

# FÁBRICA INDUSTRIAL DE TUBOS DE CARTÓN

## Proyecto Final de Grado Ingeniería Electromecánica

Julio 2024

### Autores

Cogorno, Eduardo Damián

DNI: 39.717.746

[damiancogorno@alu.frp.utn.edu.ar](mailto:damiancogorno@alu.frp.utn.edu.ar)

Legajo: 14989

Cel: 3444-447544

Ibaña, Angel Alexis

DNI: 38.571.467

[angelibania@alu.frp.utn.edu.ar](mailto:angelibania@alu.frp.utn.edu.ar)

Legajo: 15018

Cel: 3444-510879

Nani, Rodrigo Jesús

DNI: 39.036.429

[rodrigonani@alu.frp.utn.edu.ar](mailto:rodrigonani@alu.frp.utn.edu.ar)

Legajo: 15038

Cel: 343-4546665

**Evaluadores:** Ing. Ruhl, Gustavo

Ing. Maximino, Nicolas

## **AGRADECIMIENTOS**

*Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Paraná, por brindarnos la oportunidad y los recursos necesarios para culminar esta etapa de formación profesional, a nuestra alma mater y profesores, nuestro más sincero agradecimiento.*

*A nuestras familias, quienes con su amor y apoyo incondicional nos han acompañado a lo largo de este sendero académico, les estamos eternamente agradecidos.*

*A nuestros amigos, que con su camaradería y aliento han sido un pilar fundamental en los momentos difíciles, les expresamos nuestra más sentida gratitud.*

*Por último, a nuestros compañeros, por su colaboración y compañerismo que enriquecieron nuestra experiencia universitaria, les extendemos nuestra gratitud.*

*Este logro es tan nuestro como de ustedes.*

## DEFINICIONES

- **Rodela:** Cortes de diferentes anchos que se obtiene de las bobinas de cartón mediante el uso de una rebobinadora, son utilizadas para la fabricación de los tubos de cartón y poseen las mismas características técnicas de la bobina proveniente.
- **Tubo Stretch:** Tubo de cartón que es destinado para el Stretch Film, el cual es una película de polietileno estirable de alta transparencia o también de colores, utilizados para protección de cargas, paletizados y almacenamiento.
- **Resistencia a la compresión radial:** se refiere a la capacidad de un material para resistir fuerzas que se aplican hacia su centro a lo largo de un radio, es decir, fuerzas que lo comprimen perpendicular a su eje principal. El valor de ella se obtiene mediante ensayos con instrumentos de laboratorio, permitiendo estimar la carga máxima que el material puede soportar antes de fallar.
- **Gramaje:** Medida que indica la masa del papel por unidad de área, es decir, gramos por metros cuadrados [ $\text{g}/\text{m}^2$ ]. Se utiliza para estimar textura, calidad, opacidad y durabilidad del papel. El valor de este se da por el fabricante del papel, o bien, se obtiene mediante estudios en laboratorio.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Presentación de la empresa .....</b>	<b>1</b>
1.1.1	Línea de productos.....	2
1.1.2	Misión .....	3
1.1.3	Visión.....	3
1.1.4	Políticas de reciclaje.....	3
<b>1.2</b>	<b>La idea del proyecto .....</b>	<b>4</b>
1.2.1	Marco Teórico .....	5
1.2.2	Objetivo.....	8
1.2.3	Emplazamiento del proyecto .....	9
<b>2</b>	<b>Análisis de prefactibilidad .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Prefactibilidad económica .....</b>	<b>13</b>
2.1.1	Análisis de mercado .....	13
2.1.1.1	El producto .....	13
2.1.1.2	Consumidores.....	15
2.1.1.3	Competidores .....	20
2.1.1.4	Demanda proyectada .....	23
<b>2.2</b>	<b>Prefactibilidad técnica .....</b>	<b>26</b>
2.2.1	Tamaño del proyecto .....	26
2.2.1.1	Organización de la producción .....	26
2.2.1.2	Régimen de producción .....	28
2.2.1.3	Equipamiento principal.....	29
2.2.1.4	Equipamiento auxiliar.....	35
2.2.1.5	Solicitud de suministro de energía eléctrica.....	50
2.2.1.6	Layout .....	52
<b>2.3</b>	<b>Prefactibilidad legal .....</b>	<b>68</b>
2.3.1	Leyes y normativas.....	68
2.3.2	Higiene y seguridad laboral.....	69
2.3.3	Políticas ambientales .....	70
<b>2.4</b>	<b>Prefactibilidad financiera .....</b>	<b>71</b>
2.4.1	Inversión estimada .....	71
2.4.2	Costos fijos y variables .....	72
2.4.3	Ingresos por ventas.....	77
2.4.4	Flujo de caja .....	77
2.4.5	VAN y TIR.....	81
<b>3</b>	<b>Ingeniería en detalle .....</b>	<b>83</b>
<b>3.1</b>	<b>Aire comprimido .....</b>	<b>83</b>
3.1.1	Selección de compresor .....	87
3.1.2	Selección de depósito de aire .....	88
3.1.3	Acondicionamiento del aire .....	90
3.1.3.1	Selección de secador refrigerativo .....	91
3.1.3.2	Filtros .....	92
3.1.3.3	Purgador de condensados .....	94
3.1.4	Red de tuberías .....	95

3.1.5	Cómputo y presupuesto de materiales .....	100
<b>3.2</b>	<b>Red contra incendios .....</b>	<b>101</b>
3.2.1	Especificaciones y almacenamiento de materia prima .....	102
3.2.2	Especificaciones y almacenamiento del producto terminado .....	103
3.2.3	Clasificaciones normativas .....	104
3.2.3.1	Configuraciones de almacenamiento: .....	104
3.2.3.2	Clasificación de mercadería: .....	106
3.2.3.3	Clasificación del riesgo.....	107
3.2.4	Hidrantes.....	108
3.2.4.1	Clasificación de estaciones de manguera .....	108
3.2.4.2	Distribución de hidrantes .....	110
3.2.5	Sistema de rociadores .....	111
3.2.6	Verificación del caudal total necesario .....	114
3.2.7	Suministro de agua .....	114
3.2.8	Cantidad y distancia entre rociadores .....	115
3.2.8.1	Área de protección y espaciamiento máximo de rociadores .....	115
3.2.8.2	Distancia máxima desde muros .....	115
3.2.8.3	Distancia mínima desde muros .....	116
3.2.8.4	Distancias mínimas entre rociadores .....	116
3.2.8.5	Distancia debajo de cielorraso.....	116
3.2.8.6	Distribución de rociadores.....	117
3.2.9	Válvulas .....	118
3.2.10	Diámetros de tuberías.....	119
3.2.10.1	Diámetro de tubería principal: .....	119
3.2.10.2	Diámetros de líneas ramales de rociadores .....	120
3.2.10.3	Diámetro de red anillada de nichos hidrantes: .....	121
3.2.11	Presiones mínimas y máximas admisibles .....	122
3.2.12	Suministro eléctrico .....	123
3.2.13	Calculo hidráulico.....	124
3.2.13.1	Caudales de nodos de la red de hidrantes anillada.....	124
3.2.13.2	Pérdidas de carga .....	127
3.2.14	Sistema de detectores y alarmas .....	133
3.2.14.1	Central de control y alarma de incendio .....	133
3.2.14.2	Dispositivos iniciadores .....	134
3.2.15	Cómputo y presupuesto de materiales .....	136
<b>3.3</b>	<b>Cámara de secado .....</b>	<b>137</b>
3.3.1	Selección de cámara de secado .....	142
3.3.2	Diseño de rack de secado.....	145
3.3.3	Simulación de estructuras.....	148
3.3.3.1	Estiva de 2 racks .....	148
3.3.3.2	Elevación con autoelevador .....	150
3.3.4	Cómputo de materiales.....	152
<b>3.4</b>	<b>Grúa bandera .....</b>	<b>153</b>
3.4.1	Análisis estático.....	155
3.4.1.1	Análisis con carga en $X = 1.5$ [m] .....	156
3.4.1.2	Análisis con carga en $X = 3$ [m] .....	159
3.4.1.3	Dimensionamiento de la viga .....	161
3.4.2	Dimensionamiento del cable .....	166
3.4.3	Dimensionamiento de articulaciones .....	169
3.4.3.1	Dimensionamiento articulación superior e inferior .....	170
3.4.4	Rodamientos .....	176

3.4.5	Dimensionamiento de columna.....	181
3.4.6	Dimensionamiento de la base.....	185
3.4.7	Selección de polipasto .....	190
3.4.8	Cómputo y presupuesto de materiales.....	191
<b>3.5</b>	<b>Diseño eléctrico.....</b>	<b>192</b>
3.5.1	Diseño eléctrico en Media Tensión (13.2 kV).....	192
3.5.1.1	Tablero de MT (13.2kV) .....	202
3.5.2	Diseño eléctrico en Baja Tensión (0.4 kV).....	217
3.5.2.1	Tablero General de Baja Tensión (TGBT).....	221
3.5.2.2	Tableros seccionales.....	230
<b>3.6</b>	<b>Cálculo eléctrico .....</b>	<b>230</b>
3.6.1	Cálculo de conductor MT .....	230
3.6.2	Cálculo de conductores de BT.....	240
3.6.3	Cálculo de cortocircuito .....	256
3.6.3.1	Cálculo de impedancias .....	257
3.6.3.2	Cálculo de corrientes de cortocircuito $I''_{k1}$ e $I''_{k3}$ .....	267
3.6.3.3	Cálculo de corrientes pico $I_p$ e interrumpida $I_b$ .....	296
3.6.4	Selección de protecciones.....	299
3.6.4.1	Verificación de conductores por cortocircuito .....	314
3.6.5	Puesta a tierra.....	317
3.6.5.1	Tablero TGBT .....	323
3.6.5.2	Tablero TS1.....	326
3.6.5.3	Tablero TS2.....	330
3.6.5.4	Tablero TS3.....	333
3.6.5.5	Tablero TS4.....	336
3.6.5.6	Tablero TS5.....	339
3.6.5.7	Tablero S6.....	343
3.6.5.8	Tablero S7.....	346
3.6.5.9	Tablero TS8.....	349
3.6.5.10	Tablero S9.....	352
3.6.5.11	Tablero S10.....	355
3.6.5.12	Malla de puesta a tierra .....	358
3.6.6	Compensación factor de potencia .....	372
3.6.7	Cálculo de iluminación .....	379
3.6.8	Diagrama unifilar definitivo .....	384
<b>3.7</b>	<b>Layout definitivo .....</b>	<b>386</b>
<b>4</b>	<b>Análisis financiero.....</b>	<b>387</b>
<b>4.1</b>	<b>Egresos definitivos.....</b>	<b>387</b>
4.1.1	Costos iniciales.....	387
4.1.2	Costos operativos.....	388
<b>4.2</b>	<b>Ingresos definitivos .....</b>	<b>388</b>
<b>4.3</b>	<b>Flujo de caja .....</b>	<b>389</b>
<b>4.4</b>	<b>VAN y TIR .....</b>	<b>393</b>
4.4.1	Resultados de indicadores financieros.....	394
<b>5</b>	<b>Conclusión .....</b>	<b>396</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>397</b>

