100)	HTC	1	+2	(+1.1)	+12	(+6.7)	+13	(+7.0)	-7	(-3.9)
	BTS	2-4	+1	(+0.5)	+7	(+3.9)	+8	(+4.4)	-3	(-1.6)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+8	(+4.4)	+28	(+15.6)	+33	(+18.3)	-14	(-7.8)
6 (150)	HTC	1	+2	(+1.1)	+15	(+8.3)	+15	(+8.3)	-9	(-5.0)
	BTS	2-4	+1	(+0.5)	+7	(+3.9)	+9	(+5.0)	-7	(-3.9)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+8	(+4.4)	+29	(+16.1)	+35	(+19.4)	-14	(-7.8)
8 (200)	HTC	1	+3	(+1.6)	+16	(+8.9)	+18	(+10.0)	-9	(-5.0)
	BTS	2-4	+1	(+0.5)	+7	(+3.9)	+10	(+5.6)	-5	(-2.8)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+8	(+4.4)	+29	(+16.1)	+36	(+20.0)	-14	(-7.8)
10 (250)	HTC	1	+4	(+2.2)	+20	(+11.1)	+23	(+12.8)	-11	(-6.0)
	BTS	2-4	+2	(+1.1)	+11	(+6.0)	+14	(+7.8)	-6	(-3.3)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+8	(+4.4)	+29	(+16.1)	+35	(+19.4)	-14	(-7.8)
12 (300)	HTC	1	+6	(+3.3)	+25	(+13.9)	+29	(+16.1)	-13	(-7.0)
	BTS	2-4	+3	(+1.6)	+14	(+7.8)	+19	(+10.6)	-8	(-4.4)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+8	(+4.4)	+28	(+15.6)	+35	(+19.4)	-13	(-7.0)
14 (350)	HTC	1	+6	(+3.3)	+27	(+15.0)	+31	(+17.2)	-14	(-7.8)
	BTS	2-4	+3	(+1.6)	+16	(+8.9)	+23	(+12.8)	-10	(-5.6)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+9	(+5.0)	+28	(+15.6)	+34	(+18.9)	-12	(-6.7)
16 (400)	HTC	1	+6	(+3.3)	+21	(+11.7)	+26	(+14.4)	-9	(-5.0)
	BTS	2-4	+8	(+4.4)	+30	(+16.7)	+35	(+19.4)	-15	(-8.3)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+3	(+1.6)	+19	(+10.6)	+27	(+15.0)	-11	(-6.0)
18 (450)	HTC	1	+8	(+4.4)	+27	(+15.0)	+33	(+18.3)	-12	(-6.7)
	BTS	2-4	+4	(+2.2)	+20	(+11.1)	+28	(+15.6)	-12	(-6.7)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+6	(+3.3)	+24	(+13.3)	+29	(+16.1)	-10	(-5.6)
20 (500)	HTC	1	+8	(+4.4)	+30	(+16.7)	+35	(+19.4)	-15	(-8.3)
	BTS	2-4	+4	(+2.2)	+21	(+11.7)	+28	(+15.6)	-12	(-6.7)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+9	(+5.0)	+26	(+14.4)	+32	(+17.8)	-11	(-6.0)
24 (600)	HTC	1	+6	(+3.3)	+17	(+9.4)	+21	(+11.7)	-8	(-4.4)
	BTS	2-4	+8	(+4.4)	+30	(+16.7)	+35	(+19.4)	-15	(-8.3)
	SLS-IT, DLS-IT	1	+5	(+2.8)	+23	(+12.8)	+28	(+15.6)	-12	(-6.7)
30 (750)	HTC	1	+9	(+5.0)	+24	(+13.3)	+30	(+16.7)	-10	(-5.6)
	BTS	2-4	--	--	--	--	--	--	--	--
	SLS-IT, DLS-IT	1	+8	(+4.4)	+30	(+16.7)	+35	(+19.4)	-15	(-8.3)

Figura 211. Factores de corrección por tipo de aislamiento

Fuente: Thermon.

Steam Pressure psig (Absolute)	kPa	Tracer Type	Number of Tracers	Tubing Size			
				3/8" O.D. (10 mm) ^{1,2} ft (m)	1/2" O.D. (12 mm) ² ft (m)	3/4" O.D. (20 mm) ⁴ ft (m)	
15	(205)	HTC	1	50 (15)	75 (23)	135 (41)	
			2	65 (20)	95 (29)	170 (52)	
			3	75 (23)	110 (34)	195 (59)	
		BT or BTS	1	75 (23)	110 (34)	--	
			DLS-IT	1	125 (38)	--	--
			SLS-IT	1	115 (35)	--	--
30	(308)	HTC	1	60 (18)	100 (30)	185 (56)	
			2	90 (27)	125 (38)	230 (70)	
			3	105 (32)	145 (44)	265 (81)	
		BT or BTS	1	100 (30)	151 (46)	--	
			DLS-IT	1	170 (52)	--	--
			SLS-IT	1	150 (46)	--	--
50	(446)	HTC	1	80 (24)	130 (40)	230 (70)	
			2	115 (35)	160 (49)	290 (88)	
			3	135 (41)	185 (56)	335 (102)	
		BT or BTS	1	125 (38)	190 (58)	--	
			DLS-IT	1	215 (66)	--	--
			SLS-IT	1	185 (56)	--	--
75	(618)	HTC	1	95 (29)	155 (47)	280 (85)	
			2	135 (41)	195 (59)	350 (107)	
			3	165 (50)	225 (69)	405 (123)	
		BT or BTS	1	150 (46)	235 (72)	--	
			DLS-IT	1	260 (79)	--	--
			SLS-IT	1	225 (69)	--	--
100	(791)	HTC	1	110 (34)	180 (55)	320 (98)	
			2	155 (47)	225 (69)	400 (122)	
			3	190 (58)	255 (78)	465 (142)	
		BT or BTS	1	175 (53)	270 (82)	--	
			DLS-IT	1	300 (91)	--	--
			SLS-IT	1	380 (116)	--	--
150	(1136)	HTC	1	130 (40)	220 (67)	390 (119)	
			2	190 (58)	270 (82)	490 (149)	
			3	230 (70)	310 (94)	500 (152)	
		BT or BTS	1	215 (66)	325 (99)	--	
			DLS-IT	1	355 (108)	--	--
			SLS-IT	1	315 (96)	--	--
200	(1480)	HTC	1	150 (46)	250 (76)	450 (137)	
			2	215 (66)	310 (94)	500 (152)	
			3	260 (79)	360 (110)	500 (152)	
		BT or BTS	1	245 (75)	375 (114)	--	
			DLS-IT	1	405 (123)	--	--
			SLS-IT	1	355 (108)	--	--
250	(1825)	HTC	1	170 (52)	280 (85)	500 (152)	
			2	240 (73)	345 (105)	500 (152)	
			3	290 (88)	395 (120)	500 (152)	
		BT or BTS	1	270 (82)	415 (126)	--	
			DLS-IT	1	450 (137)	--	--
			SLS-IT	1	390 (119)	--	--

Figura 212. Distancias de trampeo

Fuente: Thermon.

Apéndice 4. Dimensionamiento de Tuberías

Presión bar	Volumen m³/kg	Factor de presión	Bar relativo	Volumen m³/kg	Factor de presión	Bar relativo	Volumen m³/kg	Factor de presión
0,05	28,192	0,0301	2,15	0,576	9,309	7,70	0,222	66,31
0,10	14,674	0,0115	2,20	0,568	9,597	7,80	0,219	67,79
0,15	10,022	0,0253	2,25	0,660	9,888	7,90	0,217	69,29
0,20	7,64 9	0,0442	2,30	0,552	10,18	8,00	0,215	70,80
0,25	6,204	0,0681	2,35	0,544	10,48	8,10	0,212	72,33
0,30	5,229	0,0970	2,40	0,536	10,79	8,20	0,210	73,88
0,35	4,530	0,1308	2,45	0,529	11,40	8,30	0,208	75,44
0,40	3,993	0,1694	2,50	0,522	11,41	8,40	0,206	77,02
0,45	3,580	0,2128	2,55	0,515	11,72	8,50	0,204	78,61
0,50	3,240	0,2610	2,60	0,509	12,05	8,60	0,202	80,22
0,55	2,954	0,3140	2,65	0,502	12,37	8,70	0,200	81,84
0,60	2,732	0,3716	2,70	0,496	12,70	8,80	0,198	83,49
0,65	2,535	0,4340	2,75	0,489	13,03	8,90	0,196	85,14
0,70	2,365	0,5010	2,80	0,483	13,37	9,00	0,194	86,81
0,75	2,217	0,5727	2,85	0,477	13,71	9,10	0,192	88,50
0,80	2,087	0,6489	2,90	0,471	14,06	9,20	0,191	90,20
0,85	1,972	0,7298	2,95	0,466	14,41	9,30	0,189	91,92
0,90	1,869	0,8153	3,00	0,461	14,76	9,40	0,187	93,66
0,95	1,777	0,9053	3,10	0,451	15,48	9,50	0,185	95,41
1,013	1,673	1,025	3,20	0,440	16,22	9,60	0,184	97,18
bar gauge			3,30	0,431	16,98	9,70	0,182	98,96
0	1,673	1,025	3,40	0,422	17,75	9,80	0,181	100,75
0,05	1,601	1,126	3,50	0,413	18,54	9,90	0,179	102,57
0,10	1,533	1,230	3,60	0,405	19,34	10,00	0,177	104,40
0,15	1,471	1,339	3,70	0,396	20,16	10,20	0,174	108,10
0,20	1,414	1,453	3,80	0,389	21,00	10,40	0,172	111,87
0,25	1,361	1,572	3,90	0,381	21,85	10,60	0,169	115,70
0,30	1,312	1,694	4,00	0,374	22,72	10,80	0,166	119,59
0,35	1,268	1,822	4,10	0,367	23,61	11,00	0,163	123,54
0,40	1,225	1,953	4,20	0,361	24,51	11,20	0,161	127,56
0,45	1,186	2,090	4,30	0,355	25,43	11,40	0,158	131,64
0,50	1,149	2,230	4,40	0,348	26,36	11,60	0,156	135,78
0,55	1,115	2,375	4,50	0,342	27,32	11,80	0,153	139,98
0,60	1,083	2,525	4,60	0,336	28,28	12,00	0,151	144,25
0,65	1,051	2,679	4,70	0,330	29,27	12,20	0,149	148,57
0,70	1,024	2,837	4,80	0,325	30,27	12,40	0,147	152,96
0,75	0,997	2,999	4,90	0,320	31,29	12,60	0,145	157,41
0,80	0,971	3,166	5,00	0,315	32,32	12,80	0,143	161,92
0,85	0,946	3,338	5,10	0,310	33,37	13,00	0,141	166,50
0,90	0,923	3,514	5,20	0,305	34,44	13,20	0,139	171,13
0,95	0,901	3,694	5,30	0,301	35,52	13,40	0,135	175,83
1,00	0,881	3,878	5,40	0,296	36,62	13,60	0,133	180,58
1,05	0,860	4,067	5,50	0,292	37,73	13,80	0,132	185,40
1,10	0,841	4,260	5,60	0,288	38,86	14,00	0,130	190,29
1,15	0,823	4,458	5,70	0,284	40,01	14,20	0,128	195,23
1,20	0,806	4,660	5,80	0,280	41,17	14,40	0,127	200,23
1,25	0,788	4,866	5,90	0,276	42,35	14,60	0,125	205,30
1,30	0,773	5,076	6,00	0,272	43,54	14,80	0,124	210,42
1,35	0,757	5,291	6,10	0,269	44,76	15,00	0,122	215,61
1,40	0,743	5,510	6,20	0,265	45,98	15,20	0,121	220,86
1,45	0,728	5,734	6,30	0,261	47,23	15,40	0,119	226,17
1,50	0,714	5,961	6,40	0,258	48,48	15,60	0,118	231,54
1,55	0,701	6,193	6,50	0,255	49,76	15,80	0,117	236,97
1,60	0,689	6,429	6,60	0,252	51,05	16,00	0,115	242,46
1,65	0,677	6,670	6,70	0,249	52,36	16,20	0,114	248,01
1,70	0,665	6,915	6,80	0,246	53,68	16,40	0,113	253,62
1,75	0,654	7,164	6,90	0,243	55,02	16,60	0,111	259,30
1,80	0,643	7,417	7,00	0,240	56,38	16,80	0,110	265,03
1,85	0,632	7,675	7,10	0,237	57,75	17,00	0,109	270,83
1,90	0,622	7,937	7,20	0,235	59,13	17,20	0,108	276,69
1,95	0,612	8,203	7,30	0,232	60,54	17,40	0,107	282,60
2,00	0,603	8,473	7,40	0,229	61,96	17,60	0,106	288,58
2,05	0,594	8,748	7,50	0,227	63,39	17,80	0,105	294,52
2,10	0,585	9,028	7,60	0,224	64,84	18,00	0,104	300,72

Figura 213. Factores de presión

Fuente: Spirax-Sarco, 1999.

Factor F	Tamaño de tubería en mm																
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150	175	200	225	250	300	
0,00016	x					30,40	55,41	90,72	199,1	360,4	598,2	890,0	1275	1775	2329	3800	
	y					4,30	4,86	5,55	6,82	7,90	9,16	10,05	10,94	11,94	12,77	14,54	
0,00020	x				16,18	34,32	62,77	103,0	225,6	407,0	662,0	1005	1437	1988	2623	4276	
	y				3,96	4,85	5,51	6,31	7,72	8,92	10,13	11,34	12,33	13,37	14,38	16,36	
0,00025	x			10,84	17,92	38,19	69,31	113,2	249,9	450,3	735,5	1108	1678	2183	2904	4715	
	y			3,74	4,39	5,40	6,08	6,92	8,87	9,87	11,26	12,51	14,40	14,85	15,92	18,04	
0,00030	x			11,98	19,31	41,83	75,85	124,1	271,2	491,9	804,5	1209	1733	2300	4172	5149	
	y			4,13	4,73	5,92	6,65	7,60	9,29	10,79	12,31	13,65	14,87	16,26	17,39	19,07	
0,00035	x			6,86	12,44	20,59	43,76	80,24	130,01	285,3	519,2	845,3	1279	1823	2497	3346	
	y			3,88	4,30	5,04	6,21	7,04	7,96	9,77	11,38	12,94	14,44	15,64	17,00	18,34	20,69
0,00045	x	3,62	7,94	14,56	23,39	50,75	92,68	150,9	333,2	604,6	979,7	1478	218	2913	3884	6267	
	y	3,54	4,49	5,03	5,73	7,18	8,13	9,24	11,42	13,26	15,00	16,68	18,18	19,82	21,29	23,99	
0,00055	x	4,04	8,99	16,18	26,52	57,09	103,8	170,8	373,1	674,2	1101	1663	2382	3281	4338	7057	
	y	3,96	5,09	5,59	6,49	8,08	9,10	10,46	12,78	14,78	16,85	18,77	20,44	22,32	23,78	27,01	
0,00065	x	4,46	9,56	17,76	29,14	62,38	113,8	186,7	409,8	739,9	1207	1823	2506	3507	4781	7741	
	y	4,37	5,41	6,13	7,14	8,82	9,98	11,43	14,04	16,22	18,48	20,58	22,27	24,47	26,21	29,62	
0,00075	x	4,87	10,57	19,31	31,72	68,04	124,1	203,2	445,9	804,5	1315	1977	2836	3908	5172	8367	
	y	4,77	5,98	6,67	7,77	9,62	10,88	12,44	15,28	17,64	20,13	22,32	24,34	26,59	28,35	32,02	
0,00085	x	5,52	11,98	21,88	35,95	77,11	140,7	230,2	505,4	911,8	1490	2240	3215	4429	5861	9482	
	y	5,41	6,78	7,56	8,80	10,91	12,34	14,09	17,32	19,99	22,81	25,29	27,59	30,13	32,13	36,29	
0,00100	x	1,98	5,84	12,75	23,50	38,25	81,89	148,8	354,2	539,4	988,5	1578	2403	3383	4707	6228	
	y	4,10	5,72	7,21	8,12	9,37	11,58	13,03	15,01	18,48	21,24	24,17	27,13	29,03	32,02	34,14	
0,00125	x	2,10	6,26	13,57	24,98	40,72	87,57	159,8	261,8	577,9	1038	1699	2544	3634	5036	6655	
	y	4,39	6,13	7,68	8,62	9,97	12,39	14,02	16,03	19,80	22,76	26,01	28,72	31,19	34,26	36,48	
0,00150	x	2,39	7,35	15,17	28,04	45,97	98,84	179,3	295,1	652,8	1172	1908	2886	4091	5631	7493	
	y	5,00	7,20	8,58	9,68	11,26	13,98	15,72	18,07	22,37	25,70	29,21	32,69	35,11	38,31	41,08	
0,00175	x	2,48	7,51	16,30	29,61	49,34	103,4	188,8	311,1	688,5	1270	2017	3046	4291	5921	7852	
	y	5,19	7,36	9,22	10,23	12,08	14,63	16,56	19,05	23,52	27,85	30,88	34,39	36,83	40,28	43,04	
0,0020	x	2,84	8,58	18,63	33,83	56,39	118,2	215,8	355,5	784,6	1451	2305	3482	4904	6767	8974	
	y	5,94	8,40	10,54	11,68	13,81	16,72	18,93	21,77	26,88	31,82	35,28	39,31	42,09	46,04	49,19	
0,0025	x	3,16	9,48	20,75	37,25	61,30	132,0	240,5	391,3	881,7	1556	2456	3819	5422	7544	10090	
	y	6,61	9,29	11,74	12,86	15,01	18,67	21,09	23,96	30,21	34,12	38,97	43,11	46,53	51,33	55,31	
0,0030	x	3,44	10,34	22,5	40,45	66,66	143,4	262,0	429,8	924,4	1701	2767	4183	6086	8275	11033	
	y	7,20	10,13	12,73	13,97	16,33	20,29	22,98	26,32	32,29	37,30	42,36	47,22	52,08	56,30	60,48	
0,0040	x	4,17	12,50	26,97	48,55	80,91	173,1	313,8	514,9	1128	2040	3330	5051	7208	9905	13240	
	y	8,73	12,25	15,26	16,71	19,82	24,49	27,52	31,53	38,65	44,73	50,97	57,02	61,86	67,39	72,58	
0,0050	x	4,71	14,12	30,40	54,92	90,23	196,1	354,0	578,6	1275	2305	3727	5757	8189	11276	14858	
	y	9,86	13,83	17,20	18,97	20,10	27,74	31,05	35,43	43,68	50,54	57,05	64,76	70,28	76,73	81,45	
0,0060	x	5,25	15,69	35,80	60,31	99,05	215,8	392,3	647,3	1412	2250	4148	6277	9072	12406	16476	
	y	10,99	15,37	20,26	20,83	24,26	30,53	34,41	39,63	48,38	55,92	63,50	70,86	77,86	84,40	90,82	
0,0080	x	6,08	18,34	39,23	70,12	116,2	251,5	456,0	750,3	1648	2976	4879	7355	10543	14417	19173	
	y	12,72	17,97	22,20	24,22	28,46	35,58	40,00	45,95	56,46	65,26	74,69	83,03	90,48	98,09	105,1	
0,0100	x	6,86	20,64	44,13	79,44	130,4	283,9	514,9	845,9	1863	3334	5492	8336	11867	16280	21576	
	y	14,36	20,22	24,97	27,44	31,94	40,16	45,16	51,80	63,83	73,11	84,07	94,11	101,6	110,8	118,28	
0,0125	x	7,35	22,20	47,28	81,00	140,1	302,1	547,3	901,9	1983	3589	5867	8844	12697	17426	23074	
	y	15,38	21,75	26,75	27,98	34,31	42,74	48,00	55,22	67,94	78,70	89,81	99,84	109,0	118,5	126,5	
0,0150	x	8,27	25,00	53,33	95,62	157,2	342,0	620,6	1020	2230	4046	6620	10022	14251	19584	25974	
	y	17,31	24,49	30,18	33,03	38,50	43,38	54,43	62,46	76,40	88,70	101,3	113,1	122,3	133,2	142,4	
0,0175	x	8,58	26,39	55,78	100,4	165,6	360,4	665,1	1073	2380	4291	6994	10512	15017	20596	27461	
	y	17,95	25,85	31,56	34,68	40,65	50,99	58,34	65,70	80,52	94,09	107,1	118,7	128,9	140,1	150,5	
0,020	x	9,80	30,16	63,75	114,7	189,3	411,9	760,1	1226	2697	49,04	7993	12014	17,83	23538	31384	
	y	20,51	29,55	36,07	39,62	46,36	58,27	66,67	75,01	92,41	107,5	122,3	135,6	147,3	160,01	172,0	
0,025	x	10,99	33,48	70,73	127,3	209,8	459,7	834,6	1367	2970	5422	8817	13286	19332	26357	34750	
	y	23,00	32,80	40,02	43,97	51,39	65,03	73,20	83,70	101,7	118,9	135,0	150,1	165,9	179,3	190,5	
0,030	x	12,00	36,78	77,23	137,9	229,9	501,1	919,4	1480	3264	5884	9792	14481	20917	28895	37697	
	y	25,11	36,03	43,70	47,63	56,31	70,89	80,64	90,62	111,8	129,0	149,9	163,5	179,5	194,5	206,6	
0,040	x	14,46	44,16	93,17	169,2	279,5	600,7	1093	1790	3923	77,90	1322	17457	25254	34571	45604	
	y	30,26	43,23	52,72	58,44	68,46	84,98	95,87	109,6	134,4	155,9	177,9	197,1	216,7	235,2	250,0	
0,050	x	16,43	49,53	104,4	191,2	313,8	676,7	1231	2020	4413	8042	13044	19370	26441	36229	51489	
	y	34,38	48,52	59,08	66,04	76,86	95,73	108,0	123,7	151,2	176,3	199,7	218,7	244,1	266,9	282,3	
0,06	x	18,14	52,96	115,7	210,8	343,2	750,3	1373	2231	4855	8827	14368	21282	31384	43152	57373	
	y	37,96	51,88	65,47	72,81	84,06	106,1	120,4	136,6	166,3	193,5	219,9	240,2	269,3	293,6	314,5	
0,08	x	21,08	62,28	134,8	245,2	402,1	872,8	1594	2599	5688	10449	16672	24518	36532			
	y	44,11	61,02	76,28	86,69	98,49	123,5	139,6	159,1	194,9	224,7	255,2	278,8	313,5			
0,10	x	24,03	70,12	152,0	277,0	456,0	980,7	1804	2942	6484	11524	18879	27481				
	y	50,29	68,70	86,01	95,67	111,7	138,7	158,2	180,1	220,1	252,7	289,0	310,1				
0,12	x	25,99	77,48	167,7	306,5	500,2	1079	1986	3236	7110	12700	20841					
	y	54,39	75,91	94,90	105,9	122,5	152,6	174,2	198,1	243,6	278,5	319,0					

Tamaño de Tubería (in)	Longitud en Metros a Añadir				
	Codo Estándar	"T" con Salida Lateral	Válvula de Compuerta*	Válvula de Globo*	Válvula de Angulo*
1/2	0.5	0.9	0.1	5.4	2.4
3/4	0.6	1.3	0.2	7.1	3.1
1	0.8	1.6	0.2	9.1	4.0
1 1/4	1.1	2.1	0.3	11.9	5.3
1 1/2	1.2	2.5	0.3	13.9	6.1
2	1.6	3.2	0.4	17.9	7.9
2 1/2	1.9	3.8	0.5	21.3	9.4
3	2.3	4.7	0.6	26.5	11.7
3 1/2	2.7	5.4	0.7	30.6	13.5
4	3.1	6.1	0.8	34.8	15.3
5	3.8	7.7	1.0	43.6	19.2
6	4.6	9.2	1.2	52.4	23.1
8	6.1	12.2	1.6	68.9	30.4
10	7.6	15.3	2.0	86.5	38.2
12	9.1	18.2	2.4	103.1	45.5

* Válvula completamente abierta

Figura 215. Longitud equivalente de accesorios para tuberías de cédula 40

Fuente: Armstrong, 1998.

Apéndice 5. Dimensiones de tuberías

Pipe Size (inches)	Outside Diameter (inches)	Identification			Wall Thickness - t (inches)	Inside Diameter - d (inches)	Area of Metal (square inches)	Transverse Internal Area		Moment of Inertia - I - (inches ⁴)	Weight Pipe (pounds per foot)	Weight Water (pounds per foot)	External Surface (square feet per foot of pipe)	Elastic Section Modulus (in ³)
		Steel		Stainless Steel Schedule No.				- a - (square inches)	- A - (square feet)					
		Iron Pipe Size	Schedule No.											
1/8	0.405	-	-	10S	.049	.307	.0548	.0740	.00051	.00088	.19	.032	.106	.00437
		STD	40	40S	.068	.269	.0720	.0568	.00040	.00106	.24	.025	.106	.00523
		XS	80	80S	.095	.215	.0925	.0364	.00025	.00122	.31	.016	.106	.00602
1/4	0.540	-	-	10S	.065	.410	.0970	.1320	.00091	.00279	.33	.057	.141	.01032
		STD	40	40S	.088	.364	.1250	.1041	.00072	.00331	.42	.045	.141	.01227
		XS	80	80S	.119	.302	.1574	.0716	.00050	.00377	.54	.031	.141	.01395
3/8	0.675	-	-	10S	.065	.545	.1246	.2333	.00162	.00586	.42	.101	.178	.01736
		STD	40	40S	.091	.493	.1670	.1910	.00133	.00729	.57	.083	.178	.02160
		XS	80	80S	.126	.423	.2173	.1405	.00098	.00862	.74	.061	.178	.02554
1/2	0.840	-	-	5S	.065	.710	.1583	.3959	.00275	.01197	.54	.172	.220	.02849
		-	-	10S	.083	.674	.1974	.3568	.00248	.01431	.67	.155	.220	.03407
		STD	40	40S	.109	.622	.2503	.3040	.00211	.01709	.85	.132	.220	.04069
		XS	80	80S	.147	.546	.3200	.2340	.00163	.02008	1.09	.102	.220	.04780
		-	160	-	.187	.466	.3836	.1706	.00118	.02212	1.31	.074	.220	.05267
		XXS	-	-	.294	.252	.5043	.050	.00035	.02424	1.71	.022	.220	.05772

Figura 216. Dimensiones de las tuberías (1)

Fuente: ASME/ANSI.

Pipe Size (inches)	Outside Diameter (inches)	Identification			Wall Thickness - t (inches)	Inside Diameter - d (inches)	Area of Metal (square inches)	Transverse Internal Area		Moment of Inertia - I - (inches ⁴)	Weight Pipe (pounds per foot)	Weight Water (pounds per foot)	External Surface (square feet per foot of pipe)	Elastic Section Modulus (in ³)
		Steel		Stainless Steel Schedule No.				- a - (square inches)	- A - (square feet)					
		Iron Pipe Size	Schedule No.											
3/4	1.050	-	-	5S	.065	.920	.2011	.6648	.00462	.02450	.69	.288	.275	.04667
		-	-	10S	.083	.884	.2521	.6138	.00426	.02969	.86	.266	.275	.05655
		STD	40	40S	.113	.824	.3326	.5330	.00371	.03704	1.13	.231	.275	.07055
		XS	80	80S	.154	.742	.4335	.4330	.00300	.04479	1.47	.188	.275	.08531
		-	160	-	.219	.612	.5698	.2961	.00206	.05269	1.94	.128	.275	.10036
		XXS	-	-	.308	.434	.7180	.148	.00103	.05792	2.44	.064	.275	.11032
1	1.315	-	-	5S	.065	1.185	.2553	1.1029	.00766	.04999	.87	.478	.344	.07603
		-	-	10S	.109	1.097	.4130	.9452	.00656	.07569	1.40	.409	.344	.11512
		STD	40	40S	.133	1.049	.4939	.8640	.00600	.08734	1.68	.375	.344	.1328
		XS	80	80S	.179	.957	.6388	.7190	.00499	.1056	2.17	.312	.344	.1606
		-	160	-	.250	.815	.8365	.5217	.00362	.1251	2.84	.230	.344	.1903
		XXS	-	-	.358	.599	1.0760	.282	.00196	.1405	3.66	.122	.344	.2136
1 1/4	1.660	-	-	5S	.065	1.530	.3257	1.839	.01277	.1038	1.11	.797	.435	.1250
		-	-	10S	.109	1.442	.4717	1.633	.01134	.1605	1.81	.708	.435	.1934
		STD	40	40S	.140	1.380	.6685	1.495	.01040	.1947	2.27	.649	.435	.2346
		XS	80	80S	.191	1.278	.8815	1.283	.00891	.2418	3.00	.555	.435	.2913
		-	160	-	.250	1.160	1.1070	1.057	.00734	.2839	3.76	.458	.435	.3421
		XXS	-	-	.382	.896	1.534	.630	.00438	.3411	5.21	.273	.435	.4110
1 1/2	1.900	-	-	5S	.065	1.770	.3747	2.461	.01709	.1579	1.28	1.066	.497	.1662
		-	-	10S	.109	1.682	.6133	2.222	.01543	.2468	2.09	.963	.497	.2598
		STD	40	40S	.145	1.610	.7995	2.036	.01414	.3099	2.72	.882	.497	.3262
		XS	80	80S	.200	1.500	1.068	1.767	.01225	.3912	3.63	.765	.497	.4118
		-	160	-	.281	1.338	1.429	1.406	.00976	.4824	4.86	.608	.497	.5078
		XXS	-	-	.400	1.100	1.885	.950	.00660	.5678	6.41	.42	.497	.5977
2	2.375	-	-	5S	.065	2.245	.4717	3.958	.02749	.3149	1.61	1.72	.622	.2652
		-	-	10S	.109	2.157	.7760	3.654	.02538	.4992	2.64	1.58	.622	.4204
		STD	40	40S	.154	2.067	1.075	3.355	.02330	.6657	3.65	1.45	.622	.5606
		XS	80	80S	.218	1.939	1.477	2.953	.02050	.8679	5.02	1.28	.622	.7309
		-	160	-	.344	1.687	2.190	2.241	.01556	1.162	7.46	.97	.622	.979
		XXS	-	-	.436	1.503	2.656	1.774	.01232	1.311	9.03	.77	.622	1.104

Figura 217. Dimensiones de las tuberías (2)

Fuente: ASME/ANSI.

Pipe Size (inches)	Outside Diameter (inches)	Identification			Wall Thickness - t (inches)	Inside Diameter - d (inches)	Area of Metal (square inches)	Transverse Internal Area		Moment of Inertia - I - (inches ⁴)	Weight Pipe (pounds per foot)	Weight Water (pounds per foot)	External Surface (square feet per foot of pipe)	Elastic Section Modulus (in ³)
		Steel		Stainless Steel Schedule No.				- a - (square inches)	- A - (square feet)					
		Iron Pipe Size	Schedule No.											
2 1/2	2.875	-	-	5S	.083	2.709	.7280	5.764	.04002	.7100	2.48	2.50	.753	4939
		-	-	10S	.120	2.635	1.039	5.453	.03787	.9873	3.53	2.36	.753	6868
		STD	40	40S	.203	2.469	1.704	4.788	.03322	1.530	5.79	2.07	.753	1.064
		XS	80	80S	.276	2.323	2.254	4.238	.02942	1.924	7.66	1.87	.753	1.339
		XXS	160	-	.375	2.125	2.945	3.546	.02463	2.353	10.01	1.54	.753	1.638
-	-	-	.552	1.771	4.028	2.464	.01710	2.871	13.69	1.07	.753	1.997		
3	3.500	-	-	5S	.083	3.334	.8910	8.730	.06063	1.301	3.03	3.78	.916	7435
		-	-	10S	.120	3.260	1.274	8.347	.05796	1.822	4.33	3.62	.916	1.041
		STD	40	40S	.216	3.068	2.228	7.393	.05130	3.017	7.58	3.20	.916	1.724
		XS	80	80S	.300	2.900	3.016	6.605	.04587	3.894	10.25	2.6	.916	2.225
		XXS	160	-	.438	2.624	4.205	5.408	.03755	5.032	14.32	2.35	.916	2.876
-	-	-	.600	2.300	5.466	4.155	.02885	5.993	18.58	1.80	.916	3.424		
3 1/2	4.000	-	-	5S	.083	3.834	1.021	11.545	.08017	1.960	3.48	5.00	1.047	9799
		-	-	10S	.120	3.760	1.463	11.104	.07711	2.755	4.97	4.81	1.047	1.378
		STD	40	40S	.226	3.548	2.680	9.886	.06870	4.788	9.11	4.29	1.047	2.394
		XS	80	80S	.318	3.364	3.678	8.888	.06170	6.280	12.50	3.84	1.047	3.140
		-	-	-	.434	3.044	4.712	7.880	.05442	7.280	15.28	3.48	1.047	3.914
4	4.500	-	-	5S	.083	4.334	1.152	14.75	.10245	2.810	3.92	6.39	1.178	1.249
		-	-	10S	.120	4.260	1.651	14.25	.09898	3.963	5.61	6.18	1.178	1.761
		STD	40	40S	.237	4.026	3.174	12.73	.08840	7.233	10.79	5.50	1.178	3.214
		XS	80	80S	.337	3.826	4.407	11.50	.07986	9.610	14.98	4.98	1.178	4.271
		-	-	-	.438	3.624	5.595	10.31	.0716	11.65	19.0	4.47	1.178	5.178
-	-	-	.531	3.438	6.621	9.28	.0645	13.27	22.51	4.02	1.178	5.898		
-	-	-	.674	3.152	8.101	7.80	.0542	15.28	27.54	3.38	1.178	6.791		
5	5.563	-	-	5S	.109	5.345	1.868	22.44	.1558	6.947	6.36	9.72	1.456	2.498
		-	-	10S	.134	5.295	2.285	22.02	.1529	8.425	7.77	9.54	1.456	3.029
		STD	40	40S	.258	5.047	4.300	20.01	.1390	15.16	14.62	8.67	1.456	5.451
		XS	80	80S	.375	4.813	6.112	18.19	.1263	20.67	20.78	7.88	1.456	7.431
		-	-	-	.500	4.563	7.953	16.35	.1136	25.73	27.04	7.09	1.456	9.250
-	-	-	.625	4.313	9.696	14.61	.1015	30.03	32.96	6.33	1.456	10.796		
-	-	-	.750	4.063	11.340	12.97	.0901	33.63	38.55	5.61	1.456	12.090		

Figura 218. Dimensiones de las tuberías (3)

Fuente: ASME/ANSI.