<b>7</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>398</b>
<b>7.1</b>	<b>Anexo A-Fichas técnicas de equipamiento.....</b>	<b>398</b>
7.1.1	Anexo A1-Sistema eléctrico .....	398
7.1.1.1	Celdas de media tensión (13.2 kV) .....	398
7.1.1.2	Relé de protección de MT Sepam.....	405
7.1.1.3	Relé de protección de BT Harmony .....	408
7.1.1.4	Transformador de potencia seco 630 kVA (13.2 / 0.4 kV) .....	409
7.1.1.5	Interruptor general Q01 4x1000A Micrologic 5.0.....	410
7.1.1.6	Guardamotor GM01 4x1A .....	413
7.1.1.7	Interruptor Q02 4x160A TMD125.....	416
7.1.1.8	Termomagnética TM01 4x16A .....	419
7.1.1.9	Interruptor Q03 4x100A TMD32.....	422
7.1.1.10	Interruptor Q04 4x160A TMD160 .....	424
7.1.1.11	Interruptor Q05-Q07 4x100A TMD80 .....	426
7.1.1.12	Interruptor Q06 4x100A TMD63 .....	428
7.1.1.13	Guardamotor GM02 4x6,3A .....	430
7.1.1.14	Disyuntor ID01 4x50A.....	433
7.1.1.15	Disyuntor ID02 4x32A.....	435
7.1.1.16	Termomagnética TM02 4x40A .....	437
7.1.1.17	Termomagnética TM03 4x32A .....	439
7.1.2	Anexo A2-Sistema neumático .....	442
7.1.2.1	Compresor Kaeser ASD50 .....	442
7.1.2.2	Tanque de almacenamiento .....	443
7.1.2.3	Secador de aire comprimido.....	444
7.1.2.4	Filtros .....	445
7.1.2.5	Drenajes electrónicos ECO-DRAIN .....	446
7.1.3	Anexo A3-Red contra incendios.....	447
7.1.3.1	Moto generador diésel .....	447
7.1.3.2	Equipo de bombeo Grundfos.....	449
7.1.4	Anexo A4-Grúa bandera.....	450
7.1.4.1	Polipasto .....	450
7.1.4.2	Elevador magnético .....	450
7.1.5	Anexo A5-Cámara de secado .....	451
<b>7.2</b>	<b>Anexo B-Simulaciones .....</b>	<b>452</b>
7.2.1	Anexo B1-Iluminación en Dialux .....	452
7.2.2	Anexo B2-Cámara de secado .....	479
7.2.2.1	Informe de análisis de tensión – Estiva 2 rack.....	479
7.2.3	Informe de análisis de tensión - Autoelevador .....	489
	<b>Anexo C-Planimetría.....</b>	<b>498</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. LOGOTIPO DE PAPELERA ENTRE RÍOS S.A.....	1
ILUSTRACIÓN 2. LÍNEA DE PRODUCTOS PAPELERA ENTRE RÍOS S.A.....	2
<i>ILUSTRACIÓN 3. ACOPIO DE BOBINAS.....</i>	<i>2</i>
<i>ILUSTRACIÓN 4. ECO URBANO Y PAPELERA ENTRE RÍOS S.A. ....</i>	<i>3</i>
ILUSTRACIÓN 5. FSC.....	4
ILUSTRACIÓN 6. UBICACIÓN DE LA PLANTA .....	10
ILUSTRACIÓN 7. TUBO PAPELERO PESADO .....	14
ILUSTRACIÓN 8. TUBOS PARA FILM STRETCH.....	15
ILUSTRACIÓN 9. CELDA SECCIONADORA IM.....	41
ILUSTRACIÓN 10. CELDA INTERRUPTORA DM2.....	41
ILUSTRACIÓN 11. CELDAS SECCIONADORAS FUSIBLES QM.....	41
ILUSTRACIÓN 12. TRANSFORMADOR DE TENSIÓN.....	43
ILUSTRACIÓN 13. INTERRUPTOR PRINCIPAL DE BAJA TENSIÓN.....	44
ILUSTRACIÓN 14. INTERRUPTOR TETRAPOLAR DE 100A.....	44
ILUSTRACIÓN 15. APARAMENTA DE BAJA TENSIÓN .....	45
ILUSTRACIÓN 16. SISTEMA PAQUETIZADO DE BOMBEO .....	46
ILUSTRACIÓN 17. MOTOGENERADOR DIÉSEL.....	47
ILUSTRACIÓN 18. CISTERNAS.....	47
ILUSTRACIÓN 19. EQUIPO BIE.....	48
ILUSTRACIÓN 20. ROCIADORES.....	48
ILUSTRACIÓN 21. ELEMENTOS DE CONTROL.....	49
ILUSTRACIÓN 22. AUTOELEVADOR 2.5TN.....	50
ILUSTRACIÓN 23. DIAGRAMA DE FLUJO OPERATIVO.....	54
ILUSTRACIÓN 24. ACOPIO DE BOBINAS DE PAPEL .....	55
ILUSTRACIÓN 25. ACOPIO DE BINS .....	56
ILUSTRACIÓN 26. PALETIZADO TUBOS DE 3".....	57
ILUSTRACIÓN 27. ACOPIO DE TUBOS STRECH Ø3" .....	58
ILUSTRACIÓN 28. PALETIZADO TUBOS DE 4".....	58
ILUSTRACIÓN 29. ACOPIO DE TUBOS ESTÁNDAR DE Ø4" .....	59
ILUSTRACIÓN 30. PALETIZADO TUBOS DE 6".....	59
ILUSTRACIÓN 31. ACOPIO DE TUBOS ESTÁNDAR DE Ø6".....	60
ILUSTRACIÓN 32. LAYOUT OPCIÓN 1 .....	62
ILUSTRACIÓN 33. LAYOUT OPCIÓN 2.....	63
ILUSTRACIÓN 34. LAYOUT OPCIÓN 3.....	64
ILUSTRACIÓN 35. LAYOUT OPCIÓN 4.....	65
ILUSTRACIÓN 36. LAYOUT CON AMPLIACIÓN .....	67
ILUSTRACIÓN 37. FLUJO DE CAJA ANUAL .....	80
ILUSTRACIÓN 38. RED ABIERTA.....	84
ILUSTRACIÓN 39. RED CERRADA O ANILLADA .....	84
ILUSTRACIÓN 40. COMPRESOR KAESER ASD 50.....	87
ILUSTRACIÓN 41. PULMÓN DE AIRE COMPRIMIDO .....	90
ILUSTRACIÓN 42. ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE AIRE COMPRIMIDO.....	91
ILUSTRACIÓN 43. FACTORES DE CORRECCIÓN.....	91
ILUSTRACIÓN 44. SECADOR REFRIGERATIVO KAESER .....	92
ILUSTRACIÓN 45. FILTRO KAESER KD Y KB.....	93
ILUSTRACIÓN 46. FILTRO FRL .....	94
ILUSTRACIÓN 47. ECO DRAIN.....	94
ILUSTRACIÓN 48. MATERIALES DE TUBERÍAS.....	95
ILUSTRACIÓN 49. PÉRDIDAS DE PRESIÓN ADMISIBLES.....	96

ILUSTRACIÓN 50. RED NEUMÁTICA ANILLADA.....	97
ILUSTRACIÓN 51. INCLINACIÓN TUBERÍAS .....	99
ILUSTRACIÓN 52. CUELLO DE CISNE.....	100
ILUSTRACIÓN 53. CONFIGURACIÓN ESTIBAS DE BOBINAS.....	102
ILUSTRACIÓN 54. CONFIGURACIÓN DE ESTIBAS DE RODELAS .....	103
ILUSTRACIÓN 55. PALETIZADO TUBO DE 6" .....	103
ILUSTRACIÓN 56. PALETIZADO TUBO DE 4" .....	104
ILUSTRACIÓN 57. PALETIZADO TUBO DE 3" .....	104
ILUSTRACIÓN 58. DISTRIBUCIÓN DE NICHOS HIDRANTES.....	110
ILUSTRACIÓN 59. CURVAS DE DENSIDAD/ÁREA.....	112
ILUSTRACIÓN 60. CARACTERÍSTICAS DE DESCARGAS DE LOS ROCIADORES .....	113
ILUSTRACIÓN 61. RANGOS DE TEMPERATURA Y CÓDIGOS DE COLOR .....	113
ILUSTRACIÓN 62. ÁREAS DE PROTECCIÓN DE ROCIADORES.....	115
ILUSTRACIÓN 63. DISTRIBUCIÓN DE ROCIADORES .....	117
ILUSTRACIÓN 64. VÁLVULAS TIPO MARIPOSA, RETENCIÓN Y ESCLUSA .....	118
ILUSTRACIÓN 65. CAÑERÍA PRINCIPAL .....	120
ILUSTRACIÓN 66. NICHOS HIDRANTES MÁS REMOTOS.....	122
ILUSTRACIÓN 67. COEFICIENTES DE RUGOSIDAD ABSOLUTA K.....	128
ILUSTRACIÓN 68. VISCOSIDAD CINEMÁTICA .....	129
ILUSTRACIÓN 69. DIAGRAMA DE MOODY .....	129
ILUSTRACIÓN 70. NOMOGRAMA.....	130
ILUSTRACIÓN 71. DETECTOR DE HUMO PUNTUAL .....	134
ILUSTRACIÓN 72. PULSADOR MANUAL.....	135
ILUSTRACIÓN 73. ALARMA SONORA Y FLASH ESTROBOSCÓPICO .....	135
ILUSTRACIÓN 74. CÁMARA DE SECADO .....	138
ILUSTRACIÓN 75. CATÁLOGO DE SHUNTEC .....	142
ILUSTRACIÓN 76. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....	143
ILUSTRACIÓN 77. CATALOGO SHUNTEC.....	144
ILUSTRACIÓN 78. DISPOSICIÓN DE ESFUERZOS Y RESTRICCIONES.....	149
ILUSTRACIÓN 79. SIMULACIÓN CON COEFICIENTE DE SEGURIDAD .....	149
ILUSTRACIÓN 80. DISPOSICIÓN DE ESFUERZOS Y RESTRICCIONES.....	150
ILUSTRACIÓN 81. SIMULACIÓN CON COEFICIENTE DE SEGURIDAD .....	151
ILUSTRACIÓN 82. GRÚA BANDERA.....	154
ILUSTRACIÓN 83. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE .....	156
ILUSTRACIÓN 84. MOMENTO FLECTOR.....	158
ILUSTRACIÓN 85. DIAGRAMA DE ESFUERZO CORTANTE .....	158
ILUSTRACIÓN 86. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE .....	159
ILUSTRACIÓN 87. DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR.....	160
ILUSTRACIÓN 88. DIAGRAMA DE ESFUERZO CORTANTE .....	160
ILUSTRACIÓN 89. CATÁLOGO DE ACINDAR .....	162
ILUSTRACIÓN 90. DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE .....	163
ILUSTRACIÓN 91. DIAGRAMA DE MOMENTO FLECTOR.....	165
ILUSTRACIÓN 92. DIAGRAMA DE ESFUERZO CORTANTE .....	165
ILUSTRACIÓN 93. CATÁLOGO DE ACEROS PROA.....	168
ILUSTRACIÓN 94. TENSOR OJO-OJO.....	169
ILUSTRACIÓN 95. ESFUERZO EN EJE .....	171
ILUSTRACIÓN 96. ESFUERZO EN PERNO .....	172
ILUSTRACIÓN 97. CONJUNTO HORQUILLAS-PERNO .....	172
ILUSTRACIÓN 98. ESFUERZO DE TRACCIÓN EN EL ÁREA DEL OJO .....	174
ILUSTRACIÓN 99. ESFUERZO CORTANTE EN OJO.....	174
ILUSTRACIÓN 100. DISPOSICIÓN DE RODAMIENTOS .....	176
ILUSTRACIÓN 101. VIDA ÚTIL PARA RODAMIENTOS.....	177
ILUSTRACIÓN 102. CARGAS .....	178