Pipe Size (inches)	Outside Diameter (inches)	Identification			Wall Thickness - t (inches)	Inside Diameter - d (inches)	Area of Metal (square inches)	Transverse Internal Area		Moment of Inertia - I - (inches ⁴)	Weight Pipe (pounds per foot)	Weight Water (pounds per foot)	External Surface (square feet per foot of pipe)	Elastic Section Modulus (in ³)
		Steel		Stainless Steel Schedule No.				- a - (square inches)	- A - (square feet)					
		Iron Pipe Size	Schedule No.											
6	6.625	-	-	5S	.109	6.407	2.231	32.24	.2239	11.85	7.60	13.97	1.734	3.576
		-	-	10S	.134	6.357	2.733	31.74	.2204	14.40	9.29	13.75	1.734	4.346
		STD	40	40S	.280	6.065	5.581	28.89	.2006	28.14	18.97	12.51	1.734	8.496
		XS	80	80S	.432	5.761	8.405	26.07	.1810	40.49	28.57	11.29	1.734	12.22
		-	-	-	.562	5.501	10.70	23.77	.1650	49.61	36.39	10.30	1.734	14.98
-	-	-	.718	5.187	13.32	21.15	.1469	58.97	45.35	9.16	1.734	17.81		
-	-	-	.864	4.897	15.64	18.84	.1308	66.33	53.16	8.16	1.734	20.02		
8	8.625	-	-	5S	.109	8.407	2.916	55.51	.3855	26.44	9.93	24.06	2.258	6.131
		-	-	10S	.148	8.329	3.941	54.48	.3784	35.41	13.40	23.61	2.258	8.212
		-	-	20	.250	8.125	6.57	51.85	.3601	57.72	22.36	22.47	2.258	13.39
		-	-	30	.277	8.071	7.26	51.16	.3553	63.35	24.70	22.17	2.258	14.69
		STD	40	40S	.322	7.981	8.40	50.03	.3474	72.49	28.55	21.70	2.258	16.81
-	-	-	.406	7.813	10.48	47.94	.3329	88.73	35.64	20.77	2.258	20.58		
-	-	-	.500	7.625	12.76	45.66	.3171	105.7	43.39	19.78	2.258	24.51		
-	-	-	.594	7.437	14.96	43.46	.3018	121.3	50.95	18.83	2.258	28.14		
-	-	-	.719	7.187	17.84	40.59	.2819	140.5	60.71	17.59	2.258	32.58		
-	-	-	.812	7.001	19.93	38.50	.2673	153.7	67.76	16.68	2.258	35.65		
-	-	-	.875	6.875	21.30	37.12	.2578	162.0	72.42	16.10	2.258	37.56		
-	-	-	.906	6.813	21.97	36.46	.2532	165.9	74.69	15.80	2.258	38.48		
10	10.750	-	-	5S	.134	10.482	4.36	86.29	.5992	63.0	15.19	37.39	2.814	11.71
		-	-	10S	.165	10.420	5.49	85.28	.5922	76.9	18.65	36.95	2.814	14.30
		-	-	20	.250	10.250	8.24	82.52	.5731	113.7	28.04	35.76	2.814	21.15
		-	-	30	.307	10.136	10.07	80.69	.5603	137.4	34.24	34.96	2.814	25.57
		STD	40	40S	.365	10.020	11.90	78.86	.5475	160.7	40.48	34.20	2.814	29.90
-	-	-	.500	9.750	16.10	74.66	.5185	212.0	54.74	32.35	2.814	39.43		
-	-	-	.594	9.562	18.92	71.84	.4989	244.8	64.43	31.13	2.814	45.54		
-	-	-	.719	9.312	22.63	68.13	.4732	286.1	77.03	29.53	2.814	53.22		
-	-	-	.844	9.052	26.24	64.53	.4481	324.2	89.29	27.96	2.814	60.32		
-	-	-	1.000	8.750	30.63	60.13	.4176	367.8	104.13	26.06	2.814	68.43		
-	-	-	1.125	8.500	34.02	56.75	.3941	399.3	115.64	24.59	2.814	74.29		

Figura 219. Dimensiones de las tuberías (4)

Fuente: ASME/ANSI.

Pipe Size (inches)	Outside Diameter (inches)	Identification			Wall Thickness - <i>t</i> (inches)	Inside Diameter - <i>d</i> (inches)	Area of Metal (square inches)	Transverse Internal Area		Moment of Inertia - <i>I</i> - (inches ⁴)	Weight Pipe (pounds per foot)	Weight Water (pounds per foot)	External Surface (square feet per foot of pipe)	Elastic Section Modulus (in ³)		
		Steel		Stainless Steel Schedule No.				- <i>a</i> - (square inches)	- <i>A</i> - (square feet)							
		Iron Pipe Size	Schedule No.													
12	12.75	-	-	5S	.156	12.438	6.17	121.50	.8438	122.4	20.98	52.65	3.338	19.2		
		-	-	10S	.180	12.390	7.11	120.57	.8373	140.4	24.17	52.25	3.338	22.0		
		-	20	-	.250	12.250	9.82	117.86	.8185	191.8	33.38	51.07	3.338	30.2		
		-	30	-	.330	12.090	12.87	114.80	.7972	248.4	43.77	49.74	3.338	39.0		
		STD	-	40S	.375	12.000	14.58	113.10	.7854	279.3	49.56	49.00	3.338	43.8		
		-	40	-	.406	11.938	15.77	111.93	.7773	300.3	53.52	48.50	3.338	47.1		
		XS	-	80S	.500	11.750	19.24	108.43	.7528	361.5	65.42	46.92	3.338	56.7		
		-	60	-	.562	11.626	21.52	106.16	.7372	400.4	73.15	46.00	3.338	62.8		
		-	80	-	.688	11.374	26.03	101.64	.7058	475.1	88.63	44.04	3.338	74.6		
		-	100	-	.844	11.062	31.53	96.14	.6677	561.6	107.32	41.66	3.338	88.1		
		-	120	-	1.000	10.750	36.91	90.76	.6303	641.6	125.49	39.33	3.338	100.7		
		-	140	-	1.125	10.500	41.08	86.59	.6013	700.5	139.67	37.52	3.338	109.9		
		-	160	-	1.312	10.126	47.14	80.53	.5592	781.1	160.27	34.89	3.338	122.6		
		14	14.00	-	-	5S	.156	13.688	6.78	147.15	1.0219	162.6	23.07	63.77	3.665	23.2
				-	-	10S	.188	13.624	8.16	145.78	1.0124	194.6	27.73	63.17	3.665	27.8
				-	10	-	.250	13.500	10.80	143.14	.9940	255.3	36.71	62.03	3.665	36.6
-	20			-	.312	13.376	13.42	140.52	.9758	314.4	45.61	60.89	3.665	45.0		
STD	30			-	.375	13.250	16.05	137.88	.9575	372.8	54.57	59.75	3.665	53.2		
-	40			-	.438	13.124	18.66	135.28	.9394	429.1	63.44	58.64	3.665	61.3		
XS	-			-	.500	13.000	21.21	132.73	.9217	483.8	72.09	57.46	3.665	69.1		
-	60			-	.594	12.812	24.98	128.96	.8956	562.3	85.05	55.86	3.665	80.3		
-	80			-	.750	12.500	31.22	122.72	.8522	678.3	106.13	53.18	3.665	98.2		
-	100			-	.938	12.124	38.45	115.49	.8020	824.4	130.85	50.04	3.665	117.8		
-	120			-	1.094	11.812	44.32	109.62	.7612	929.6	150.79	47.45	3.665	132.8		
-	140			-	1.250	11.500	50.07	103.87	.7213	1027.0	170.28	45.01	3.665	146.8		
-	160			-	1.406	11.188	55.63	98.31	.6827	1117.0	189.11	42.60	3.665	159.6		

Figura 220. Dimensiones de las tuberías (5)

Fuente: ASME/ANSI.

Apéndice 6. Conductividad de diferentes materiales

Temperature (°C)	Thermal conductivity (W/m K)
20	51.5
800	29.7
1,500	29.7
2,000	30

Figura 221. Coeficiente de conducción para acero al carbono a diferentes temperaturas

Fuente: Ranjbarnodeh, 2011.

Row	Temperature	Conductivity
1	100	0.25
2	200	0.31
3	300	0.37
4	400	0.45
5	500	0.54
6	600	0.65
7	700	0.77

Figura 222. Coeficiente de conducción para fibra mineral 1000F (Temperatura en [°F] y Coeficiente en [Btu in / h ft² °F])

Fuente: Software 3E plus, NAIMA.

Apéndice 7. Selección de válvulas

Technical Information

Temperature °F*	Working Pressure psi
-20 to 100	275
200	235
300	215
400	195
500	170
600	140
650	125
700	110
750	95
800	80
850	65
900	50
950	35
1000	20

*Standard PTFE seals limited to 450°F, over 450°F use graphite.

How to Order

Size	Series	Class	Ends	Body Material	Options
2	45	1 150 Flange	1 Flange	6 316 Stainless Steel	60 Gear Operator*
2-1/2			2 Buttweld*		6 Graphite stem packing & Bonnet Seal*
3					
4					
6					
8*					
10*					
12*					
14*					
16*					

*POA

Example: 3 - 45 - 1 - - 1 - 4 = 3-45-1-1-4

Figura 223. Capacidad y designación válvula de Globo Bridada

Fuente: Sharpe Valves.

Temperature °F	316L Pressure psi	316 Pressure psi	Carbon Pressure psi
-20 to 100	1600	1920	1975
200	1350	1655	1800
300	1210	1495	1750
400	1100	1370	1690
500	1020	1275	1595
600	960	1205	1460
650	935	1185	1430
700	915	1150	1420
750	895	1130	1345
800	875	1105	1100
850	860	1080	-
900	-	1050	-
950	-	1030	-
1000	-	970	-

Figura 224. Capacidad de la válvula de Compuerta Roscada

Fuente: Sharpe Valves.

Fig: 1/2 - 3483 - 6 - TE

Description: 1/2" - Series 3483 - 316 Stainless Steel - Threaded Ends

Size	Series	Body		Ends	
1/4	3483	4	Carbon Steel	TE	Threaded Socket Weld
3/8		6	Stainless Steel	SW	
1/2					
3/4					
1					
1-1/4					
1-1/2					
2					

Due to continuous development of our product range, we reserve the right to change the dimensions and information for this product as required.

Figura 225. Designación de la válvula de Compuerta Roscada

Fuente: Sharpe Valves.

Temperature °F	316L Pressure psi	Forged Steel Pressure psi
-20 to 100	1600	1975
200	1365	1810
300	1215	1745
400	1120	1690
500	1050	1610
600	990	1515
650	975	1465
700	960	1415
750	940	1350
800	920	1100
850	900	-

Figura 226. Capacidad de válvula de Globo Roscada

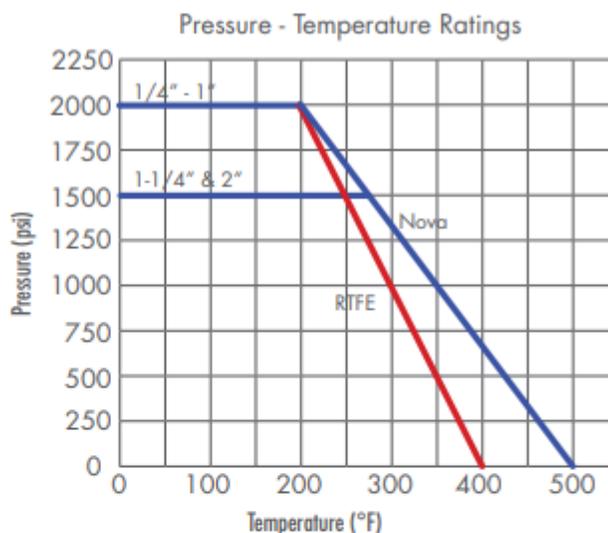
Fuente: Sharpe Valves.

Size	Series	Body		Ends	
1/4	4483	4	Forged Steel (Trim 8)	TE	Threaded
3/8		6	Stainless Steel (Trim 12)	SW	Socket Weld
1/2					
3/4					
1					
1-1/4					
1-1/2					
2					

Example: 1 - 4483 - 6 - TE = 1-4483-6-TE

Figura 227. Designación de válvula de Globo Roscada

Fuente: Sharpe Valves.



How To Order

Size	Series	Body	Seat	Options
1/4	5457	4 Carbon Steel	R RTFE	OH Oval Handle
3/8		6 Stainless Steel	N Nova	DMH Spring Return Handle
1/2				
3/4				
1				
1-1/4				
1-1/2				
2				

Example: 1/4 +5457 + 6 + R + = 1/4"-5457-6-R

Figura 228. Capacidad y designación válvula de Bola Roscada

Fuente: Sharpe Valves.

Apéndice 8. Selección de reductores de presión

Pressure Reducing Valve Selection								
If Fluid Is	If Inlet Pressure Is		If Outlet Pressure Is		If Maximum Capacity Is Less Than		Look for Model	Find on Page
	psig	bar	psig	bar	lb/hr	kg/hr		
Steam	15 to 150	1 to 10	3 to 60	.21 to 4	425	193	GD-6N	276
	5 to 15	.3 to 1	2 to 12	.14 to .8	5,643	2,565	GP-2000L	291
	15 to 250	1 to 17	5 to 200	.34 to 13.8	18,024	8,175	GP-1000	285
	15 to 300	1 to 20	1.5 to 200	.10 to 14	134,534	61,024	GP-2000 Series	290
	15 to 300	1 to 20	3 to 140	.21 to 9.6	1,038	471	GD-30S/GD-45	272/274
	15 to 250	1 to 17	3 to 140	.21 to 9.6	3,471	1,575	GD-30	272
	15 to 425	1 to 30	1.5 to 248	.10 to 17	25,706	11,660	GP-2000CS	292
	15 to 150	1 to 10	5 to 125	.34 to 8.6	4,505	2,048	GP-1000 SS/AS	285

Figura 229. Guía de selección

Fuente: Armstrong.

GP-1000											
Model Number	Pressure		Spring Color	Application	Maximum Temp. °F (°C)	Minimum Diff. psig (bar)	Body	Main Valve/ Valve Seat	Pilot Valve/Seat	Piston/Cylinder	Diaphragm
	Inlet psig (bar)	Reduced psig (bar)									
NPT GP-1000	15 - 250 (1 - 17)	5 - 125 (.34 - 8.6)	Black	Steam	450 (232)	7 (.48)	Ductile Iron ASTM A536	Stainless Steel AISI 420	Stainless Steel AISI 403/420	Stainless Steel AISI 420/Stainless Steel AISI 403	Stainless Steel AISI 301
		125 - 200 (8.6 - 13.8)	Green								
150 ANSI GP-1000	15 - 150 (1 - 10)	5 - 125 (.34 - 8.6)	Black	Air & Gas	175 (80)	7 (.48)	Ductile Iron ASTM A536	Stainless Steel AISI 420/ Brass w/NBR	Stainless Steel AISI 403/420	Bronze/Bronze ASTM C36000	Stainless Steel AISI 301
NPT GP-1000A	15 - 150 (1 - 10)	5 - 125 (.34 - 8.6)									
150 ANSI GP-1000A	15 - 150 (1 - 10)	5 - 125 (.34 - 8.6)									
GP-1000SS* GP-1000AS*	15 - 150 (1 - 10)	5 - 125 (.34 - 8.6)		Steam	450 (232)		Stainless Steel AISI 304	Stainless Steel AISI 420	Stainless Steel AISI 403/420	Stainless Steel AISI 420/Stainless Steel AISI 403	

Figura 230. Datos técnicos para la válvula GP1000

Fuente. Armstrong.

GP-1000 Capacities—Steam										
Inlet	Outlet	kg/hr								
		Connection Size								
		mm								
bar		15	20	25	32	40	50	65	80	100
C _v Factor		1	2.3	4	6.5	9	16	25	36	64
1.03	0.55	18	42	73	119	164	292	456	657	1,168
	0.34	21	49	85	138	191	339	529	762	1,355
1.38	0.90	20	46	80	129	179	319	498	717	1,274
	0.34	27	63	109	177	245	435	680	980	1,741
2.07	1.59	23	53	92	149	206	366	572	824	1,464
	.34 - .48	35	80	139	225	312	555	867	1,248	2,219
2.76	2.28	26	59	102	166	230	408	638	918	1,632
	1.72	36	82	143	233	323	574	896	1,290	2,294
3.45	.34 - .83	42	98	170	276	382	679	1,061	1,527	2,715
	2.90	30	68	119	193	267	475	742	1,069	1,900
5.17	2.07	45	102	178	290	401	713	1,114	1,604	2,852
	.34 - 1.17	50	115	201	326	452	803	1,255	1,807	3,212
6.89	4.34	43	98	171	278	384	683	1,067	1,537	2,732
	3.10	64	147	255	415	574	1,020	1,594	2,296	4,081
8.62	.34 - 2.1	70	160	278	452	626	1,113	1,739	2,505	4,453
	5.86	54	124	216	351	486	864	1,350	1,945	3,457
10.00	4.83	74	169	295	479	663	1,179	1,842	2,652	4,715
	.34 - 2.9	89	205	356	578	801	1,423	2,224	3,203	5,694
8.62	7.31	67	154	268	436	603	1,072	1,675	2,412	4,288
	6.89	76	175	304	494	684	1,215	1,899	2,735	4,862
10.00	5.17	102	235	408	663	918	1,632	2,550	3,673	6,529
	.48 - 3.7	108	249	433	704	975	1,734	2,709	3,901	6,935
10.00	8.62	83	191	332	540	748	1,330	2,077	2,991	5,318
	6.89	113	259	450	732	1,013	1,801	2,815	4,053	7,206
10.00	5.52	128	295	513	834	1,155	2,054	3,209	4,621	8,215
	.55 - 4.6	128	294	511	830	1,150	2,044	3,194	4,599	8,176

Figura 231. Capacidades de la válvula modelo GP1000

Fuente: Armstrong.

Apéndice 9. Selección de válvulas de seguridad

U.S. Customary Units lbs./hr.						
Model No.	12-205 2 x 2	12-206 2-1/2 x 2-1/2	12-208 3 x 3	13-101 3/4	13-202 1 x 1	13-211 3/4 x 3/4
Set Pressure						
psig						
5*	1,439	2,043	2,855	333	374	290
10*	1,969	2,786	3,478	372	509	383
15	2,500	3,529	4,100	410	643	475
Model No.	13-213 1-1/4 x 1-1/2	13-214 1-1/2 x 2	13-511 3/4 x 3/4	14-205 2 x 2	14-206 2-1/2 x 2-1/2	14-207 3 x 3
Set Pressure						
psig						
5*	699	1,106	213	1,815	2,695	3,944
10*	950	1,503	310	2,483	3,686	5,394
15	1,200	1,900	407	3,150	4,676	6,843

Figura 232. Capacidades de las válvulas de seguridad baja presión

Fuente: Apollo Valves.

Model Number	Size (In./mm.)		Wt./100 (lbs./kg.)	Dimensions (In./mm.)			
	Inlet NPT	Outlet NPT		A	B	C	D
13-101	3/4 M	Top	64	2.87	0.94	1.25	—
	20		29.0	73	23	31	—
13-211	3/4 M	3/4 F	107	1.81	3.69	1.44	1.41
	20	20	48.5	46	93	36	35
13-202	1 M	1 F	110	2.06	3.87	1.22	1.41
	25	25	49.9	52	98	30	35
13-213	1-1/4 M	1-1/2 F	218	2.53	4.50	1.87	1.50
	32	40	98.9	64	114	47	38
13-214	1-1/2 M	2 F	320	3	5.25	2.19	1.81
	40	50	145.1	76	133	55	46
13-511	3/4 M	3/4 F	62	1.69	3.25	1.19	1.25
	20	20	28.1	42	82	30	31
13-512	3/4 F	3/4 F	59	1.19	2.75	1.19	1.25
	20	20	26.8	30	69	30	31

Figura 233. Modelos disponibles de válvulas de seguridad a baja presión

Fuente: Apollo Valves.

Apéndice 10. Selección de filtros.

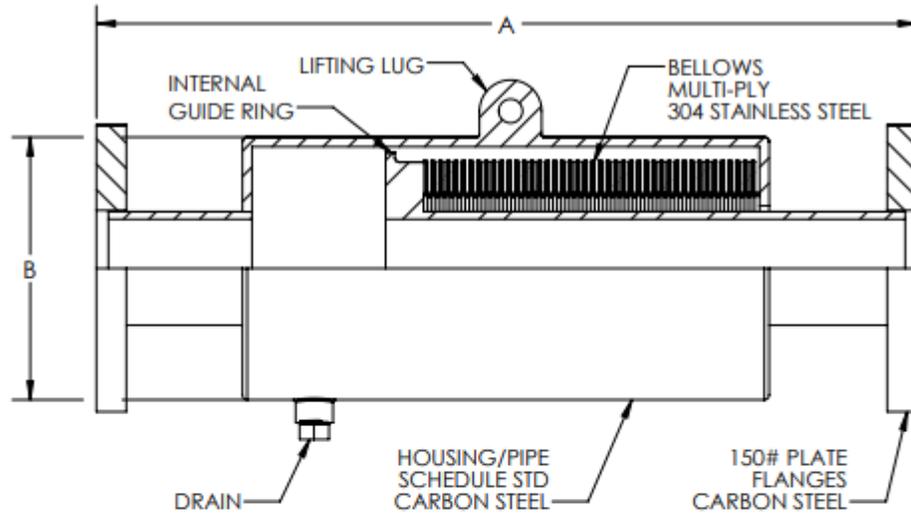
Screen Material Availability and Particle Retention Size							
Screen Specification		Particle Retention, Inches	Back-Up Screen Required	Materials			
				304 SS	Monel	Brass	316 SS
Perforated	1/64"	0.016	3" - 10"	Code 10	Code 18	—	—
	1/32"	0.031	None	Code 11	Code 19	—	Code 31
	.045 (3/64")	0.045	None	Code 1	Code 3	Code 4	Code 7
	1/16"	0.062	None	Code 12	—	—	Code 32
	1/8"	0.125	None	Code 8	Code 21	Code 28	Code 33
	3/16"	0.188	None	Code 13	Code 22	—	Code 34
	1/4"	0.25	None	Code 14	Code 23	—	Code 35
Mesh	20 x 20	0.034	6" - 10**	Code 15	Code 5**	—	—
	24 x 110	0.0056	5" - 10"	—	Code 24	—	Code 2
	30 x 30	0.020	None	Code 41 (1)	—	—	—
	40 x 40	0.015	1-1/2" - 10"	Code 16	Code 6	—	Code 37
	100 x 100	0.0055	All sizes	Code 9	Code 25	—	Code 38
	150 x 150	0.0041	All sizes	Code 40	—	—	—
	200 x 200	0.0029	All sizes	Code 17	—	—	Code 39

Figura 234. Identificación de malla para filtros

Fuente: Armstrong.

Apéndice 11. Expansores térmicos

METRAFLEX METRAGATOR 150 PSI, 6" AXIAL COMPRESSION, FLANGED EXTERNALLY PRESSURIZED EXPANSION JOINT



THE EXPANSION JOINT IS DESIGNED FOR AXIAL MOVEMENT ONLY. PIPE MUST BE PROPERLY GUIDED AND ANCHORED PER THE RECOMMENDATIONS OF THE EXPANSION JOINT MANUFACTURERS ASSOCIATION.

QTY	PART NUMBER	PIPE SIZE		A (in)	B (in)	EFF. AREA (in ²)	SPRING RATE (lb/in)	NOTES
		NPS	MM					
	GAT06SF0200	2	50	31.5	5.5	13.2	115.0	
	GAT06SF0250	2.5	65	32	5.5	13.2	115.0	
	GAT06SF0300	3	80	30	6.5	20.8	235.0	
	GAT06SF0400	4	100	31.25	8.5	36.0	143.0	
	GAT06SF0500	5	130	31.5	10.75	46.4	166.0	
	GAT06SF0600	6	150	32.25	12.75	58.9	189.0	
	GAT06SF0800	8	200	34.75	14	88.8	235.0	
	GAT06SF1000	10	250	34	16	124.6	280.0	
	GAT06SF1200	12	300	33.25	18	166.6	326.0	

DESIGN DATA
 TEMPERATURE: 700°F (370°C)
 PRESSURE: 150 PSI (1034 KPa)
 TEST PRESSURE: 225 PSI (1551 KPa)
 AXIAL MOVEMENT: 6" COMPRESSION (150 mm)

NOTE: ANCHOR LOAD =
 (MAX PSI X EFFECTIVE AREA) +
 (SPRING RATE X MOVEMENT)

Figura 235. Características del expansor Metragator 6 in

Fuente: Metraflex.

Apéndice 12. Selección de trampas de vapor

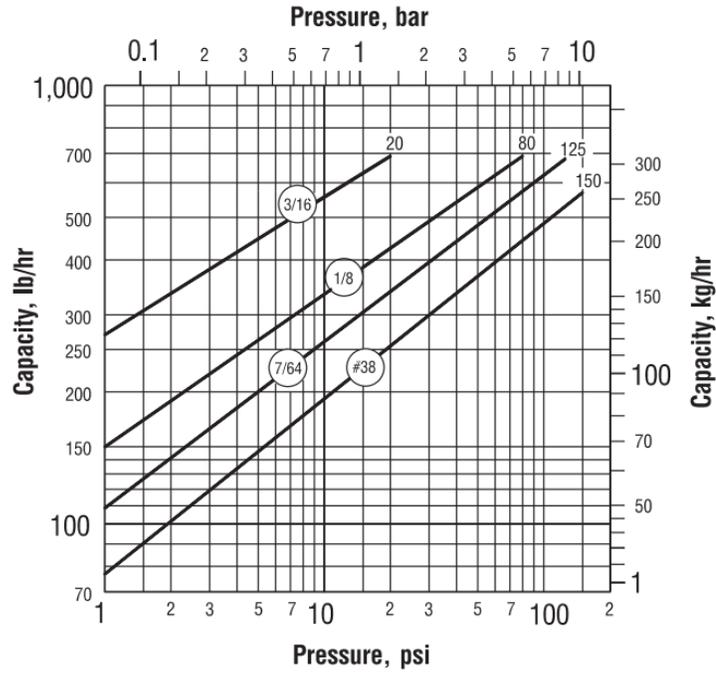


Figura 236. Capacidades de la trampa de Balde Invertido 800

Fuente: Armstrong.

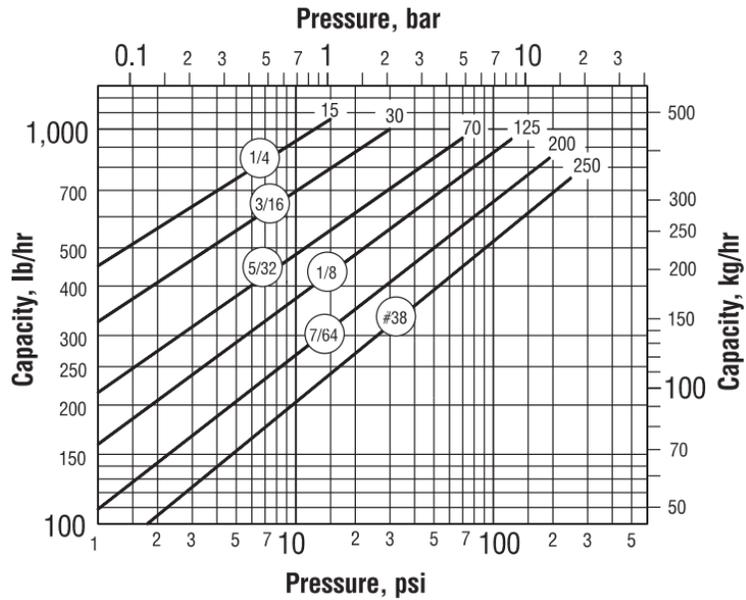


Figura 237. Capacidades de la trampa de Balde Invertido 811

Fuente: Armstrong.

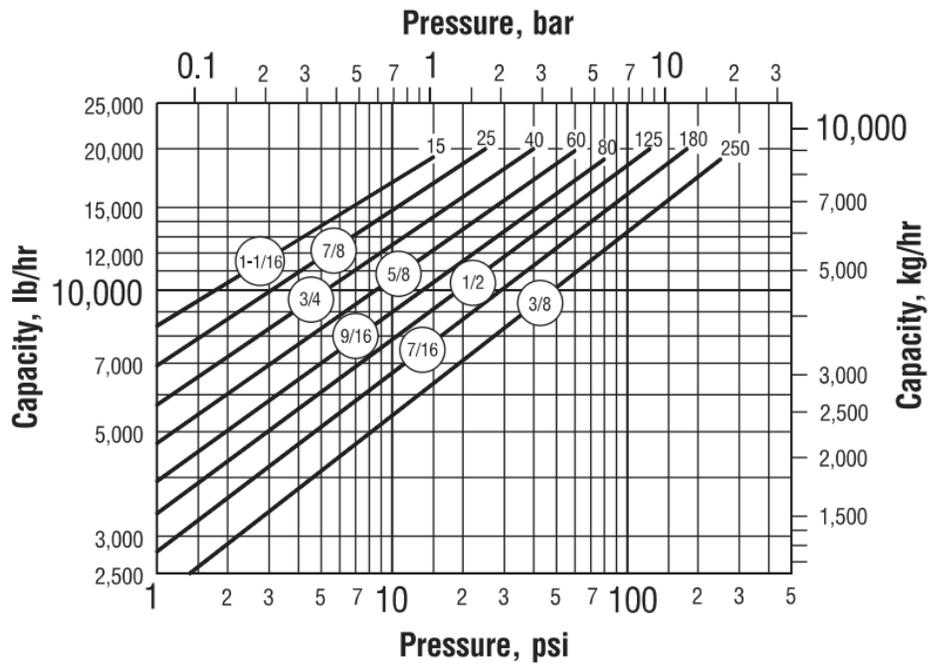


Figura 238. Capacidades de la trampa de Balde Invertido 816

Fuente: Armstrong.

814-816 Series Side Inlet, Side Outlet Traps. Add suffix "CV" to model number for internal check valve, "T" for thermic vent bucket.							
Model No.	814		815		816		
	in	mm	in	mm	in	mm	
Pipe Connections	1, 1-1/4	25, 32	1, 1-1/4, 1-1/2, 2	25, 32, 40, 50	2, 2-1/2	50, 65	
Test lug	P	1	25	1-1/2	40	2	50
"A" (Flange Diameter)	8	203	9	229	11-1/2	292	
"B" (Right) (He)	13-5/8	346	16-1/4	413	21-5/16	541	
"C" (Face-to-Face) (F)	9	229	10-1/4	260	13	330	
"D" (Bottom to Center) (et) (Inl)	7-13/16	198	8-1/16	205	11	279	
Number of Bolts	8						
Weight lb (kg)	44 (20.0)		71 (32.2)		131 (59.4)		

Figura 239. Dimensiones de las trampas de vapor de balde invertido 814-816

Fuente: Armstrong.