ILUSTRACIÓN 103. DATOS DE CÁLCULO.....	179
ILUSTRACIÓN 104. CARGA ESTÁTICA EQUIVALENTE .....	180
ILUSTRACIÓN 105. DIAGRAMA DE ESFUERZOS .....	181
ILUSTRACIÓN 106. TABLA DE TUBOS SIN COSTURA .....	182
ILUSTRACIÓN 107. DIAGRAMA DE PANDEO .....	183
ILUSTRACIÓN 108. UNIÓN ABULONADA .....	185
ILUSTRACIÓN 109. DIMENSIONES DE BRIDA.....	186
ILUSTRACIÓN 110. RESISTENCIAS DE PERNOS.....	187
ILUSTRACIÓN 111. TORQUE PARA BULONES GRADO 5 .....	188
ILUSTRACIÓN 112. DISTANCIAS DE BRIDA.....	189
ILUSTRACIÓN 113. POLIPASTO .....	190
ILUSTRACIÓN 114. ELEVADOR MAGNÉTICO.....	191
ILUSTRACIÓN 115. APARATOS DE MT SCHNEIDER.....	193
ILUSTRACIÓN 116. CELDAS DE MT SCHNEIDER I .....	194
<i>ILUSTRACIÓN 117. CELDAS DE MT SCHNEIDER II .....</i>	<i>195</i>
<i>ILUSTRACIÓN 118. CELDAS DE MT SCHNEIDER III.....</i>	<i>196</i>
<i>ILUSTRACIÓN 119. CELDAS DE MT SCHNEIDER IV.....</i>	<i>197</i>
ILUSTRACIÓN 120. CELDA SECCIONADORA IM-375.....	198
ILUSTRACIÓN 121. RELÉS DE PROTECCIÓN PARA CELDAS DE MT SCHNEIDER.....	199
ILUSTRACIÓN 122. CELDA INTERRUPTORA DM1A-750 Y UNIDAD SEPAM.....	200
ILUSTRACIÓN 123. CELDA INTERRUPTORA FUSIBLE QM-375 Y FUSIBLE.....	201
ILUSTRACIÓN 124. DIAGRAMA UNIFILAR MT - OPCIÓN 1.....	203
ILUSTRACIÓN 125. DIAGRAMA TOPOGRÁFICO - OPCIÓN 1 .....	204
ILUSTRACIÓN 126. DIAGRAMA UNIFILAR MT - OPCIÓN 2.....	205
ILUSTRACIÓN 127. DIAGRAMA TOPOGRÁFICO - OPCIÓN 2 .....	206
ILUSTRACIÓN 128. IMAGEN SATELITAL – SALAS DE MT .....	207
ILUSTRACIÓN 129. EXTRACCIÓN DE CUBIERTA EXTERNA .....	215
ILUSTRACIÓN 130. PANTALLA DE HILOS .....	215
ILUSTRACIÓN 131. SEGUNDA CAPA SEMI-CONDUCTORA.....	215
ILUSTRACIÓN 132. PRIMERA CAPA SEMI-CONDUCTORA .....	216
ILUSTRACIÓN 133. CONEXIÓN DE EQUIPO DE ENSAYO .....	216
ILUSTRACIÓN 134. UBICACIÓN DE TABLEROS ELÉCTRICOS .....	222
<i>ILUSTRACIÓN 135. MONTAJE DE TABLEROS ELÉCTRICOS .....</i>	<i>223</i>
ILUSTRACIÓN 136. SUJECIÓN DE BANDEJAS METÁLICAS.....	224
ILUSTRACIÓN 137. TENDIDO DE BANDEJAS METÁLICAS.....	224
ILUSTRACIÓN 138. TENDIDO ELÉCTRICO DE LA FÁBRICA.....	225
ILUSTRACIÓN 139. DIAGRAMA UNIFILAR TGBT .....	229
ILUSTRACIÓN 140. FACTOR POR TEMPERATURA AMBIENTE .....	231
ILUSTRACIÓN 141. FACTOR DE RESISTIVIDAD TÉRMICA DEL TERRENO .....	232
ILUSTRACIÓN 142. FACTOR DE AGRUPAMIENTO.....	233
ILUSTRACIÓN 143. FACTOR DE PROFUNDIDAD .....	233
ILUSTRACIÓN 144. CATÁLOGO DE CONDUCTORES .....	235
ILUSTRACIÓN 145. RESISTENCIA DEL CONDUCTOR .....	236
ILUSTRACIÓN 146. REACTANCIA DEL CONDUCTOR.....	237
ILUSTRACIÓN 147. DENSIDAD MÁXIMA ADMISIBLE DE CORTOCIRCUITO .....	238
ILUSTRACIÓN 148. DIAGRAMA UNIFILAR PARA CABLES DE BT .....	241
ILUSTRACIÓN 149. CORRIENTE ADMISIBLE EN CONDUCTORES - MÉTODO E .....	243
ILUSTRACIÓN 150. AGRUPAMIENTO DE CONDUCTORES.....	247
ILUSTRACIÓN 151. MÉTODO DE INSTALACIÓN DE CONDUCTORES .....	248
ILUSTRACIÓN 152. CORRIENTE ADMISIBLE EN CONDUCTORES POR BANDEJA.....	249
ILUSTRACIÓN 153. FACTOR DE AGRUPAMIENTO DE CONDUCTORES.....	250
ILUSTRACIÓN 154. SECCIÓN DE CONDUCTORES PE .....	255
ILUSTRACIÓN 155. RELACIONES DE IMPEDANCIA HOMOPOLAR DE TRANSFORMADORES .....	260

ILUSTRACIÓN 156. DATOS TÉCNICOS DE TRANSFORMADOR 630 KVA .....	260
ILUSTRACIÓN 157. DATOS TÉCNICOS DE CONDUCTORES.....	262
ILUSTRACIÓN 158. DATOS TÉCNICOS MOTORES WEG .....	266
ILUSTRACIÓN 159. DATOS TÉCNICOS MOTORES CZERWENY .....	266
ILUSTRACIÓN 160. CORRIENTE RELATIVA A UN CORTOCIRCUITO ALEJADO DEL GENERADOR CON COMPONENTE DE CORRIENTE ALTERNA CONSTANTE .....	268
ILUSTRACIÓN 161. PUNTOS DE CORTOCIRCUITO.....	270
ILUSTRACIÓN 162. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 1.....	271
ILUSTRACIÓN 163. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 2.....	272
ILUSTRACIÓN 164. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 2 CON MOTORES.....	273
ILUSTRACIÓN 165. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 3.....	275
ILUSTRACIÓN 166. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 4.....	277
ILUSTRACIÓN 167. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 5.....	279
ILUSTRACIÓN 168. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 6.....	281
ILUSTRACIÓN 169. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 7.....	283
ILUSTRACIÓN 170. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 8.....	285
ILUSTRACIÓN 171. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 9.....	287
ILUSTRACIÓN 172. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 10 .....	289
ILUSTRACIÓN 173. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 11 .....	291
ILUSTRACIÓN 174. RED DE IMPEDANCIAS EN FALLA 12 .....	293
<i>ILUSTRACIÓN 175. FACTOR K PARA CIRCUITOS SERIE EN FUNCIÓN DE R/X O X/R .....</i>	<i>296</i>
ILUSTRACIÓN 176. RELÉ DE TENSIÓN DE LA RED.....	300
ILUSTRACIÓN 177. SELECTIVIDAD Q01-Q02.....	304
<i>ILUSTRACIÓN 178. SELECTIVIDAD Q01-TM01 .....</i>	<i>305</i>
<i>ILUSTRACIÓN 179. SELECTIVIDAD Q01-Q03.....</i>	<i>306</i>
<i>ILUSTRACIÓN 180. SELECTIVIDAD Q01-Q04.....</i>	<i>307</i>
<i>ILUSTRACIÓN 181. SELECTIVIDAD Q01-Q05.....</i>	<i>308</i>
<i>ILUSTRACIÓN 182. SELECTIVIDAD Q01-Q06.....</i>	<i>309</i>
<i>ILUSTRACIÓN 183. SELECTIVIDAD Q01-Q07.....</i>	<i>310</i>
<i>ILUSTRACIÓN 184. SELECTIVIDAD Q01-GM02 .....</i>	<i>311</i>
<i>ILUSTRACIÓN 185. SELECTIVIDAD Q01-TM02 .....</i>	<i>312</i>
<i>ILUSTRACIÓN 186. SELECTIVIDAD Q01-TM03.....</i>	<i>313</i>
ILUSTRACIÓN 187. ESQUEMA DE PUESTA A TIERRA TN-S.....	319
ILUSTRACIÓN 188. FALLA FASE-PE.....	320
ILUSTRACIÓN 189. TIEMPOS MÁXIMOS DE DESCONEXIÓN .....	323
ILUSTRACIÓN 190. CURVA DE PROTECCIÓN MICROLOGIC 5.0 .....	324
ILUSTRACIÓN 191. DURACIÓN MÁXIMA DE TENSIÓN DE CONTACTO .....	325
ILUSTRACIÓN 192. CURVA PROTECCIÓN TM125D/160D .....	328
ILUSTRACIÓN 193. DURACIÓN MÁXIMA DE TENSIÓN DE CONTACTO .....	329
ILUSTRACIÓN 194. CURVA C .....	331
ILUSTRACIÓN 195. DURACIÓN MÁXIMA DE TENSIÓN DE CONTACTO .....	332
ILUSTRACIÓN 196. CURVA DE PROTECCIÓN TM32D.....	334
ILUSTRACIÓN 197. DURACIÓN MÁXIMA DE TENSIÓN DE CONTACTO .....	335
ILUSTRACIÓN 198. CURVA DE PROTECCIÓN TM125D/160D.....	337
ILUSTRACIÓN 199. DURACIÓN MÁXIMA DE TENSIÓN DE CONTACTO .....	338
ILUSTRACIÓN 200. CURVA DE PROTECCIÓN TM125D/160D.....	341
ILUSTRACIÓN 201. DURACIÓN MÁXIMA DE TENSIÓN DE CONTACTO .....	342
ILUSTRACIÓN 202. CURVA DE PROTECCIÓN TM63D.....	343
ILUSTRACIÓN 203. DURACIÓN MÁXIMA DE TENSIÓN DE CONTACTO .....	345
ILUSTRACIÓN 204. CURVA DE PROTECCIÓN TM80D/100D .....	347
ILUSTRACIÓN 205. DURACIÓN MÁXIMA DE TENSIÓN DE CONTACTO .....	348
ILUSTRACIÓN 206. CURVA DE PROTECCIÓN GV2ME.....	350
ILUSTRACIÓN 207. DURACIÓN MÁXIMA DE TENSIÓN DE CONTACTO .....	351