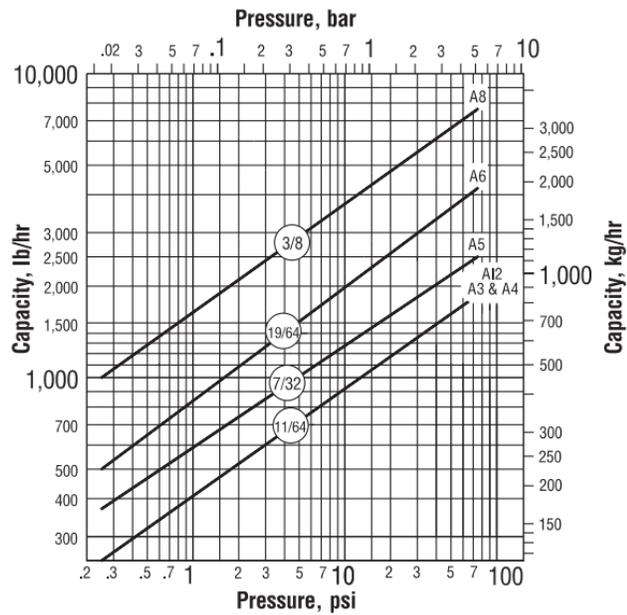


Figura 240. Capacidades de la trampa de Flotador y termostato 75 AI

Fuente: Armstrong.

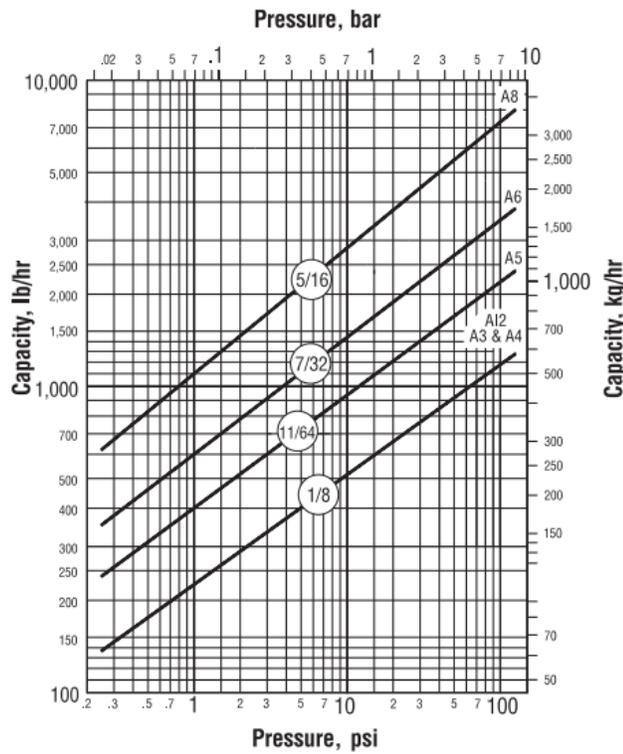


Figura 241. Capacidades de la trampa de Flotador y termostato 125 AI

Fuente: Armstrong.

A & AI Series Traps												
Trap Series	Model A										Model AI	
	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
Pipe Connections	3/4	20	1	25	1-1/4	32	1-1/2	40	2	50	1/2, 3/4, 1	15, 20, 25
"B" (Height)	5-1/8	130	5-1/8	130	5-13/16	148	7-7/16	189	9-3/4	248	5-1/2	140
"C" (Face to Face)	4-7/8	124	4-7/8	124	4-5/8	117	5-3/4	146	7-5/8	194	5	127
"D" (Bottom to \varnothing)	1	25.4	1	25.4	1-7/32	31.0	1-13/32	35.7	1-11/16	42.9	2-9/16	65.1
"H" (Width)	6-7/16	164	6-7/8	164	8-1/8	206	8-7/16	214	11-5/8	295	6-1/2	165
"K" (Connection Offset)	3/8	95.2	3/8	95.2	—	—	—	—	—	—	—	—
"M" (\varnothing to \varnothing)	3	76.2	3	76.2	3	76.2	4-3/16	106	6	152	—	—
"N" (Top to \varnothing)	3-3/8	85.7	3-3/8	85.7	3-3/4	95.2	3-3/4	95.2	5	127	3-11/16	93.7
Weight lb (kg)	9-1/2 (4.3)		8-1/4 (3.7)		11 (5.0)		18-3/4 (8.5)		40 (18.1)		9-3/4 (4.4)	

Figura 242. Dimensiones de las trampas de vapor de Flotador y termostato A-AI

Fuente: Armstrong.

	Model		Option
75	AI	2	VB
30 75 125 175	A = Standard Connection AI = In-line Connection	3 = 3/4" 4 = 1" 5 = 1-1/4" 6 = 1-1/2" 8 = 2" 2 = 1/2" 3 = 3/4" 4 = 1"	VB = Vacuum Breaker

Figura 243. Designación de las trampas de vapor de Flotador y termostato A-AI

Fuente: Armstrong.

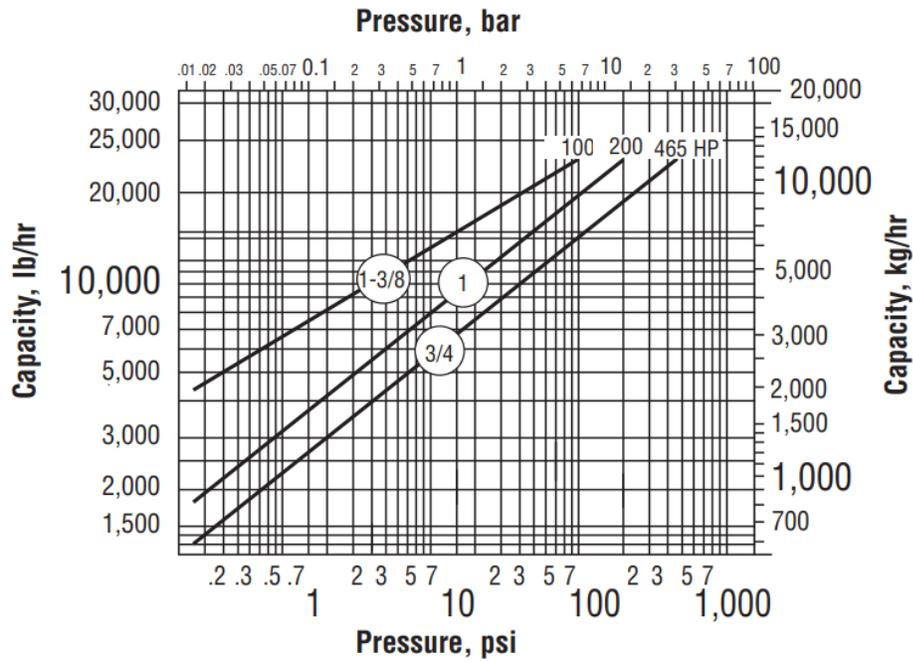


Figura 244. Capacidades de la trampa de Flotador y termostato AIC 1-1/2

Fuente: Armstrong.

Available Connections and Face-To-Face Dimensions				
Pipe Connections	1 1/2" DN40		2" DN50	
	in	mm	in	mm
"A" Height	10-15/16	278	10-15/16	278
"B" (Length Screwed)	12-27/32	326	13-1/8	333
"B" (Length Flanged)	16-1/8	410	16-27/64	417
"L" (Face-to-face Screwed)	10-5/8	270	11-13/16	300
"L" (Face-to-face Flanged PN40 ANSI CL150)	9-1/16	230	9-1/16	230
"L" (Face-to-face Flanged ANSI CL300)	9-3/32	231	9-1/4	235
"E" (Bottom to ϕ of inlet)	4-13/16	122	4-13/16	122
Vacuum Breaker (optional)	1/2"	DN15	1/2"	DN15
Weight screwed lb (kg)	70-1/2 lb (32 kg)		70-1/2 lb (32 kg)	
Weight flanged lb (kg)	75 lb (34 kg)		75 lb (34 kg)	

Figura 245. Dimensiones de las trampas de vapor de Flotador y termostato AIC

Fuente: Armstrong.

Pressure	Model	Flow	Connection	Option
100	AIC	H	6	VB
100 200 465HP	AIC = Screwed Connection AICF = Flanged Connection	H = Horizontal V = Vertical	6 = 1-1/2" 8 = 2" 6 = DN40 8 = DN50	VB = Vacuum Breaker (limited to 150 psig/ 10 barg)

Figura 246. Designación de las trampas de vapor de Flotador y termostato AIC

Fuente: Armstrong.

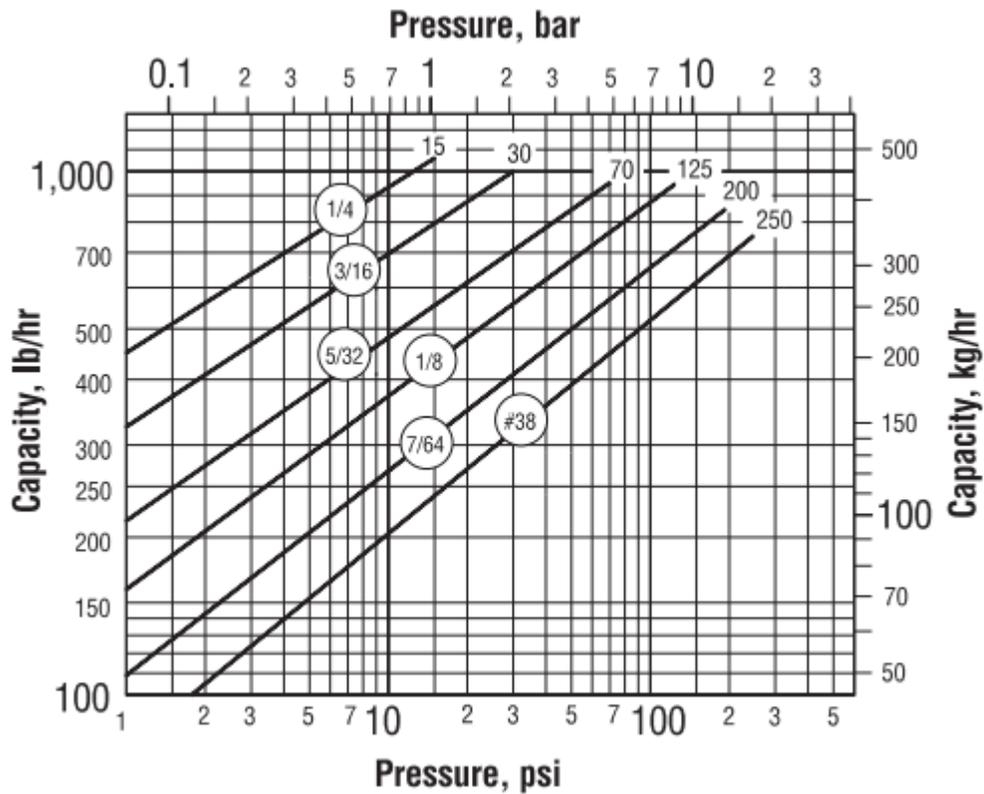


Figura 247. Capacidades del controlador diferencial automático de condensados 81DC

Fuente: Armstrong.

80-DC Series Differential Condensate Controllers												
Model No.	81-DC		82-DC		83-DC		84-DC		85-DC		86-DC	
Inlet & Outlet Connections	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
Secondary Steam Conn.	3/4	20	3/4	20	1	25	1-1/4	32	2	50	2	50
"A" (1/2" Conn.)	3-3/4	95	5-5/8	143	7	178	8	203	9	229	11-1/2	292
"B" (1" Conn.)	8	203	10-1/2	267	13	330	15	381	17-1/2	445	23	584
"C" (1 1/2" Conn.)	5	127	16-5/8	422	7-3/4	197	9	229	10-1/4	260	13	330
"L" (2" Conn.)	13-1/4	337	17-1/2	445	18-3/4	476	21-3/4	552	24	610	32	813
Weight lb (kg)	7-1/2 (3.4)		17-1/2 (7.9)		30-1/2 (13.7)		47 (21.3)		75 (34)		139 (63)	

Figura 248. Dimensiones de controlador diferencial automático de condensados 81DC-86DC

Fuente: Armstrong.

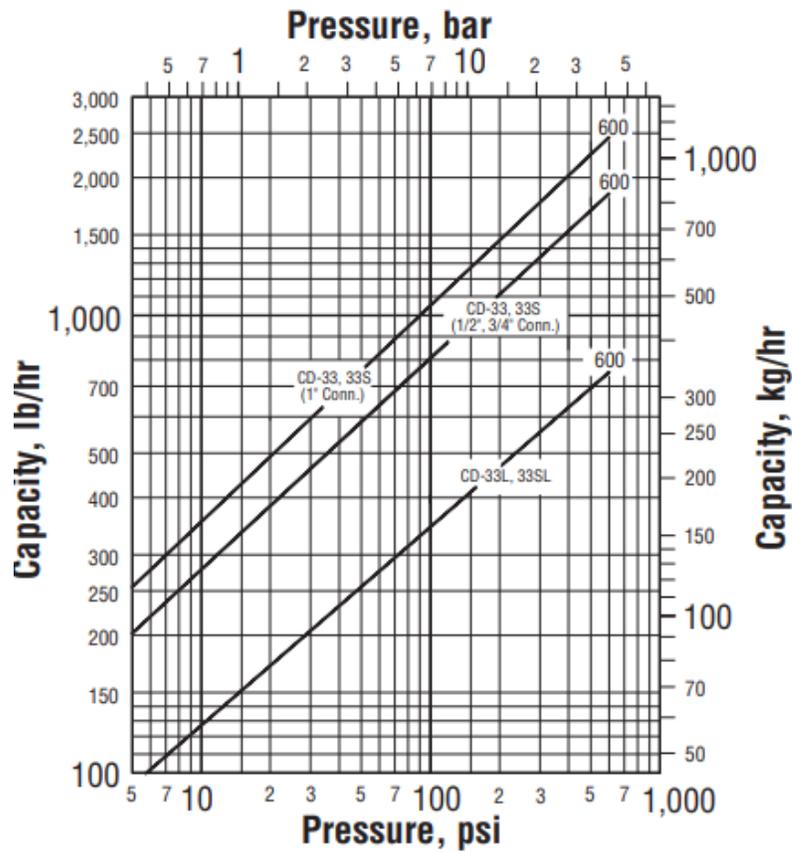


Figura 249. Capacidades de la trampa termodinámica CD-33

Fuente: Armstrong.

CD-33 Series Disc Trap												
Model No.	CD-33				CD-33S (w/strainer)				CD-33L (low capacity)		CD-33SL (w/strainer) (low capacity)	
	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm
Pipe Connection Size	1/2, 3/4	15, 20	1	25	1/2, 3/4	15, 20	1	25	3/8, 1/2, 3/4	10, 15, 20	1/2, 3/4	15, 20
"A"	1-7/16	37	1-3/4	44	1-7/16	37	1-3/4	44	1-7/16	36	1-7/16	36
"B" inlet	2-1/2	63	3-1/8	79	4-1/4	108	4-3/4	121	2-1/2	63	4-1/4	108
"C" outlet	3-5/16	84	3-15/16	100	3-1/2	89	4-1/8	105	3-5/16	84	3-1/2	89
"D" C to Top of Cap	1-3/4	44	2-1/4	57	1-3/4	44	2-1/4	57	1-3/4	44	1-3/4	44
"E" Withdrawal Distance Rain Guard Insulating Cap	-	-	-	-	3	76	3	76	-	-	3	76
"F" Blowdown Connection Size	-	-	-	-	1/4 NPT	6	1/4 NPT	6	-	-	1/4 NPT	6
"G" Withdrawal Distance Blowdown Valve	-	-	-	-	3-1/2	89	3-1/2	89	-	-	3-1/2	89
Weight, lb (kg)	1.4 (0.64)		2.5 (1.1)		2.2 (1.0)		3.25 (1.5)		1.41 (0.64)		2.2 (1.0)	
Maximum Allowable Pressure (Vessel Design)	915 psig @ 752°F (63 bar @ 400°C)											
Minimum Operating Pressure, psi (bar)	3.5 psig (0.24 bar)											
Maximum Operating Pressure, psi (bar)	600 psig @ 486°F (41 bar @ 252°C)											

Figura 250. Dimensiones de controlador diferencial automático de condensados CD-33

Fuente: Armstrong.

Apéndice 13. Selección de tuberías de condensado

U.S. Gal/Min.	Velocity Ft/Sec.	hf Friction	U.S. Gal/Min.	Velocity Ft/Sec.	hf Friction	U.S. Gal/Min.	Velocity Ft/Sec.	hf Friction
3/8" PIPE			1-1/4" PIPE			3" PIPE		
1.4	2.35	9.03	12	2.57	2.85	50	2.17	.762
1.6	2.68	11.6	14	3.00	3.77	60	2.60	1.06
1.8	3.02	14.3	16	3.43	4.83	70	3.04	1.40
2.0	3.36	17.3	18	3.86	6.00	80	3.47	1.81
2.5	4.20	26.0	20	4.29	7.30	90	3.91	2.26
3.0	5.04	36.0	22	4.72	8.72	100	4.34	2.75
3.5	5.88	49.0	24	5.15	10.27	120	5.21	3.88
4.0	6.72	63.2	26	5.58	11.94	140	6.08	5.19
5.0	8.40	96.1	28	6.01	13.7	160	6.94	6.68
6	10.08	136	30	6.44	15.6	180	7.81	8.38
7	11.8	182	35	7.51	21.9	200	8.68	10.2
8	13.4	236	40	8.58	27.1	220	9.55	12.3
9	15.1	297	45	9.65	33.8	240	10.4	14.5
10	16.8	364	50	10.7	41.4	260	11.3	16.9
1/2" PIPE			1-1/2" PIPE			4" PIPE		
2	2.11	5.50	55	11.8	49.7	100	2.52	.718
2.5	2.64	8.24	60	12.9	58.6	120	3.02	1.01
3	3.17	11.5	65	13.9	68.6	140	3.53	1.35
3.5	3.70	15.3	70	15.0	79.2	160	4.03	1.71
4.0	4.22	19.7	75	16.1	90.6	180	4.54	2.14
5	5.28	29.7	1-1/2" PIPE			200	5.04	2.61
6	6.34	42.0	16	2.52	2.26	220	5.54	3.13
7	7.39	56.0	18	2.84	2.79	240	6.05	3.70
8	8.45	72.1	20	3.15	3.38	260	6.55	4.30
9	9.50	90.1	22	3.47	4.05	280	7.06	4.95
10	10.56	110.6	24	3.78	4.76	300	7.56	5.63
12	12.7	156	26	4.10	5.54	350	8.82	7.54
14	14.8	211	28	4.41	6.34	400	10.10	9.75
16	16.9	270	30	4.73	7.20	450	11.4	12.3
3/4" PIPE			35	5.51	9.63	500	12.6	14.4
4.0	2.41	4.85	40	6.30	12.41	550	13.9	18.1
5	3.01	7.27	45	7.04	15.49	600	15.1	21.4
6	3.61	10.2	50	7.88	18.9	5" PIPE		
7	4.21	13.6	55	8.67	22.7	160	2.57	.557
8	4.81	17.3	60	9.46	26.7	180	2.89	.698
9	5.42	21.6	65	10.24	31.2	200	3.21	.847
10	6.02	26.5	70	11.03	36.0	220	3.53	1.01
12	7.22	37.5	75	11.8	41.2	240	3.85	1.19
14	8.42	50.0	80	12.6	46.6	260	4.17	1.38
16	9.63	64.8	85	13.4	52.4	300	4.81	1.82
18	10.8	80.9	90	14.2	58.7	350	5.61	2.43
20	12.0	99.0	95	15.0	65.0	400	6.41	3.13
22	13.2	120	100	15.8	71.6	450	7.22	3.92
24	14.4	141	2" PIPE			500	8.02	4.79
26	15.6	165	25	2.39	1.48	600	9.62	6.77
28	16.8	189	30	2.87	2.10	700	11.2	9.13
1" PIPE			35	3.35	2.79	800	12.8	11.8
6	2.23	3.16	40	3.82	3.57	900	14.4	14.8
8	2.97	5.20	45	4.30	4.40	1000	16.0	18.2
10	3.71	7.90	50	4.78	5.37	6" PIPE		
12	4.45	11.1	60	5.74	7.58	220	2.44	.411
14	5.20	14.7	70	6.69	10.2	240	2.66	.482
16	5.94	19.0	80	7.65	13.1	260	2.89	.560
18	6.68	23.7	90	8.60	16.3	300	3.33	.733
20	7.42	28.9	100	9.56	20.0	350	3.89	.980
22	8.17	34.8	120	11.5	28.5	400	4.44	1.25
24	8.91	41.0	140	13.4	38.2	450	5.00	1.56
26	9.65	47.8	160	15.3	49.5	500	5.55	1.91
28	10.39	55.1	2-1/2" PIPE			600	6.66	2.69
30	11.1	62.9	35	2.35	1.15	700	7.77	3.60
35	13.0	84.4	40	2.68	1.47	800	8.88	4.64
40	14.8	109	45	3.02	1.84			
45	16.7	137	50	3.35	2.23			
50	18.6	168	60	4.02	3.13			
			70	4.69	4.18			

Figura 251. Caída de presión (ft/100ft) y velocidad (ft/m) para tuberías cédula 40 que transportan agua

Fuente: Spirax-Sarco.

Fittings			Pipe Size																							
			1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24			
	Screwed	Steel C.I.	2.3	3.1	3.6	4.4	5.2	6.6	7.4	8.5	9.3	11	13													
	Flanged	Steel C.I.			.92	1.2	1.6	2.1	2.4	3.1	3.6	4.4	5.9	7.3	8.9	12	14	17	18	21	23	25	30			
	Screwed	Steel C.I.	1.5	2.0	2.2	2.3	2.7	3.2	3.4	3.6	3.6	4.0	4.6													
	Flanged	Steel C.I.			1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.7	2.9	3.4	4.2	5.0	5.7	7.0	8.0	9.0	9.4	10	11	12	14			
	Screwed	Steel C.I.	.34	.52	.71	.92	1.3	1.7	2.1	2.7	3.2	4.0	5.5													
	Flanged	Steel C.I.		.45	.59	.81	1.1	1.3	1.7	2.0	2.6	3.5	4.5	5.6	7.7	9.0	11	13	15	16	18	22				
	Screwed	Steel C.I.	.79	1.2	1.7	2.4	3.2	4.6	5.6	7.7	9.3	12	17													
	Flanged	Steel C.I.		.69	.82	1.0	1.3	1.5	1.8	1.9	2.2	2.8	3.3	3.8	4.7	5.2	6.0	6.4	7.2	7.6	8.2	9.6				
	Screwed	Steel C.I.	2.4	3.5	4.2	5.3	6.6	8.7	9.9	12	13	17	21													
	Flanged	Steel C.I.		2.0	2.6	3.3	4.4	5.2	6.6	7.5	9.4	12	15	18	24	30	34	37	43	47	52	62				
	Screwed	Steel C.I.	2.3	3.1	3.6	4.4	5.2	6.6	7.4	8.5	9.3	11	13													
	Reg. Flanged	Steel C.I.		.92	1.2	1.6	2.1	2.4	3.1	3.6	4.4	5.9	7.3	8.9	12	14	17	19	21	23	25	30				
	Long Rad Flanged	Steel C.I.		1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.7	2.9	3.4	4.2	5.0	5.7	7.0	8.0	9.0	9.4	10	11	12	14				
	Screwed	Steel C.I.	21	22	22	24	29	37	42	54	62	79	110													
	Flanged	Steel C.I.		38	40	45	54	59	70	77	94	120	150	190	260	310	390									
	Screwed	Steel C.I.	.32	.45	.56	.67	.84	1.1	1.2	1.5	1.7	1.9	2.5													
	Flanged	Steel C.I.							2.6	2.7	2.8	2.9	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2				
	Screwed	Steel C.I.	12.8	15	15	15	17	18	18	18	18	18	18													
	Flanged	Steel C.I.		15	15	17	18	18	21	22	28	38	50	63	90	120	140	160	190	210	240	300				
	Screwed	Steel C.I.	7.2	7.3	8.0	8.8	11	13	15	19	22	27	38													
	Flanged	Steel C.I.		3.8	5.3	7.2	10	12	17	21	27	38	50	63	90	120	140									
	Screwed	Steel C.I.	.14	.18	.21	.24	.29	.36	.39	.45	.47	.53	.65													
	Bell Mouth Inlet	Steel C.I.	.04	.07	.10	.13	.18	.26	.31	.43	.52	.67	.95	1.3	1.6	2.3	2.9	3.5	4.0	4.7	5.3	6.1	7.6			
	Square Mouth Inlet	Steel C.I.	.44	.68	.96	1.3	1.8	2.6	3.1	4.3	5.2	6.7	9.5	13	16	23	29	35	40	47	53	61	76			
	Re-entrant Pipe	Steel C.I.	.88	1.4	1.9	2.6	3.6	5.1	6.2	8.5	10	13	19	25	32	45	58	70	80	95	110	120	150			
	Y-Strainer			4.6	5.0	6.6	7.7	18	20	27	29	34	42	53	61											
	Sudden Enlargement		$h = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$ FEET OF LIQUID; IF $V_2 = 0$ $h = \frac{V_1^2}{2g}$ FEET OF LIQUID																							

Reprinted from the STANDARDS OF THE HYDRAULIC INSTITUTE, Eleventh Edition.
Copyright 1965 by the Hydraulic Institute, 122 East 42nd Street, New York, New York 10017.

Figura 252. Longitudes en pies equivalentes para accesorios

Fuente: Spirax-Sarco.

Apéndice 14. Otras fichas técnicas

COMPOSICION DE LA GAMA

Aparatos ideales para la cocción en agua de carnes, pescados, verduras, tubérculos, pasta, etc., o para la cocción de alimentos líquidos o densos (caldos, leche, sopas, cremas, etc.), sin problemas de quemado del fondo. Todos los modelos van dotados de los dispositivos de seguridad previstos en la normativa actualmente en vigor. Una gama fiable, funcional, con seguridad operativa, robusta y fácil de limpiar. La gama se compone de 4 modelos a vapor con capacidad de cuba de 100 a 500 lt.



MARMITAS A VAPOR ZANUSSI PROFESSIONAL

CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS Y FUNCIONALES

- ◆ Cuba, cámara intermedia, tapa y envolvente exterior en acero inoxidable AISI 304 con espesor variable según capacidad de 20 a 25/10. Envolvente exterior desmontable para permitir la inspección de los componentes internos.

- ◆ Fondo cuba en AISI 316 de espesor variable de 20 a 35/10 según capacidad, tratado para garantizar una buena resistencia a la corrosión.

- ◆ Estructura soporte en acero inoxidable AISI 304 sobre patas regulables también en acero inoxidable.

- ◆ Tapa dotada de tirador atérmico y perfilada para impedir condensaciones al exterior del recipiente. Bisagra en bronce cromado con sistema de muelles a tensión regulable que aseguran la compensación necesaria.

- ◆ Calentamiento a vapor a presión nominal de 0,45 bar.

- ◆ Grifo mezclador de agua fría y caliente en bronce cromado con carga de lubo orientable.

- ◆ Grifo de descarga de la cuba de 2' para un rápido vaciado de la misma.

- ◆ Filtro de acero inoxidable en la descarga de la cuba.

- ◆ Manómetro de control de la presión en la intercámara.

- ◆ Válvula de depresión para la salida de aire de la intercámara.

- ◆ Válvula de seguridad pretratada a la presión máxima de 0,5 bar para la descarga de vapor de la intercámara cuando se alcanza el valor indicado.

- ◆ Aparatos homologados y marcados CE.

DATOS TÉCNICOS CARACTERÍSTICAS	MODELOS			
	PV101 275002	PV201 275004	PV301 275006	PV501 275008
Dimensiones externas - mm				
anchura	850	1000	1200	1300
profundidad	980	1130	1330	1430
altura	900	900	900	950
Peso neto - kg	135	150	230	310
Consumo vapor (a 0,45 bar) - kg/h				
para alcanzar la ebullición	50	60	90	100
para mantener la ebullición	7	10	13	20
Dimensiones recipiente - mm				
diámetro	600	760	960	1060
altura	420	460	470	630
Presión de vapor - bar	0,3, 0,45	0,3, 0,45	0,3, 0,45	0,3, 0,45

Figura 253. Ficha técnica de Marmita

Fuente: Zanussi, 2013.

GAISER4000/GAISER18000



IMPORTANTE: se recomienda utilizar agua descalcificada

USO RECOMENDADO

Sus altas prestaciones de presión y caudal de vapor hacen de estas máquinas la herramienta indispensable para la limpieza y desinfección de todo tipo de superficies y elementos que requieren una extrema limpieza. Especialmente indicado para los sectores: alimentación, sanitarlos, hostelería, automoción, industrial, urbanismo, etc.

CARACTERÍSTICAS

- Equipos ECOLÓGICOS de mínimo impacto ambiental por su reducido consumo de agua y químicos.
- Desinfecta, esteriliza y elimina bacterias, moho y hongos.
- La presión y elevada temperatura del vapor asegura una limpieza e higiene excelentes en todos los puntos por difíciles que sean utilizando solamente agua.
- Caldera de acero inoxidable AISI 304.
- Depósito de recarga de 5/20L de capacidad según modelo.
- Depósito para detergente de 5L (GAISER18000).
- Gestión electrónica de las funciones de la caldera y de la potencia.
- Sistemas de seguridad mediante termostatos, válvulas de seguridad y baja tensión en la empunadura (6 V).
- Carrocería en acero inoxidable.
- Manómetro y testigos luminosos y acústicos de corriente, falta vapor y de agua.
- Indicador digital de la temperatura y presión.

ACCESORIOS DE SERIE GAISSER4000

- YFLG5500 Manguera vapor completa reforzada 3m
- UTRN0002 Tubos prolongación 500 mm (2 uds.)
- YLAN5000 Lanza de limpieza
- USPN0006 Cepillo multibros suelos

- USPN0013 Articulación cepillo multibros
- USPN0027 Cepillo redondo nylon
- USPN0028 Cepillo redondo latón
- USPN0029 Cepillo circular grande
- UPN0002 Cepillo para vidrios
- USPN0007 Cepillo triangular
- UPN60001 Calcetín para cepillo triangular
- UPN60002 Paño para cepillo triangular

ACCESORIOS DE SERIE GAISSER18000

- YFLN6602 Manguera con lanza completa reforzada 6 m
- VSPN0011 Cepillo redondo poliéster Ø28
- VSPN0010 Cepillo redondo metálico Ø28

ACCESORIOS OPCIONALES

- 1371500000 K71 - Desengrasante neutro ecológico vapor 5 kg
- 1370500000 K70 - Detergente con efecto higienizante especial vapor 5kg
- 1375500000 K75 - Producto anticálcico vapor 5 kg

	GAISER4000	GAISER18000
Potencia máx. W	3.500	18.000
Potencia caldera máx. W	3.500	18.000
Tensión pH-V-Hz	1-230-50	3-400-50
Presión vapor bar	8	8
Producción vapor kg H ₂ O/h	5,5	25
Capacidad caldera L	3,2-5	4,8 + 20
Depósito detergente L	-	5
Temperatura máx. °C	175	180
Dimensiones (LxAnxAl) cm	46x38x46	67x46x78
Peso kg	19	60



Figura 254. Generadores de Vapor Industriales

Fuente: Kruger, 2018.