ILUSTRACIÓN 208. CURVA C .....	353
ILUSTRACIÓN 209. DURACIÓN MÁXIMA DE TENSIÓN DE CONTACTO .....	354
ILUSTRACIÓN 210. CURVA C .....	356
ILUSTRACIÓN 211. DURACIÓN MÁXIMA DE TENSIÓN DE CONTACTO .....	357
ILUSTRACIÓN 212. TABLA DE RESISTIVIDAD DE SUELO.....	362
ILUSTRACIÓN 213. TABLA DE MATERIALES DE CONDUCTORES.....	363
ILUSTRACIÓN 214. MALLA 5X5 PUESTA A TIERRA.....	366
ILUSTRACIÓN 215. TIERRA DE PROTECCIÓN Y SERVICIO SEPARADA.....	370
ILUSTRACIÓN 216 - ESQUEMA DE COMPENSACIÓN GLOBAL .....	374
ILUSTRACIÓN 217 - ESQUEMA DE COMPENSACIÓN PARCIAL .....	375
ILUSTRACIÓN 218 - ESQUEMA DE COMPENSACIÓN INDIVIDUAL .....	376
ILUSTRACIÓN 219 - FACTOR DE [kVAR] POR [kW] .....	378
ILUSTRACIÓN 220. NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN .....	381
ILUSTRACIÓN 221. SUPERFICIE DE CÁLCULO.....	382
ILUSTRACIÓN 222. LUMINARIA LED GALPONERA.....	382
ILUSTRACIÓN 223. SIMULACIÓN LUMÍNICA EN DIALUX.....	383
ILUSTRACIÓN 224. SIMULACIÓN LUMÍNICA EN DIALUX.....	384
ILUSTRACIÓN 225. DIAGRAMA UNIFILAR DEFINITIVO.....	385
ILUSTRACIÓN 226. FLUJO DE CAJA FINAL.....	392

# ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. VARIANTES DE LA INTEGRACIÓN VERTICAL .....	6
TABLA 2. ESPECIFICACIONES DE TUBOS INDUSTRIALES PESADOS .....	14
TABLA 3. ESPECIFICACIONES DE TUBOS STRETCH .....	14
TABLA 4. CONSUMO DE TUBOS PAPELEROS PESADOS .....	24
TABLA 5. CONSUMO DE TUBOS STRETCH .....	24
TABLA 6. DEMANDA DE TUBOS PAPELEROS PESADOS .....	25
TABLA 7. DEMANDA DE TUBOS STRETCH .....	25
TABLA 8. CALENDARIO MENSUAL DE PRODUCCIÓN .....	28
TABLA 9. OPCIONES DE MÁQUINAS TUBERAS .....	30
TABLA 10. PRODUCCIÓN PRELIMINAR .....	31
TABLA 11. OPCIONES DE MÁQUINAS REBOBINADORAS .....	32
TABLA 12. PRODUCCIÓN PRELIMINAR .....	33
TABLA 13. OPCIONES DE MÁQUINAS CORTADORAS FUERA DE LÍNEA .....	33
TABLA 14. TABLA DE CARGAS PRELIMINARES .....	40
TABLA 15. REEMBOLSO DE ENERSA .....	51
TABLA 16. SIMBOLOGÍA ASME PARA FLUJO DE OPERACIONES .....	52
TABLA 17. COMBINACIÓN CRÍTICA DE PRODUCCIÓN .....	57
TABLA 18. REFERENCIAS DE LAYOUT .....	61
TABLA 19. DIAGRAMA DEL PROCESO RECORRIDO .....	66
TABLA 20. INVERSIÓN ESTIMADA .....	72
TABLA 21. COSTOS DE MATERIA PRIMA Y ADHESIVO .....	73
TABLA 22. COSTO DE CONSUMO ELÉCTRICO .....	74
TABLA 23. COSTO MANO DE OBRA .....	74
TABLA 24. COSTO COMBUSTIBLE .....	75
TABLA 25. COSTO DE MANO DE OBRA ADM/OF TÉCNICA .....	75
TABLA 26. COSTO MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA .....	76
TABLA 27. INGRESOS MENSUALES POR VENTAS .....	77
TABLA 28. FLUJO DE CAJA ANUAL .....	79
TABLA 29. ACTUADORES NEUMÁTICOS .....	86
TABLA 30. CONSUMOS NEUMÁTICOS .....	86
TABLA 31. DIÁMETRO INTERNO 1º ITERACIÓN .....	98
TABLA 32. LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS .....	98
TABLA 33. DIÁMETRO INTERNO 2º ITERACIÓN .....	98
TABLA 34. CÓMPUTO Y PRESUPUESTO DE MATERIALES .....	100
TABLA 35. TIPOS DE RIESGOS .....	107
TABLA 36. TIPOS DE RIESGOS .....	107
TABLA 37. CAUDAL DE HIDRANTES .....	109
TABLA 38. VÁLVULAS .....	119
TABLA 39. DIÁMETROS POR CANTIDAD DE ROCIADORES .....	120
TABLA 40. DIÁMETROS DE RAMALES .....	120
TABLA 41. VALORES DE CONSTANTE DE HAZEN-WILLIAMS .....	125
TABLA 42. CAUDALES ADOPTADOS .....	125
TABLA 43. PRIMERA ITERACIÓN .....	126
TABLA 44. SEGUNDA ITERACIÓN .....	126
TABLA 45. CAUDALES FINALES .....	127
TABLA 46. LONGITUD EQUIVALENTE PÉRDIDAS SECUNDARIAS .....	131
TABLA 47. PÉRDIDAS PRIMARIAS Y SECUNDARIAS .....	132
TABLA 48. PRESIONES EN ZONAS MÁS REMOTAS .....	132
TABLA 49. CANTIDAD DE ELEMENTOS DE DETECCIÓN .....	136

TABLA 50. CÓMPUTO Y PRESUPUESTO DE MATERIALES.....	137
TABLA 51. CAPACIDAD DE CÁMARA DE SECADO .....	147
TABLA 52. CAPACIDAD DE CÁMARA DE SECADO .....	148
TABLA 53. RESUMEN DE ESFUERZOS.....	161
TABLA 54. CÓMPUTO Y PRESUPUESTO DE MATERIALES.....	191
TABLA 55. SELECCIÓN DE FUSIBLES DE MT .....	202
TABLA 56. COMPARATIVA ECONÓMICA DE CELDAS MT .....	210
TABLA 57. TABLA DE CARGAS EN BT .....	218
TABLA 58. RESUMEN DE CARGAS EN BT .....	219
TABLA 59. CANALIZACIONES DE BAJA TENSIÓN .....	226
TABLA 60. RESUMEN DE APARATOS DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA.....	228
TABLA 61. CARGAS DE TABLEROS.....	241
TABLA 62. CÁLCULO DE $\Delta_1$ .....	242
TABLA 63. RECALCULO DE CAÍDA DE TENSIÓN.....	244
TABLA 64. MOMENTOS ELÉCTRICOS ACTIVOS .....	244
TABLA 65. MOMENTOS ELÉCTRICOS REACTIVOS .....	245
TABLA 66. SECCIÓN DE CONDUCTOR $S_1$ .....	251
TABLA 67. SECCIÓN DE CONDUCTOR $S_2$ .....	251
TABLA 68. SECCIÓN DE CONDUCTOR $S_3$ .....	251
TABLA 69. SECCIÓN DE CONDUCTOR $S_4$ .....	252
TABLA 70. SECCIÓN DE CONDUCTOR $S_5$ .....	252
TABLA 71. SECCIÓN DE CONDUCTOR $S_6$ .....	252
TABLA 72. SECCIÓN DE CONDUCTOR $S_7$ .....	253
TABLA 73. SECCIÓN DE CONDUCTOR $S_8$ .....	253
TABLA 74. SECCIÓN DE CONDUCTOR $S_9$ .....	253
TABLA 75. SECCIÓN DE CONDUCTOR $S_{10}$ .....	254
TABLA 76. RESUMEN SELECCIÓN DE CONDUCTORES DE FASE Y NEUTRO .....	254
TABLA 77. RESUMEN SELECCIÓN DE CONDUCTORES PE .....	255
TABLA 78. IMPEDANCIA DE LA RED .....	259
TABLA 79. IMPEDANCIA DEL TRANSFORMADOR.....	261
TABLA 80. IMPEDANCIAS DE CONDUCTORES.....	263
TABLA 81. IMPEDANCIA DE MOTORES .....	267
TABLA 82. IMPEDANCIA EQUIVALENTE EN FALLA 2 CON MOTORES .....	274
TABLA 83. RESUMEN CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO.....	295
TABLA 84. CÁLCULO DE FACTOR K.....	297
TABLA 85. RESUMEN CORRIENTES PICO DE CORTOCIRCUITO .....	298
TABLA 86. RESUMEN SETEO DE PROTECCIONES .....	303
TABLA 87. VERIFICACIÓN DE CONDUCTORES POR CORTOCIRCUITO .....	315
TABLA 88. VERIFICACIÓN DE CONDUCTORES POR CORTOCIRCUITO EXTREMO.....	316
TABLA 89. RESUMEN FINAL DE SECCIÓN DE CONDUCTORES.....	317
TABLA 90. RESUMEN DE CARGAS.....	376
TABLA 91. FACTORES Y POTENCIA A COMPENSAR .....	377
TABLA 92. RESUMEN DE COSTOS INICIALES .....	387
TABLA 93. RESUMEN DE COSTOS OPERATIVOS .....	388
TABLA 94. FLUJO DE CAJA FINAL .....	391
TABLA 95. INDICADORES FINANCIEROS FINALES.....	395