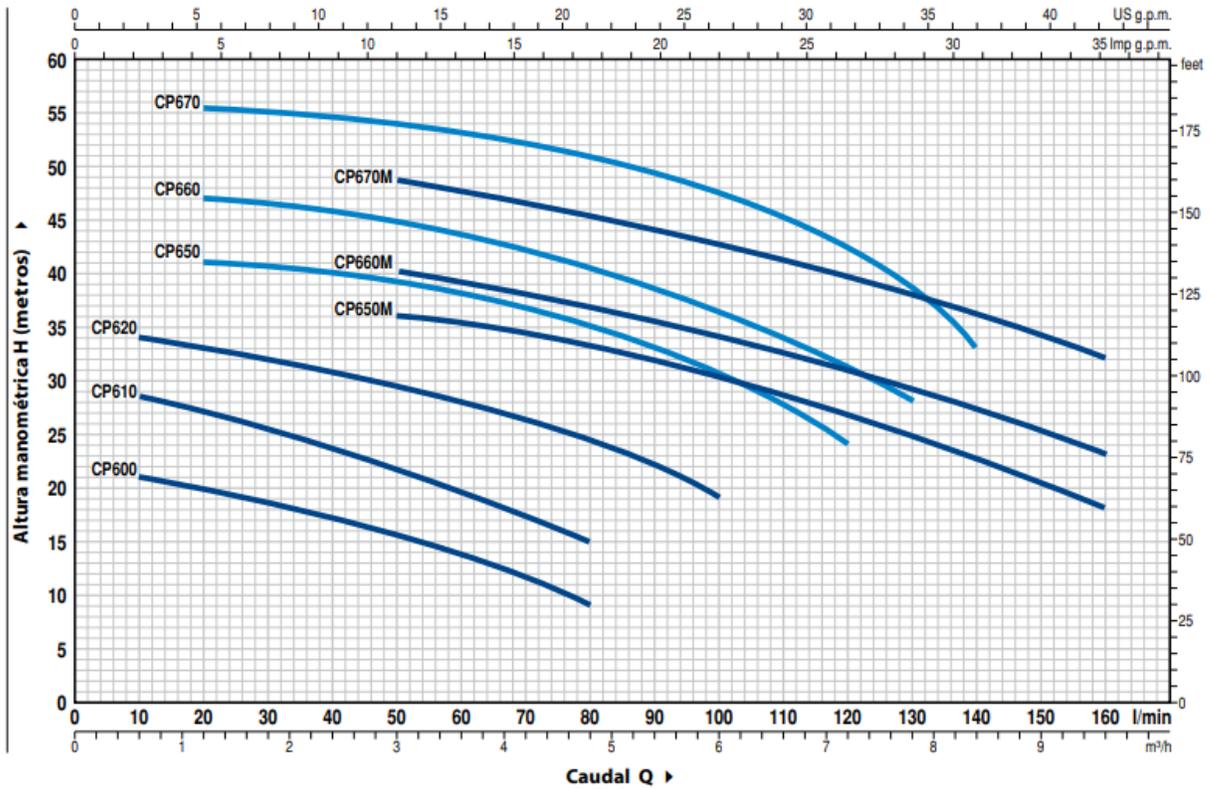


Figura 255. Curva de la bomba de agua

Fuente: La casa del tanque.



Figura 256. Intercambiador aprovechador de purgas

Fuente: Sisten SA.

9.2. COTIZACIONES



TELEFONO: (506) 2290-7655
FAX: (506) 2296-4035

email: info@tubocobre.net

APARTADO POSTAL 3814-1000
SAN JOSE - COSTA RICA.

Cedula Jurídica: 3-101-044901-15

Para FABRICA NACIONAL DE LICORES

SR. FABRICIO HIDALGO RODRIGUEZ
CRECIA

Fecha 28/04/2020

Vigencia 5 Días Naturales

Oferta de venta: 386620

#	Codigo	Descripción	Cantidad	Precio	Total
1	HN40-5.8-250	TUBO HN C40 A53,API-5L Gr B 10 X 5.8 MT SIN ROSCA	1	COL 231,045.00	COL 231,045.00
2	HN40-5.8-200	TUBO HN C40 A53,API-5L Gr B 8 X 5.8 MT SIN ROSCA	5	COL 160,835.00	COL 804,175.00
3	HN40-5.8-150R	TUBO HN C40 A53,API-5L Gr B 6 X 5.8 MT CON ROSCA	1	COL 149,500.00	COL 149,500.00
4	HN40-5.8-100R	TUBO HN C40 A53,API-5L Gr B 4 X 5.8 MT C/R	1	COL 98,000.00	COL 98,000.00
5	HN40-5.8-64	TUBO HN C40 A53,API-5L Gr B 2 1/2 X 5.8 MT CON ROSCA	1	COL 38,365.00	COL 38,365.00
6	HN40-5.8-51	TUBO HN C40 A53,API-5L Gr B 2 X 5.8 MT CON ROSCA	23	COL 24,895.00	COL 572,585.00
7	HN40-5.8-38	TUBO HN C40 A53,API-5L Gr B 1 1/2 X 5.8 MT CON ROSCA	16	COL 17,205.00	COL 275,280.00
8	HN40-5.8-32	TUBO HN C40 A53,API-5L Gr B 1 1/4 X 5.8 MT CON ROSCA	1	COL 14,355.00	COL 14,355.00
9	HN40-5.8-25	TUBO HN C40 A53,API-5L Gr B 1 X 5.8 MT SIN ROSCA	1	COL 10,965.00	COL 10,965.00
10	HN40-5.8-13	TUBO HN C40 A53,API-5L Gr B 1/2 X 5.8 MT SIN ROSCA	1	COL 5,980.00	COL 5,980.00
11	HN40-5.8-19	TUBO HN C40 A53,API-5L Gr B 3/4 X 5.8 MT SIN ROSCA	1	COL 6,375.00	COL 6,375.00
12	HNS-500-200	CODO SOLDABLE H.N. CLASE 150 DE 8 X 90	5	COL 19,905.00	COL 99,525.00
13	HGR-500-150	CODO H.G. CLASE 150 DE 6 X 90	4	COL 28,960.00	COL 115,840.00

Figura 257. Cotización tuberías y accesorios Tubocobre (1)

Fuente: Tubocobre.

13	HGR-500-150	CODO H.G. CLASE 150 DE 6 X 90	4	COL 28,960.00	COL 115,840.00
14	HGR-500-100	CODO H.G. CLASE 150 DE 4 X 90	15	COL 7,585.00	COL 113,775.00
15	HGR-500-64	CODO H.G. CLASE 150 DE 2-1/2 X 90	2	COL 2,700.00	COL 5,400.00
16	HGR-500-51	CODO H.G. CLASE 150 DE 2 X 90	13	COL 1,465.00	COL 19,045.00
17	HGR-500-38	CODO H.G. CLASE 150 DE 1-1/2 X 90	15	COL 1,015.00	COL 15,225.00
18	HGR-500-32	CODO H.G. CLASE 150 DE 1-1/4 X 90	15	COL 755.00	COL 11,325.00
19	HGR-500-25	CODO H.G. CLASE 150 DE 1 X 90	13	COL 525.00	COL 6,825.00
20	HGR-500-19	CODO H.G. CLASE 150 DE 3/4 X 90	35	COL 315.00	COL 11,025.00
21	HGR-500-13	CODO H.G. CLASE 150 DE 1/2 X 90	369	COL 215.00	COL 79,335.00
22	HGR-600-150	TEE H.G. CLASE 150 DE 6"	4	COL 30,725.00	COL 122,900.00
23	HGR-600-100	TEE H.G. CLASE 150 DE 4"	5	COL 10,345.00	COL 51,725.00
24	HGR-600-51	TEE H.G. CLASE 150 DE 2"	6	COL 1,970.00	COL 11,820.00
25	HGR-600-38	TEE H.G. CLASE 150 DE 1-1/2"	7	COL 1,440.00	COL 10,080.00
26	HGR-600-32	TEE H.G. CLASE 150 DE 1-1/4"	12	COL 1,185.00	COL 14,220.00
27	HGR-600-25	TEE H.G. CLASE 150 DE 1"	7	COL 725.00	COL 5,075.00

Página 1 Continúa en la página Vendedor Eduardo Troyo

Figura 258. Cotización tuberías y accesorios Tubocobre (2)

Fuente: Tubocobre.



TUBOCOBRE S.A.

TELEFONO: (506) 2290-7655
FAX: (506) 2296-4035

email: info@tubocobre.net

APARTADO POSTAL 3814-1000
SAN JOSE - COSTA RICA.

Cedula Jurídica: 3-101-044901-15

Para FABRICA NACIONAL DE LICORES

SR. FABRICIO HIDALGO RODRIGUEZ
CIEGA

Fecha 28/04/2020

Vigencia 5 Días Naturales

Continuar

Oferta de venta: 386620

#	Codigo	Descripción	Cantidad	Precio	Total
28	HGR-600-19	TEE H.G. CLASE 150 DE 3/4"	7	COL 430.00	COL 3,010.00
29	HGR-600-13	TEE H.G. CLASE 150 DE 1/2"	18	COL 305.00	COL 5,490.00
30	BRIDA-200	BRIDA SOLD. S/CUELLO 8 X 150 PSI (A 105)	1	COL 23,570.00	COL 23,570.00
31	BRIDA-150	BRIDA SOLD. S/CUELLO 6 X 150 PSI (A 105)	1	COL 9,460.00	COL 9,460.00
32	BRIDA-R100	BRIDA ROSCABLE A. CARBONO 4 X 150 PSI	5	COL 9,840.00	COL 49,200.00
33	BRIDA-CIEGA-100	BRIDA CIEGA ACERO CARBONO 4 X 150 PSI	6	COL 11,000.00	COL 66,000.00
34	HGR-400-51	UNION SENCILLA H.G. CLASE 150 2"	8	COL 1,220.00	COL 9,760.00
35	HGR-400-38	UNION SENCILLA H.G. CLASE 150 1-1/2"	9	COL 790.00	COL 7,110.00
36	HGR-400-32	UNION SENCILLA H.G. CLASE 150 1-1/4"	14	COL 630.00	COL 8,820.00
37	HGR-400-25	UNION SENCILLA H.G. CLASE 150 1"	1	COL 420.00	COL 420.00
38	HGR-400-19	UNION SENCILLA ROSCABLE H.G. CLASE 150 3/4"	29	COL 285.00	COL 8,265.00
39	HGR-400-13	UNION SENCILLA ROSCABLE H.G. CLASE 150 1/2"	71	COL 175.00	COL 12,425.00
40	HNS-R-150X100	RED CAMP SOLDABLE CLASE 150 6 X 4	2	COL 5,980.00	COL 11,960.00
41	HNS-R-150X51	RED CAMP SOLDABLE CLASE 150 6 X 2	2	COL 7,550.00	COL 15,100.00
42	HNR-R-100X51	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 4 X 2	2	COL 4,870.00	COL 9,740.00

Figura 259. Cotización tuberías y accesorios Tubocobre (3)

Fuente: Tubocobre.

43	HNR-R-64X25	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 2-1/2 X 1	1	COL 5,630.00	COL 5,630.00
44	HNR-B-25X13	RED BUSH ROSC. HN CLASE 150 1 X 1/2	5	COL 305.00	COL 1,525.00
45	HNR-R-51X38	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 2 X 1-1/2	4	COL 1,230.00	COL 4,920.00
46	HNR-R-51X25	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 2 X 1	4	COL 1,230.00	COL 4,920.00
47	HNR-R-51X13	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 2 X 1/2	5	COL 1,325.00	COL 6,625.00
48	HNR-R-38X32	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 1-1/2 X 1-1/4	4	COL 735.00	COL 2,940.00
49	HNR-R-38X25	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 1-1/2 X 1	3	COL 735.00	COL 2,205.00
50	HNR-R-38X19	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 1 1/2 X 3/4	4	COL 735.00	COL 2,940.00
51	HNR-R-38X13	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 1 1/2 X 1/2	4	COL 735.00	COL 2,940.00
52	HNR-R-32X25	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 1-1/4 X 1	1	COL 600.00	COL 600.00
53	HNR-R-32X19	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 1-1/4 X 3/4	4	COL 695.00	COL 2,780.00
54	HNR-R-32X13	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 1-1/4 X 1/2	10	COL 670.00	COL 6,700.00
55	HNR-R-25X19	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 1 X 3/4	7	COL 430.00	COL 3,010.00

Página 2 Continuación en la página Vendedor Eduardo Troyo

Figura 260. Cotización tuberías y accesorios Tubocobre (4)

Fuente: Tubocobre.



TUBOCOBRE S.A.

TELEFONO: (506) 2290-7655
FAX: (506) 2296-4035

email: info@tubocobre.net

APARTADO POSTAL 3814-1000
SAN JOSE - COSTA RICA.

Cedula Jurídica: 3-101-044901-15

Para **FABRICA NACIONAL DE LICORES**

SR. FABRICIO HIDALGO RODRIGUEZ
GRECIA

Fecha 28/04/2020

Vigencia 5 Días Naturales

Continuar **Oferta de venta: 386620**

#	Codigo	Descripción	Cantidad	Precio	Total
56	HNR-R-25X13	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 1 X 1/2	9	COL 430.00	COL 3,870.00
57	HNR-R-19X13	RED CAMP ROSC. HN CLASE 150 3/4 X 1/2	31	COL 295.00	COL 9,145.00
58	HGR-504-38	CODO H.G. CLASE 150 DE 1-1/2 X 45	5	COL 1,125.00	COL 5,625.00
59	HGR-504-25	CODO H.G. CLASE 150 DE 1 X 45	2	COL 580.00	COL 1,160.00
60	HGR-504-19	CODO H.G. CLASE 150 DE 3/4 X 45	13	COL 360.00	COL 4,680.00
61	HGR-504-13	CODO H.G. CLASE 150 DE 1/2 X 45	13	COL 225.00	COL 2,925.00

Figura 261. Cotización tuberías y accesorios Tubocobre (5)

Fuente: Tubocobre.

Tamaño interno (in)	Espesor (in)	Total	precio Uni	F Cober Alum	codo 90 alum	tee aluminio
10	2		\$ 49,5	20	38,6	14
8	2		\$38	18	31,6	11,5
6	2		\$29,5	14,9	25	9,5
4	1	92	\$11	9,5	13,8	6
3	1		\$ 8,2	7,95	13,5	6
2,5	1	6	\$ 7,5	7,3	12,8	5,8
2	1	134	\$ 6,2	6,6	12,5	5,5
1,5	1	93	\$ 5,7	6	10,8	4,8
1,25	1	158	\$ 5,	5,8	10,4	4,7
1	1	64	\$ 4,7	5,2	10	4,5
0,75	1	291	\$ 4,2	4,8	9,4	4,4
0,5	1	566	\$ 3,7	4,2	9	4,3

Figura 262. Cotización Aislamiento térmico de tuberías y accesorios de Aislatérmico

Fuente: Aislatérmico.

Line Item	Part Number	Description	Specification	QTY	Unit Cost
1	IB-ES-00322	8" Valve,Gate,150#	(M) LT450TT	1	\$762,48
2	IB-ES-00234	4" Valve,Gate,150#	(M) LT450TT	1	\$480,90
3	IB-ES-00174	2.5" Valve,Gate,150#	(M) LT450TT	1	\$385,81
4	IB-ES-00141	2" Valve,Gate 150#	(M) LT450TT	1	\$371,19
5	IB-ES-00115	1.5" Valve,Gate 150#	(M) LT450TT	1	\$299,88
6	IB-ES-00088	1.25" Valve,Gate	(M) LT450TT	1	\$299,88
7	IB-ES-00034	0.75" Valve,Gate	(M) LT450TT	1	\$179,20
8	IB-ES-00293	6" Valve,Globe,150#	(M) LT450TT	1	\$661,91
9	IB-ES-00233	4" Valve,Globe,150#	(M) LT450TT	1	\$480,90
10	IB-ES-00173	2.5" Valve,Globe,150#	(M) LT450TT	1	\$385,81
11	IB-ES-00140	2" Valve, Globe, 150#	(M) LT450TT	1	\$371,19
12	IB-ES-00109	1.5" Valve,Globe	(M) LT450TT	1	\$299,88
13	IB-ES-00082	1.25" Valve,Globe,150#	(M) LT450TT	1	\$278,85
14	IB-ES-00055	1" Valve,Globe	(M) LT450TT	1	\$257,81
15	IB-ES-00052	1" Valve,Ball	(M) LT450TT	1	\$153,60
16	IB-ES-00027	0.75" Valve,Ball	(M) LT450TT	1	\$144,45
17	IB-ES-00006	.5" Valve, Ball	(M) LT450TT	1	\$117,03

Figura 263. Cotización de chaquetas aislantes de Procoen.

Fuente: Procoen.



MONARO CLUB S.A
CÉDULA JURÍDICA: 3-101-284353
TELÉFONO: 2239-4166
FAX: 2239-4916
Zona Franca Metro, Edificio 7A
monaro@monarocr.com
www.monarocr.com

PROFORMA 6376

DÍA	MES	AÑO	SOLICITUD	TIPO PAGO	Contado
29	Abril	2020		MONEDA	Colones
CLIENTE	Cliente Contado				
CÉDULA		TEL.	22394166	TIPO DE CAMBIO	1
ATENCIÓN	Fabricio Hidalgo Rodriguez				
CORREO	factura@monarocr.com				
CÓDIGO	PROYECTOS				

DETALLE FACTURA					
I	COD	CANT	DESCRIPCIÓN	P/ UNITARIO	TOTAL
1	30	4	Valvula de Compuerta A/F CL150 SHARPE SV35114080 8"	600,000.00	2,400,000.00
2	10018	4	Valvula de Compuerta A/F CL150 SHARPE SV35114040 4"	287,225.00	1,148,900.00
3	10016	1	Valvula de Compuerta A/F CL150 SHARPE SV35114024 2 1/2"	181,520.00	181,520.00
4	10005	3	Valvula de Compuerta A/F CL800 SHARPE 34834TE020 2"	78,950.00	236,850.00
5	10004	5	Valvula de Compuerta A/F CL800 SHARPE 34834TE014 1 1/2"	58,560.00	292,800.00
6	10029	5	Valvula de Compuerta A/F CL800 SHARPE 34834TE012 1 1/4"	48,960.00	244,800.00
7	10002	3	Valvula de Compuerta A/F CL800 SHARPE 34834TE006 3/4"	22,080.00	66,240.00
8	30	2	Valvula de Globo H/F CL150 SHARPE SV45114060 6"	408,000.00	816,000.00
9	10023	2	Valvula de Globo H/F CL150 SHARPE SV45114040 4"	354,000.00	708,000.00
10	10021	1	Valvula de Globo H/F CL150 SHARPE SV45114024 2 1/2"	213,000.00	213,000.00
11	10009	2	Valvula de Globo A/F CL800 SHARPE 44834TE020 2"	103,840.00	207,680.00
12	10008	1	Valvula de Globo A/F CL800 SHARPE 44834TE014 1 1/2"	65,680.00	65,680.00
13	30	2	Valvula de Globo A/F CL800 SHARPE 44834TE012 1 1/4"	69,000.00	138,000.00
14	10007	3	Valvula de Globo A/F CL800 SHARPE 44834TE010 1"	38,640.00	115,920.00
15	3284	1	Valvula Bola Acero al Carbon 54574N010 Sharpe 1"	27,030.00	27,030.00
16	3283	1	Valvula Bola Acero al Carbon 54574N006 Sharpe 3/4"	23,805.00	23,805.00
17	3282	1	Valvula Bola Acero al Carbon 54574N004 Sharpe 1/2"	18,230.00	18,230.00
Ultima Linea					

Figura 264. Cotización Válvulas de Monaro

Fuente: Monaro.



MONARO CLUB S.A
CÉDULA JURÍDICA: 3-101-284353
TELÉFONO: 2239-4166
FAX: 2239-4916
Zona Franca Metro, Edificio 7A
monaro@monarocr.com
www.monarocr.com

PROFORMA 6371

DÍA	MES	AÑO	SOLICITUD		TIPO PAGO	Contado	
29	Abril	2020			MONEDA	Colones	
CLIENTE	Cliente Contado					TIPO DE CAMBIO	1
CÉDULA		TEL.	22394166		CÓDIGO	PROYECTOS	
ATENCIÓN	Fabricio Hidalgo Rodríguez						
CORREO	factura@monarocr.com						
DETALLE FACTURA							
I	COD	CANT	DESCRIPCIÓN	P/ UNITARIO	TOTAL		
1	6014	1	Reductora de Presión GP2000 Armstrong 2" (50mm) 150RF	1,557,000.00	1,557,000.00		
2	20	1	Reductora de Presión GP2000 Armstrong 1-1/ 2" 150RF	1,186,200.00	1,186,200.00		
3	20	1	Reductora de presión GP1000 Armstrong 3/4" NPT	702,000.00	702,000.00		
4	6010	1	Reductora de Presión GP2000 Armstrong 1/2" (15mm) D25470	540,000.00	540,000.00		

Figura 265. Cotización Válvulas reductoras de Monaro

Fuente: Monaro.

Figura 266. Cotización de filtros de Monaro

Fuente: Monaro.



MONARO CLUB S.A
 CÉDULA JURÍDICA: 3-101-284353
 TELÉFONO: 2239-4166
 FAX: 2239-4916
 Zona Franca Metro, Edificio 7A
 monaro@monarocr.com
 www.monarocr.com

PROFORMA 6375

DÍA	MES	AÑO	SOLICITUD		TIPO PAGO	Contado	
29	Abril	2020			MONEDA	Colones	
CLIENTE	Cliente Contado					TIPO DE CAMBIO	1
CÉDULA		TEL.	22394166		CÓDIGO	PROYECTOS	
ATENCIÓN	Fabricio Hidalgo Rodríguez						
CORREO	factura@monarocr.com						

DETALLE FACTURA						
I	COD	CANT	DESCRIPCIÓN	P/ UNITARIO	TOTAL	
1	6290	13	Eliminador de Aire para Vapor tv2 Armstrong 1/2npt (B4930)	189,000.00	2,457,000.00	
2	20	1	Separador de Condensado para vapor DS-2 Armstrong 4" #150	1,825,800.00	1,825,800.00	
3	20	1	Separador de Condensado para Vapor DS-1 Armstrong 1-1/4" NPT	275,400.00	275,400.00	
4	6308	1	Separador de Condensado para Vapor DS-1 Armstrong(50mm) 2"	332,670.00	332,670.00	
5	6060	2	Trampa 812 Balde Invertido Armstrong 3/4npt 5/32 125# con venteador C5318-4	285,000.00	570,000.00	
6	6045	25	Trampa 800 Balde Invertido Armstrong 1/2npt #38 150# C5297-4	106,800.00	2,670,000.00	
7	6045	4	Trampa 800 Balde Invertido Armstrong 1/2npt #38 150 con venteador	131,400.00	525,600.00	
8	20	1	Trampa 816 Balde Invertido Armstrong 2"npt #3/4 D501715	1,132,800.00	1,132,800.00	
9	20	1	Trampa F&T Armstrong 100AIC6 NPT 1-1/2" D528899	1,003,800.00	1,003,800.00	
10	6045	3	Trampa 800 Balde Invertido Armstrong 3/4npt #38 150#CON CHECK	179,400.00	538,200.00	
11	6053	1	Trampa 811 Balde Invertido Armstrong 3/4npt 1/8 125# C5297-24 CON CHECK	214,200.00	214,200.00	
12	20	4	Trampa 800 Balde Invertido Armstrong 1/2"npt #3/16 C5297-1	106,800.00	427,200.00	
13	6041	2	Trampa 800 Balde Invertido Armstrong 1/2npt 7/64 C5297-3	106,800.00	213,600.00	

Ultima Linea

Figura 267. Cotización Trampas, separadores y venteadores de Monaro

Fuente: Monaro.



MONARO CLUB S.A
 CÉDULA JURÍDICA: 3-101-284353
 TELÉFONO: 2239-4166
 FAX: 2239-4916
 Zona Franca Metro, Edificio 7A
 monaro@monarocr.com
 www.monarocr.com

PROFORMA 6495

DÍA	MES	AÑO	SOLICITUD		TIPO PAGO	Contado	
13	Mayo	2020			MONEDA	Dolares	
CLIENTE	Cliente Contado					TIPO DE CAMBIO	571.6
CÉDULA		TEL.	22394166		CÓDIGO	PROYECTOS	
ATENCIÓN	Fabricio Hidalgo Rodríguez						
CORREO	factura@monarocr.com						

DETALLE FACTURA						
I	COD	CANT	DESCRIPCIÓN	P/ UNITARIO	TOTAL	
1	7031	4	Trampa F&T Armstrong 75AI2 1/2" 11/64	396.00	1,584.00	
Ultima Linea						

Figura 268. Cotización Trampas FyT de Monaro

Fuente: Monaro.



MONARO CLUB S.A
 CÉDULA JURÍDICA: 3-101-284353
 TELÉFONO: 2239-4166
 FAX: 2239-4916
 Zona Franca Metro, Edificio 7A
 monaro@monarocr.com
 www.monarocr.com

PROFORMA 6402

DÍA	MES	AÑO	SOLICITUD		TIPO PAGO	Contado	
30	Abril	2020			MONEDA	Colones	
CLIENTE	Cliente Contado					TIPO DE CAMBIO	1
CÉDULA		TEL.	22394166		CÓDIGO	PROYECTOS	
ATENCIÓN	Fabricio Hidalgo Rodríguez						
CORREO	factura@monarocr.com						

DETALLE FACTURA						
I	COD	CANT	DESCRIPCIÓN	P/ UNITARIO	TOTAL	
1	99	2	VALVULA DE SEGURIDAD PARA VAPOR MARCA APOLLO MODELO 19K-JHL-050	449,670.00	899,340.00	
2	99	1	VALVULA DE SEGURIDAD PARA VAPOR MARCA APOLLO 19K-DDL-050	143,559.00	143,559.00	
3	99	1	VALVULA DE SEGURIDAD PARA VAPOR MARCA APOLLO MODELO 19K-EEL-050	185,328.00	185,328.00	
4	99	1	VALVULA DE SEGURIDAD PARA VAPOR MARCA APOLLO MODELO 19K-EEL-075	185,328.00	185,328.00	
5	99	1	VALVULA DE SEGURIDAD PARA VAPOR MARCA APOLLO MODELO 13-211-15 (ANTES 13-211B-15)	54,366.00	54,366.00	
Ultima Linea						

Figura 269. Cotización válvulas de seguridad de Monaro

Fuente: Monaro.



DISTRIBUTOR
 FIRE PROTECTION - WATERWORKS
 INDUSTRIAL VALVES.
 5609 E. ADAMO DR. STE A.
 TAMPA, FL 33619

Quote

Date	Quote #
5/11/2018	Q051118-GG2

Company Name
MONARO CLUB S.A BARREAL DE HEREDIA, HEREDIA ZONA FRANCA METROPOLITANA EDIFICIO 5A-B C COSTA RICA (506)2239-4166

Sales Rep	Terms	Incoterm	Requested By		
GG	CASH IN ADV.	FCA	ING. EFREN		
Item	Qty	Model	Description	Rate	Total
1	5	MISC	THE EXPANSION JOINT IS DESIGNED FOR AXIAL MOVEMENT ONLY. PIPE MUST BE PROPERLY GUIDED AND ANCHORED PER THE RECOMMENDATIONS OF THE EXPANSION JOINT MANUFACTURERS ASSOCIATION. METRAGATOR - 150# FLANGED EXTERNALLY PRESSURIZED EXPANSION JOINT FOR AXIAL MOVEMENT ONLY MAXIMUM WORKING PRESSURE 150 PSI @ 700° F STAINLESS STEEL BELLOW, CARBON STEEL HOUSING AND END FITTINGS - 6" WITH 8" AXIAL MOVEMENT	1,391.778	6,958.89
2	3	MISC	METRAGATOR - 150# FLANGED EXTERNALLY PRESSURIZED EXPANSION JOINT FOR AXIAL MOVEMENT ONLY MAXIMUM WORKING PRESSURE 150 PSI @ 700° F STAINLESS STEEL BELLOW, CARBON STEEL HOUSING AND END FITTINGS - 4" WITH 8" AXIAL MOVEMENT	1,083.22667	3,249.68
3	6	MISC	METRAGATOR - 150# FLANGED EXTERNALLY PRESSURIZED EXPANSION JOINT FOR AXIAL MOVEMENT ONLY MAXIMUM WORKING PRESSURE 150 PSI @ 700° F STAINLESS STEEL BELLOW, CARBON STEEL HOUSING AND END FITTINGS - 3" WITH 8" AXIAL MOVEMENT	909.44333	5,456.66

Figura 270. Cotización expansores térmicos Maximo Supply- Monaro (1)

Fuente: Maximo Supply- Monaro.



DISTRIBUTOR
 FIRE PROTECTION - WATERWORKS
 INDUSTRIAL VALVES.
 5609 E. ADAMO DR. STE A.
 TAMPA, FL 33619

Quote

Date	Quote #
5/11/2018	Q051118-GG2

Company Name
MONARO CLUB S.A BARREAL DE HEREDIA, HEREDIA ZONA FRANCA METROPOLITANA EDIFICIO 5A-B C COSTA RICA (506)2239-4166

Sales Rep	Terms	Incoterm	Requested By		
GG	CASH IN ADV.	FCA	ING. EFREN		
Item	Qty	Model	Description	Rate	Total
4	2	MISC	METRAGATOR - 150# FLANGED EXTERNALLY PRESSURIZED EXPANSION JOINT FOR AXIAL MOVEMENT ONLY MAXIMUM WORKING PRESSURE 150 PSI @ 700° F STAINLESS STEEL BELLOW, CARBON STEEL HOUSING AND END FITTINGS - 2 1/2" WITH 6" AXIAL MOVEMENT	788.86	1,577.72
5	1	MISC	METRAGATOR - 150# FLANGED EXTERNALLY PRESSURIZED EXPANSION JOINT FOR AXIAL MOVEMENT ONLY MAXIMUM WORKING PRESSURE 150 PSI @ 700° F STAINLESS STEEL BELLOW, CARBON STEEL HOUSING AND END FITTINGS - 2" WITH 3" AXIAL MOVEMENT	703.24	703.24
6	4	MISC	MODEL MLF8- STAINLESS STEEL HOSE AND BRAID LOOPS WITH 150" PLATE CARBON STEEL FLANGES - 6"	1,871.9525	7,487.81
7	3	MISC	MODEL MLF8- STAINLESS STEEL HOSE AND BRAID LOOPS WITH 150" PLATE CARBON STEEL FLANGES - 4" (- ± 4" MVMT)	1,069.30667	3,207.92
8	2	MISC	MODEL MLF8- STAINLESS STEEL HOSE AND BRAID LOOPS WITH 150" PLATE CARBON STEEL FLANGES - 3" (- ± 4" MVMT)	824.515	1,649.03
9	1	MISC	MODEL MLF8- STAINLESS STEEL HOSE AND BRAID LOOPS WITH 150" PLATE CARBON STEEL FLANGES - 2 1/2" (- ± 4" MVMT)	569.05	569.05
10	1	MISC	MODEL MLF8- STAINLESS STEEL HOSE AND BRAID LOOPS WITH 150" PLATE CARBON STEEL FLANGES - 2" (- ± 4" MVMT)	535.99	535.99

Figura 271. Cotización expansores térmicos Maximo Supply- Monaro (2)

Fuente: Maximo Supply- Monaro.

Product Model: BHR-2S-STD/CFG		
Item	Qty.	Description
#1	1	Heat Recovery System: Blowdown Heat Recovery (BHR) Model: BHR-2S (1 Boilers) Key Features: - Automatically Adjusts to Changing Demands - Removable Shell for Easy Inspection - Compact Size for Reduced Maintenance Cost Application Information: Blowdown gpm: 2 Make Up gpm: 13 Boiler Operating Pressure: 120
#2	1	Product Pricing Basis: Jan20 Price Book in use based on 06/19/2020 effective date for this product configuration. (1.3787 exchange rate in effect for USD/CAD conversions.) Pricing valid for 30 days. Expiration: 7/19/2020.
#3	3	Blowdown Heat Recovery (BHR) Manuals 1: (Continuous Blowdown Heat Recovery)
#4	1	Submittals - Dimensional Diagram (Blowdown Heat Recovery (BHR))

Item	Qty.	Product Model	PTC (USD)
#1	1	BHR-2S-STD/CFG	\$ 12,712.00
Subtotal Price to Customer (USD):			\$ 12,712.00
13 % Tax. (USD):			\$ 1,652.56
Total Price to Customer (USD):			\$ 14,364.56

Figura 272. Cotización de intercambiador de purgas

Fuente: Sisten SA.



LA CASA DEL TANQUE S.A.

Cédula Jurídica: 3101191210
Teléfono: 22273722 - Fax: 22265218

Cliente	CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION S.A (DIVISION FAI)	FECHA	12/06/2020
Atención	CONSEJO NACIONAL DE PRODUCCION S.A (DIVISION FAI)	N° cotización	71151
Teléfonos	- Fax	Cotizador	VALVERDE QUIROS STEPHANIE

Cantidad	Código	Descripción	I.V.A.	Precio Unitario	Precio Total
1,00	CPM 620-2	BOMBA CENTRIGUGA PEDROLLO 1HP 220V	N	143.435,78	143.435,78

Monto en Letras	Subtotal	143.435,78
Ciento sesenta y dos mil ochenta y dos colones con 43/100	Descuento	0,00
	I.V.	18.646,65
	Total	162.082,43

Figura 273. Cotización de bomba de agua

Fuente: La casa del tanque