## **RESUMEN**

El siguiente proyecto consiste en desarrollar el diseño de una fábrica de tubos de cartón que será emplazada en una edificación ubicada en el parque industrial de la ciudad de Paraná, Entre Ríos. En principio, uno de los productos y la cantidad a fabricar está definido dado que el desarrollo de esta planta industrial responde a una integración vertical hacia adelante de Papelera Entre Ríos S.A., sin embargo, también se lleva a cabo un estudio de mercado, con el objetivo de establecer el resto de la producción a fabricar, y en función de este análisis seleccionar la maquina elaboradora de tubos. En segundo lugar, se diseña el entorno técnico que asistirá la tubera, que abarca el servicio eléctrico, red contra incendios, sistemas de aire comprimido, de secado y todos los sistemas auxiliares que la tubera requiere. En adición a esto, se desarrolla la organización industrial de la planta, que contempla el flujo de trabajo y su respectivo layout. Finalmente, se realiza el análisis de factibilidad del proyecto, donde se evalúan los resultados de los indicadores económico-financieros y técnicos, donde se demostrará la viabilidad del proyecto desarrollado.

Palabras clave: *FÁBRICA – TUBO – TUBERA – CARTÓN - INGENIERÍA*

# 1 Introducción

## 1.1 Presentación de la empresa

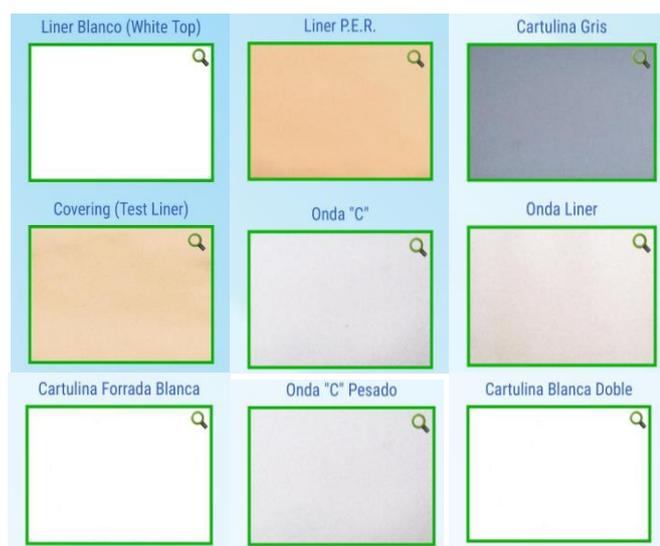
La empresa Papelera Entre Ríos S.A, ubicada en Paraná Entre Ríos, está dedicada a la fabricación de bobinas de papel de diferentes características, utilizando como principal materia prima recortes o papel de desechos industriales. Fue fundada el 30 de diciembre de 1960 por los hermanos León, Isaac y Rebeca Abuaf con el objetivo de consolidarse como la primera fábrica de papel de la provincia. Actualmente lleva 63 años en la industria del papel, cuenta con más de 100 empleados directos, más de 200 proveedores, y una tasa de producción con picos de hasta 65/67 [tn] diarias entre sus dos líneas de marrones y blancos.



*Ilustración 1. Logotipo de Papelera Entre Ríos S.A.*

### 1.1.1 Línea de productos

Todos los productos que Papelera E.R. ofrece están avalados por sistemas de controles tanto en proceso como del producto terminado. La empresa tiene una variada oferta en lo que al papel respecta, más específicamente en las tonalidades de éste y en sus gramajes, en la **Ilustración 2** se muestran algunos tonos de papel mencionados.



*Ilustración 2. Línea de productos Papelera Entre Ríos S.A.*

El abanico de productos que la empresa ofrece es comercializado en bobinas de diferente altura, que posteriormente son cargadas en camiones para coordinar la logística con el cliente. En la **Ilustración 3** se muestra un lote de bobinas de papel acopiadas en fábrica, a la espera de ser transportadas a su lugar de destino.



*Ilustración 3. Acopio de bobinas*

### 1.1.2 Misión

La empresa busca permanecer rentablemente en la industria del papel reciclado, consolidándose en continuo crecimiento, mediante la especialización productiva, con un manejo responsable y equilibrado, de gestión integral confiable. Utiliza como principal materia prima, recortes o papel de desechos industriales, y se proyecta como de gran importancia desde el punto de vista económico y ecológico.

### 1.1.3 Visión

La empresa tiene como visión mantener un compromiso con el reciclaje de papel, siendo uno de los objetivos organizacionales, demostrando que se puede elaborar un producto de calidad a partir de la recuperación de papeles y cartones, y apostando al desarrollo sustentable. esta actividad brinda múltiples beneficios ambientales: disminuye la generación de basura y disminuye el consumo de agua y energía.

### 1.1.4 Políticas de reciclaje

Los aspectos medioambientales y el reciclaje son compromisos primordiales en la empresa, en este contexto las cooperativas recicladoras son incentivadas mediante capacitaciones para lograr un mejor aprovechamiento del material reciclado. Así mismo, Papelera Entre Ríos viene llevando a cabo en los últimos años campañas de reciclaje en conjunto con otras organizaciones tales como Eco Urbano.



*Ilustración 4. Eco Urbano y Papelera Entre Ríos S.A.*

Actualmente también se encuentra certificada bajo el “Consejo de Administración Forestal” (FSC), la cual es una organización no gubernamental

independiente formada por miembros que promueven el manejo responsable, ambientalmente apropiado, socialmente beneficioso y económicamente viable de los bosques del mundo. Con dicha certificación se garantiza que la madera procede de bosques donde se evalúa y certifica que su gestión es conforme con los estándares sociales, económicos y medioambientales correctos.



*Ilustración 5. FSC*

## **1.2 La idea del proyecto**

El proyecto tiene como idea principal el desarrollo de una integración vertical hacia delante de Papelera Entre Ríos S.A. El mecanismo por el cual se realizará esta integración vertical (de ahora en adelante, IV) es a través de la fabricación de tubos de cartón en una nave industrial, la cual se trata de un predio existente que será puesto en valor para adaptarlo a la necesidad.

La idea se fundamenta en que, la empresa actualmente produce y comercializa cantidades significativas de bobinas de papel (aproximadamente 2000 tn/mes) y en este contexto, se analizó de qué manera se puede reforzar esta solidez comercial e industrial, en donde la IV surgió como una potencial estrategia para cumplir el objetivo planteado.

### 1.2.1 Marco Teórico

En el complejo entorno competitivo de la industria del papel, la adopción de estrategias de IV hacia adelante por parte de las empresas fabricantes de bobinas de papel industriales plantea preguntas cruciales sobre la eficacia de estas decisiones. Este marco teórico busca ordenar las interrogantes básicas en lo que a la empresa respecta, y de esta forma encaminar el desarrollo de una IV sostenible con el objetivo de reforzar e incluso mejorar la posición de la empresa en este amplio nicho de mercado.

Las principales interrogantes que se proponen se remontan a lo esencial: ¿Qué es una IV?, ¿cómo se lleva a cabo una IV?, para atender estas preguntas, se parte de la siguiente definición:

- Integración vertical (IV): Acorde al autor Michael E. Porter (Estrategia Competitiva: Técnicas para el Análisis de los Sectores Industriales y de la Competencia, 1980) la integración vertical implica el movimiento de una empresa en su cadena de valor hacia atrás o hacia adelante. La integración hacia adelante implica controlar las actividades de distribución o venta de una empresa, mientras que la integración hacia atrás implica controlar las actividades de suministro o producción.

La definición anterior es solo un enfoque parcial de lo que abarca el concepto de la IV. La **Tabla 1** (García Merino, Barahona, 1998) ilustra el ábaco de la IV según diferentes autores:

<b>Criterio utilizado</b>	<b>Variantes de la iv</b>
Sentido de la IV	IV hacia atrás – IV hacia adelante
Amplitud de la IV	IV amplia – IV estrecha
N° de etapas integradas verticalmente	IV completa – IV incompleta
Grado de IV	IV total – IV parcial
Forma de la IV	IV interna – CIV – CLP IV interna – IV externa Hacer frente a hacer-hacer IV interna – IV externa – IV cooperativa
Combinación de las dimensiones de la IV	IV completa–IV parcial–CIV–CLP

*Tabla 1. Variantes de la integración vertical*

Se podría concluir entonces, que acorde al marco teórico y considerando las características de Papelera Entre Ríos, la dirección estratégica es realizar una IV hacia adelante, de forma parcial e interna.

Teniendo en cuenta este concepto, el análisis que se debe llevar a cabo se basa en las siguientes interrogantes:

1. **Pregunta:** ¿Cuál es la cadena de valor de Papelera Entre Ríos? ¿Qué producto fabrica?

**Respuesta:** Papelera Entre Ríos fabrica bobinas de papel de diferentes calidades y gramajes.

2. **Pregunta:** ¿Como se aplicaría una IV hacia atrás?

**Respuesta:** Para que la empresa desarrolle una IV hacia atrás, se deben identificar los elementos o procesos que participan de su cadena de suministros. En este caso, para fabricar las bobinas de papel se requieren de:

- Papel y/o cartón reciclado
- Packaging en general (reciclado)

- Kraft
- Tubos de cartón
- Pasta celulósica
- Productos químicos

Por lo tanto, la empresa debería tomar iniciativa en la producción o bien tener el control de algunos de los ítems anteriores. Un claro ejemplo sería desarrollar una fábrica de pasta celulósica.

3. **Pregunta:** ¿Como se aplicaría una integración vertical hacia adelante?

**Respuesta:** Para que la empresa desarrolle una integración vertical hacia adelante, se deben identificar los elementos o procesos que participan de su cadena de distribución o ventas. En este caso, para distribuir o comercializar las bobinas de papel se requiere de:

- Sistemas de logística (transportistas)
- Industrias del papel
- Industrias del cartón

Por lo tanto, y siguiendo el desarrollo análogo en la IV hacia atrás, la empresa debe asumir el control o tener injerencia en el tramo de la cadena de valor que se ubica post producción, es decir, todos los rubros o etapas que se encuentran inmediatamente después de fabricada la bobina de papel. En este contexto, la empresa puede optar por atender cualesquiera de los 3 ítems mencionados anteriormente, un claro ejemplo sería comenzar a contar con un sistema propio de logística.

Sin embargo, también puede optar por tomar una dirección estratégica hacia la industria del cartón, y es en este punto donde se fundamenta la idea del proyecto.

En la actualidad existe un amplio mercado que demanda la necesidad de tubos de cartón de diferentes alturas, grosores y calidad, esto será fundamentando en la sección *2.1.1 Análisis de mercado*. Los tubos de cartón emplean como materia prima el papel, y a su vez este tubo es utilizado por Papelera Entre Ríos para realizar el bobinado de sus productos. Esto explica entonces que el desarrollo de una fábrica de tubos de cartón representa una IV hacia adelante, parcial e interna, que puede interpretarse también como una IV hacia atrás (dado que el tubo de cartón se ubica en la etapa anterior a la fabricación de las bobinas de papel, es decir, se trata como un insumo para Papelera Entre Ríos), sin embargo sigue tratándose sólidamente de una IV hacia adelante dado que se le aporta un valor agregado a la producción vigente de Papelera Entre Ríos, y a su vez, atiende otros mercados de la industria del cartón.

### **1.2.2 Objetivo**

En el ítem 1.2 “La idea del proyecto” se desarrolló el concepto de la IV, se fundamentó la elección de la estrategia empresarial y se explicaron las propuestas que se pueden llevar a cabo.

En este apartado, se definirá concretamente el objetivo al que apunta la idea del proyecto.

En líneas generales, el proyecto apunta a desarrollar una nave industrial completa abocada a la fabricación de tubos de cartón de diferentes gramajes, espesores, longitudes y calidades. Para demostrar que este proyecto es viable, en el ítem 2 “Análisis de prefactibilidad” se llevará a cabo un análisis de prefactibilidad integral que abarcará:

- Prefactibilidad económica
- Prefactibilidad técnica
- Prefactibilidad legal
- Prefactibilidad financiera

Posteriormente, se analizarán los datos obtenidos en las prefactibilidades y, en función de los resultados que se obtengan de los indicadores económico/financieros, técnicos y legales, se procederá a la etapa de Ingeniería de detalle, en donde se definirá con exactitud la ingeniería completa de la nave industrial.

Finalmente, se presentará la documentación completa del proyecto, donde se detallarán los planos constructivos de la fábrica, las memorias de cálculo y el conjunto de análisis técnicos, económico/financieros y anexos.

### **1.2.3 Emplazamiento del proyecto**

El emplazamiento del proyecto fue definido por la empresa, el cual tomaron la decisión de adquirir un predio lindante a su propiedad ubicada en el parque industrial de la ciudad de Paraná. Dicho predio consta de un área cercada de 15000 [m<sup>2</sup>] y cuenta con una construcción civil de 3550 [m<sup>2</sup>] compuesta por distintos sectores tales como oficinas, comedor, sanitarios, deposito y área disponible para la instalación de maquinarias industriales, ya que es una construcción civil pensada para la industria. Esta construcción no cuenta con ningún tipo de servicio (Energía eléctrica, gas, agua), por lo tanto, se deberán tener en cuenta en los costos.

En la **Ilustración 6** se detalla en color rojo el predio utilizado como depósitos, mientras que en color amarillo la instalación adquirida:



*Ilustración 6. Ubicación de la planta*

Para la selección de este se tuvieron en cuenta los siguientes factores:

1. Tiempo de PEM (Puesta en marcha)
2. Infraestructura
3. Políticas de la empresa

### **Tiempo de PEM (Puesta en marcha)**

Para analizar el tiempo de puesta en marcha se tendría que analizar la construcción de una nave industrial desde su inicio, por lo tanto, la adquisición de este predio consta de una disminución de los tiempos. Esto se debe a que no se requieren la realización de tareas civiles tales como:

- Preparación del terreno
- Cimientos
- Levantamiento de muros
- Estructuras

Dichas tareas, además de requerir una determinada cantidad de tiempo para realizarlas, también dependen de los fenómenos climáticos, los cuales afectarían los tiempos estipulados.

### **Infraestructura**

La nave dispone del área necesaria para la instalación de la sala de compresores, centro de comando de motores (CCM), red contra incendios, oficinas, comedor, pañol, baños y otras salas funcionales. Por otra parte, se deberían realizar obras civiles para la sala de transformadores, como así también para reacondicionar la infraestructura en general (Revocado de paredes, aplicación de pintura, impermeabilización del techo, mantenimiento de portones y ventanas, mejoras y limpieza del sistema de desagües, baños, oficinas y superficie de hormigón). Como ventaja también podemos nombrar la infraestructura del techo, la cual se trata de un techo diente de sierra y presenta beneficios tales como, controlar el calor, sonido y permite el ingreso de luz natural sin que afecte de manera directa.

### **Políticas de la empresa**

En términos de políticas corporativas, el hecho de que Papelera E.R. decidiera no comprar el predio de la Ex-Cavic implicaría dejar latente una oportunidad de que se abriera otra fábrica que, dependiendo de su respectivo rubro, nos genere una restricción de diversas índoles dado que la Ex-Cavic es adyacente al actual predio industrial de la empresa. Un ejemplo de esto sería que se abriera una fábrica de

fundición, cualquier descoordinación o incidente que les ocurra, dadas las altas temperaturas propias de los procesos que manejaría esta empresa externa, podría desencadenar consecuencias graves debido a la alta carga de fuego que tiene Papelera E.R. Por lo tanto, es una decisión estratégica que la empresa sea propietaria de toda la zona delimitada por calles Valentín Torra, Almafuerde y Arq. Walter Grand, para mitigar diversos riesgos futuros.

## **2 Análisis de prefactibilidad**

El análisis de prefactibilidad es una evaluación preliminar que se realiza antes de emprender un proyecto con más detalle o una inversión significativa. Su objetivo principal es determinar la viabilidad y conveniencia de llevar a cabo el proyecto, considerando aspectos económicos, técnicos, legales y ambientales, entre otros. Este tipo de análisis proporciona información clave para la toma de decisiones y ayuda a identificar posibles problemas o desafíos que podrían surgir durante la implementación del proyecto.

En el presente documento, se llevarán a cabo 4 (cuatro) tipos de prefactibilidades:

- Prefactibilidad económica
- Prefactibilidad técnica
- Prefactibilidad legal
- Prefactibilidad financiera

En los posteriores capítulos se describe en detalle las definiciones de cada análisis, objetivos a los que apuntan y resultados obtenidos respectivamente.

## **2.1 Prefactibilidad económica**

En este apartado se realizará un análisis preliminar de la idea del proyecto, identificando aspectos del mercado, potenciales clientes, competencia, recursos necesarios y costos e ingresos esperados, determinando si la idea tiene un potencial adecuado, reduciendo así los márgenes de incertidumbre y por lo tanto minimizando el riesgo.

### **2.1.1 Análisis de mercado**

Para desarrollar el concepto de análisis de mercado partimos de la pregunta: ¿Qué es el mercado?, “*Se entiende por mercado al área en que confluyen las fuerzas de la oferta y demanda para realizar las transacciones de bienes y servicios a precios determinados*” (Gabriel Baca Urbina, 2001, Pág.14), este concepto es sencillo desde el punto de vista teórico, sin embargo, debemos evaluar cómo influye en el desarrollo del proyecto. Desde el enfoque de la teoría general de proyectos, el estudio de mercado tiene por objeto estimar la cuantía de los bienes o servicios procedentes de una nueva unidad de producción, que la comunidad está dispuesta a adquirir a determinados precios. Es decir que, es el mismo mercado el actor que indicará la cantidad de bienes a producir, la calidad de estos y su precio de comercialización, todo esto en función de la perspectiva empresarial de la organización (en este caso, Papelera Entre Ríos).

#### **2.1.1.1 El producto**

El principal objetivo del proyecto es abocarse a la producción de tubos de cartón de diferentes características. Dentro de las múltiples posibilidades que a este rubro refiere, estará centrado en la producción de los siguientes tipos de tubos:

- Industriales pesados: son principalmente destinados para las bobinas de papel y cartón, metalúrgica, textil, construcción, entre otros, debido a su

robustez y resistencia son utilizados también para transporte y almacenamiento de materiales (**Ilustración 7**). En la Tabla 2 se muestran las especificaciones técnicas de los productos a comercializar:

Parámetro	Mínimo	Máximo
Longitud	20[mm]	6000[mm]
Diámetro interior	3"	6"
Espesor	10 [mm]	15 [mm]
Humedad	5%	10%
Resistencia a la compresión	Según requerimientos del cliente	

Tabla 2. Especificaciones de tubos industriales pesados



Ilustración 7. Tubo papelerero pesado

- Tubos para Stretch: son tubos de cartón utilizados para fabricar las bobinas de film de tipo "Stretch". El "film stretch" (o "film estirable" en español) es un tipo de película plástica que se utiliza comúnmente para embalaje de productos (**Ilustración 8**).

En la Tabla 3 se muestran las especificaciones técnicas de los productos a comercializar:

Parámetro	Mínimo	Máximo
Longitud	100 [mm]	500 [mm]
Diámetro interior	1 ½ "	3"
Espesor	10 [mm]	15 [mm]
Humedad	5%	10%
Resistencia a la compresión	Según requerimientos del cliente	

Tabla 3. Especificaciones de tubos stretch



*Ilustración 8. Tubos para film stretch*

### **2.1.1.2 Consumidores**

En este análisis, se recurrirá a datos obtenidos a través de un estudio de mercado que realizó la empresa Papelera Entre Ríos S.A, el cual fue compartido con nosotros. Se determinará a quien estará dirigido principalmente el producto o potenciales consumidores futuros, y a su vez, las características que requiere cada uno y tipo de tubo.

Como se aclaró anteriormente, dentro de los distintos consumidores se debe definir el producto que requieren, la planta tubera será capaz de ofrecer tubos de stretch, pesados papeleros e higiénicos. A continuación, se detallan los productos y las posibles empresas que los requieren:

#### ***Tubos de stretch:***

- Manu Packaging Argentina S.A: Es una empresa multinacional ubicada en Escobar, provincia de Buenos Aires, y se dedica principalmente a la fabricación de film stretch para uso industrial, ofrece una amplia gama de artículos, diversificados por espesor, resistencia y flexibilidad.
- Roma pack: Es una industria que desarrolla film termcontraible y film stretch ubicada en Isidro Casanova, provincia de Buenos Aires.



- **Urflex:** Empresa ubicada en Avellaneda, provincia de Buenos Aires, también se dedica a la fabricación de film stretch, tanto para, máquinas automáticas, de uso manual, línea agro y de colores. 
- **Polyfilms:** Industria dedicada a la fabricación de bolsas y films de polietileno y a la distribución de artículos de embalaje y descartable, la misma se encuentra ubicada en La Reja, provincia de Buenos Aires. 
- **Empack Inc S.R.L:** Se desempeña en la exportación, importación, fraccionamiento y comercialización de film stretch y burbujas con polietileno, la misma se ubica en el parque industrial Tortuguitas de la provincia de Buenos Aires. 
- **Europackaging S.R.L:** Compañía que ofrece insumos de embalajes, tales como polietilenos, film stretch, termocontraibles, poliolefinas, cintas adhesivas, entre otros. Se emplaza en Troncos del Talar, provincia de Buenos Aires. 
- **Rolanplast:** Se especializa en la fabricación y comercialización de bolsas de polietileno, ubicado en la Avellaneda, provincia de Buenos Aires. 

***Tubos pesados papeleros:***

- **Cartocor:** Brinda soluciones de packaging para todo tipo de industrias, dentro de los productos que ofrece para uso de tubos de cartón se encuentra el cartón corrugado y bobinas de papel/cartón. Posee múltiples industrias ubicados a través de Argentina. 

- Cartonera Puerto: Empresa dedicada a la  manufactura de cartones reciclados, a partir de ellos obtiene bobinas y planchas de cartón de diferentes calidades, emplazada en Puerto General San Martín, Santa Fe.
- Celulosa Argentina: Compañía que se especializa en el sector celulósico papelerero, a partir de la desforestación y a partir de ello darle valor agregado a la materia prima,  obteniendo productos como bobinas de papel blanco. Cuenta con dos plantas industriales, una en Capitán Bermúdez y la otra en Zárate, ambas en provincia de Buenos Aires.
- Celulosa Jujuy (hoy grupo NOA): una empresa  integrada dedicada a la fabricación de papeles para corrugar, cartón corrugado y cajas terminadas. Su planta está ubicada en la localidad de Palpalá, provincia de Jujuy.
- Celulosa San Pedro: Industria ubicada en San Pedro, provincia de Buenos Aires que se dedica a la fabricación de papeles para  corrugar, siendo la materia prima totalmente reciclada.
- Itape: Planta ubicada en el parque industrial de la ciudad de Paraná, Entre Ríos, se especializa en la fabricación de  papel de onda, granjero, agrícola, entre otros a partir de recortes y materia prima reciclada.
- Ledesma: Esta manufacturera produce papel a partir  de la pulpa de la caña de azúcar, para luego darle valor agregado obteniendo resmas y cuadernos de papel. Se ubica en la provincia de Jujuy.

- **Papel del Tucumán:** Empresa emplazada en la ciudad de San Miguel de Tucumán, Provincia de Tucumán, la cual se dedica a la fabricación de bobinas de papel blanco a partir de fibras de maderas y caña de azúcar. 
- **Papel Misionero:** Ubicada en el municipio de Puerto Leoni, provincia de Misiones, destinada a la fabricación de papel virgen (Sack Kraft – Kraft Liner), la cual pertenece al grupo Arcor desde el 2017. 
- **Papel Prensa:** Fábrica dedicada principalmente a la producción de papel de diario, como así también productos para la industria y a la sociedad. Se encuentra en San Pedro, provincia de Buenos Aires. 
- **Papelera del Sur:** Perteneciente al grupo HZ, la cual posee tres unidades de negocios, packaging, agropecuarias y bienes forestales, papeles y cartulinas, siendo ésta última la que utiliza tubos de cartón. Esta fábrica, se ubica en la ciudad de Tornquist, provincia de Buenos Aires. 
- **Papelera Entre Ríos S.A:** Planta fabril ubicada en la localidad de Paraná, provincia de Entre Ríos, la cual produce bobinas de papel para corrugar a partir de materia prima reciclada. 
- **Papelera Río Quequén S.R.L:** Fábrica de bobinas de papel a través de materia totalmente reciclada, se ubica en la localidad de Quequén, provincia de Buenos Aires. 

- **Papelera Santa Angela:** Industria dedicada a brindar soluciones de packaging y también en la fabricación de bobinas de papel test liner u onda común. Emplazada en General Pacheco, provincia de Buenos Aires. 
- **Papelera Sein y Cía. S.A:** Industria fabril ubicada en Ranelagh, provincia de Buenos Aires, la cual produce papeles de envolver y especiales, destinados para envoltorios en general, bolsas de papel, panfletos, entre otros. 
- **Rainap:** Empresa establecida en partido de Escobar, provincia de buenos aires, productora de bobinas de papel, planchas, cajas y rodela de cartón (tortas). 
- **Smurfit Kappa:** Manufacturera multinacional ubicada en toda argentina, siendo las productoras de papel emplazadas en Bernal y Coronel Suarez, provincia de Buenos Aires. Productora de bobinas de cartón ondulado. 
- **Sur Papel:** Industria de empaques, bobinas de papel y de cartón corrugado a partir de materia prima totalmente reciclada, ubicada en Berazategui, provincia de Buenos Aires. 
- **Unionpel:** Fábrica dedicada a la producción de papeles para el cuidado personal e industrial, se encuentra ubicada en la localidad de Pacheco, Provincia de Buenos Aires. Fabrica diversos tipos de papeles Crespados, Absorbentes y Monolucidos. 
- **Zucamor:** La empresa, ahora adquirida por grupo Arcor, está integrada por 7 plantas industriales ubicadas a lo largo de Argentina, en Misiones la planta de papel de fibra virgen, San Luis 

fábrica de bolsas industriales, Mendoza de papel reciclado, San Juan industria  
fabril de cartón corrugado y tres en provincia de Buenos Aires, una en Quilmes  
y 2 en Ranelagh respectivamente, estas últimas producen cartón corrugado.

### 2.1.1.3 Competidores

El estudio de nuestros posibles competidores es de suma importancia tanto para comprender el entorno empresarial al que nos estaríamos involucrando como así también, conocer fortalezas y debilidades de los potenciales competidores en el mercado.

Este análisis de los competidores a su vez es una herramienta para ingresar de la mejor manera al mercado, ver donde se puede destacar la empresa en base a las debilidades del competidor, determinar los competidores directos, y demandas por satisfacer. A continuación, se nombrarán las principales empresas fabricantes de tubos, para luego realizar un estudio completo de los competidores y lograr compararlos.

- KOPAC S.A
- CONAM
- CIGSA
- PAPELERA BERAZATEGUI
- PAPELERA RINGUELET SRL
- BOLSATERM

- KOPAC S.A: Está ubicada en Castelar, provincia de Buenos Aires, la cual se



dedica a la fabricación de tubos y envases de cartón. Los tubos que la misma produce tiene las características de ser resistentes a la compresión radial, opciones de fabricación que van desde un espesor de 1 a 15 mm, diámetro interno de 20 a 200 mm y largo a partir de los 10 mm, a su vez, ofrece que los mismos sean con impresión interna o externa. Por otra parte, la empresa se

destaca en abastecer industrias textiles, automotrices, papeleras, hilados, metalúrgicas, petroleras, agencias de publicidad, entre otras.

- CONAM: Ésta industria con sede en Córdoba Capital, produce tubos



espiralados de cartón de alta resistencia, los mismos pueden ser pedidos en una amplia variedad de medidas y diámetros, desde 28 a 410 mm interno, espesores de 2 a 20mm y largos según requiera el consumidor. La fábrica administra sus procesos bajo un sistema de gestión de calidad, la cual promueve la mejora continua bajo la Norma ISO 9001, asegurando una calidad uniforme.

Los tubos fabricados por Conam, se utilizan principalmente en industrias papeleras, envases flexibles, textil, entre otros. Dentro de los clientes destacados se encuentra Tetra Pak, Arcor, Cartocor, Petropack, Aluflex, Arauco, etc.

- CIGSA: La fábrica está emplazada en San Fernando, provincia de Buenos Aires y se caracteriza por



fabricar artículos de embalaje Film Stretch y tubos de cartón espiralado utilizados en la industria papelera, textil, plástica, petrolera, constructora, del caucho, membranas asfálticas, entre otras. Los tubos pueden ser pedidos en una amplia gama de medidas, las cuales pueden ir desde los 25 mm de diámetro interno hasta los 300 mm y 100 a 8000 mm de largo, pudiendo ser estos impresos tanto por dentro o por fuera.

- **PAPELERA BERAZATEGUI:** Ubicada en Berazategui, provincia de Buenos Aires, se fundó a partir de la elaboración de bobinas de



cartón, y a partir de ellas fueron derivaron productos tales como esquineros, tortas (rodela), hojas y tubos de cartón espiralados resistentes a la compresión radial, espesores de 1 a 20 mm, diámetro de 34 a 409 mm y con impresión interna y externa. La empresa produce bajo estricto seguimiento, tanto en elaboración como en su entrega final, logrando productos con una calidad uniforme y certificados bajo Norma ISO 9001-2015. En este momento, dicha industria desempeña el papel de proveedora para satisfacer una porción de la demanda de tubos de cartón en dimensiones de 3, 4 y 6 pulgadas de la empresa Papelera Entre Ríos S.A.

- **PAPELERA RINGUELET SRL:** Es una empresa ubicada en La Plata,



provincia de Buenos Aires, la cual es fabricante de productos de cartón ya sea bujes o tubos espiralados, estos últimos se encuentran en gran variedad de dimensiones según requiera el cliente con los más altos estándares de calidad. En la actualidad ésta industria es la encargada de cubrir parte de la demanda de los tubos de cartón en 3, 4 y 6 pulgadas de la empresa Papelera Entre Ríos S.A.

- **BOLSATERM:** Esta industria con sede en San Justo, provincia de Buenos Aires, está dedicada a la producción no solo de tubos de cartón, sino también a la fabricación



de bobinas de cartón y rodela. Dentro de la línea de tubos de cartón espiralados la empresa ofrece los tipos: textil, el cual se puede fabricar con un espesor de 2.5 a 6 mm, un largo mayor a los 700 mm y un diámetro de 38 a 77 mm.

Universal: espesor de 12 a 17 mm un diámetro de 76 a 77 mm y un largo de 51 a 520 mm. Exigente: consta con una mayor resistencia a la compresión, un largo que va desde los 700 a 3800 mm, espesor de 7 a 18 mm y un diámetro de 76 a 400 mm. Cono grande y cono chico: se fabrican en medidas ya preestablecidas por el fabricante, con un largo de 1.8 m y 77 mm de diámetro, y un largo de 1.8 m por 50 mm de diámetro respectivamente para el cono chico.

En la siguiente tabla, se realiza una comparación de los competidores anteriormente nombrados con el fin de identificar oportunidades en el mercado, como así también analizar debilidades y fortalezas de estas para obtener una visión integral del panorama competitivo y de esta manera tomar decisiones estratégicas.

#### 2.1.1.4 Demanda proyectada

Considerando la porción del mercado constituida por todos los actores nombrados en 2.1.1.2, y considerando variables macroeconómicas estables para el mercado (PBI, Inflación, etc) se confecciona el resumen de demanda proyectada en las **Tabla 4** y **5**, que representa los consumos mensuales de toneladas de tubos de cartón de las respectivas empresas, las cuales se pueden mantener constantes para los próximos años a fines de estimar una proyección de demanda.

Consumidor	Consumo en [tn/mes]	Tipo de tubo consumido [tn]		
		Ø 3"	Ø 4"	Ø 6"
Cartocor	45	2	14	29
Cartón gris	3	3	0	0
Cartón Puerto	3	3	0	0
Celulosa Argentina	50	15	20	15
Celulosa Jujuy	4	1	3	0
Celulosa San Pedro	40	10	25	5
Itape	12	4	2	6
Ledesma	60	10	20	30
Papel del Tucumán	80	20	20	40

Papel Misionero	45	15	10	20
Papel Prensa	80	30	25	30
Papelera del Sur	30	12	18	0
Papelera Entre Ríos	15	3	8	4
Papelera Quequén	5	3	2	0
Papelera San José de la Esquina	8	2	6	0
Papelera Santa Angela	20	10	7	3
Papelera Sein	10	2	6	2
Rainap	30	15	4	11
Smurfit Kappa	70	23	41	6
Sur Papel	20	5	10	5
Unionpel	50	10	10	30
Zucamor	40	6	14	20

*Tabla 4. Consumo de tubos papeleros pesados*

Consumidor	Consumo en [tn/mes]	Tipo de tubo consumido [tn]	
		Ø 1 ½ "	Ø 3"
Manulli	400	180	220
Roma pack	80	50	30
Urflex	20	10	10
Polifin	40	25	15
Empack S.R.L.	20	0	20
Europackaging S.R.L.	100	40	60
Termo plástica	250	80	170
Rolamplast	150	40	110

*Tabla 5. Consumo de tubos Stretch*

La producción que deberá llevar a cabo la fábrica de tubos se estimará en función de la demanda proyectada. Para lograr acceder a una cifra conservadora de producción (ni muy pesimista, ni muy optimista) se adopta la suposición de que los diferentes consumidores de tubos abastecen su consumo de aproximadamente 3 proveedores (cada proveedor le abastece el **33,33%** de su demanda). Dicho esto, y considerando las demandas representadas en las **Tabla 4** y **5**, se presentan los siguientes datos de producción objetivo detallados en **Tablas 6** y **7**:

Consumidor	Demanda en [tn/mes]	Tipo de tubo demandado [tn]		
		Ø 3"	Ø 4"	Ø 6"
Cartocor	15	1	4	10
Cartón gris	1	1	0	0
Cartón Puerto	1	1	0	0
Celulosa Argentina	17	5	7	5
Celulosa Jujuy	1	0	1	0
Celulosa San Pedro	13	3	8	2
Itape	4	1	1	2
Ledesma	20	3	7	10
Papel del Tucumán	27	7	7	13
Papel Misionero	15	5	3	7
Papel Prensa	27	10	7	10
Papelera del Sur	10	4	6	0
Papelera Entre Ríos	5	1	3	1
Papelera Quequén	2	1	1	0
Papelera San José de la Esquina	3	1	2	0
Papelera Santa Angela	7	3	2	2
Papelera Sein	3	1	2	0
Rainap	10	5	1	4
Smurfit Kappa	23	7	14	2
Sur Papel	7	2	3	2
Unionpel	17	4	3	10
Zucamor	13	2	4	7
<b>TOTAL</b>	<b>241</b>	<b>68</b>	<b>86</b>	<b>87</b>

Tabla 6. Demanda de tubos papeleros pesados

Consumidor	Demanda en [tn/mes]	Tipo de tubo consumido [tn]	
		Ø 1 ½ "	Ø 3"
Manulli	132	60	72
Roma pack	26	16	10
Urflex	7	3	4
Polifin	13	8	5
Empack S.R.L.	7	0	7
Europackaging S.R.L.	33	13	20
Termo plástica	83	26	57
Rolamplast	50	13	37
<b>TOTAL</b>	<b>377</b>	<b>159</b>	<b>218</b>

Tabla 7. Demanda de tubos Stretch

## **2.2 Prefactibilidad técnica**

Es un proceso que se realiza mediante estudios y análisis con la finalidad de determinar si el proyecto es viable para la empresa desde el punto de vista técnico, es decir, contar con recursos tales como, habilidades, conocimientos, equipos y herramientas o bien, conocer que recurso necesario hace falta.

### **2.2.1 Tamaño del proyecto**

La envergadura del proyecto está directamente relacionada con la cantidad de tubos a producir (la cual nos definirá la cantidad de toneladas/mes de producción), y por otra parte, las propiedades físicas de cada tubo (que dependen de factores como el espesor de rodela a utilizar, gramaje, cantidad de capas, resistencia, etc).

#### **2.2.1.1 Organización de la producción**

Para definir un orden en la producción se tomará como base los datos de demanda proyectada representados en las Tablas 7 y 8 del apartado **2.1.1.4 Demanda proyectada**.

En resumen, mensualmente el aparato productivo deberá elaborar:

- Tubos industriales pesados: 241 [tn]

-Tubos de Ø 3'': 68 [tn]

-Tubos de Ø 4'': 86 [tn]

-Tubos de Ø 6'': 87 [tn]

- Tubos de stretch: 377 [tn]

-Tubos de Ø 1 ½'': 159 [tn]

-Tubos de Ø 3'': 218 [tn]

A partir de estas producciones objetivo, lo que se debe determinar son las especificaciones técnicas (E.T.) de cada tubo. A fines de unificar la producción y simplificar la organización de esta, se plantea centrar los modelos a fabricar en 2 (dos) grupos, clasificados en función de la resistencia a la compresión radial de cada tipo:

#### Tubos industriales pesados

-Línea estándar: comprende todos los tubos industriales de Ø 3'' y Ø 4'' con espesores entre 10-15 [mm], elaborados con rodela de gramaje mayor o igual a 450 [g/m<sup>2</sup>].

-Línea reforzada: comprende todos los tubos industriales de Ø 3'', Ø 4'' y Ø 6'' con espesores entre 10-15 [mm], elaborados con rodela de gramaje menor o igual a 300 [g/m<sup>2</sup>].

#### Tubos de stretch

-Línea estándar: comprende todos los tubos de stretch de Ø 1 ½ '' y Ø 3'', con espesores entre 10-15 [mm], elaborados con rodela de gramaje mayor o igual a 300 [g/m<sup>2</sup>].

Con el fin de poder seleccionar el equipamiento necesario para producir estos volúmenes, se toman (a modo estimado) el peso por metro de cada tipo de tubo.

- Tubos industriales pesados:
  - 1 Tubos de Ø 3'' Estándar: 2,5 [kg/m]
  - 2 Tubos de Ø 3'' Reforzado: 3,0 [kg/m]
  - 3 Tubos de Ø 4'' Estándar: 3,5 [kg/m]
  - 4 Tubos de Ø 4'' Reforzado: 4,0 [kg/m]
  - 5 Tubos de Ø 6'' Estándar: 5,0 [kg/m]

6 Tubos de Ø 6'' Reforzado: 5,5 [kg/m]

- Tubos de stretch:

1 Tubos de Ø 1 1/2'' Estándar: 2,0[kg/m]

2 Tubos de Ø 3'' Estándar: 3,0 [kg/m]

Con estos datos estimados, se está en condiciones de avanzar a la selección del equipamiento principal y, por consiguiente, del equipamiento auxiliar necesarios para la producción de todos los tubos.

### 2.2.1.2 Régimen de producción

En la tabla que se muestra a continuación se detalla el calendario de producción, el cual detalla la como estará organizada la producción de acuerdo a la demanda obtenida del estudio de mercado.

Para la realización de ésta, se tuvieron en cuenta que se trabaja 26 días al mes en dos turnos, mañana y tarde respectivamente. Cada color representa un tipo de tubo diferente y para la organización se tuvo en cuenta principalmente el diámetro interno de los mismos para evitar mayores pérdidas de tiempo por cambio de mandril correspondiente a la máquina formadora.

Calendario mensual de producción						
Turno	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
Semana 1						
M	Yellow	Yellow	Yellow	Purple	Purple	Purple
T	Yellow	Yellow	Yellow	Purple	Purple	Purple
Semana 2						
M	Purple	Purple	Purple	Purple	Purple	Blue
T	Purple	Purple	Purple	Purple	Blue	Blue
Semana 3						
M	Blue	Blue	Red	Red	Green	Green
T	Blue	Red	Red	Green	Green	Green
Semana 4						
M	Green	Green	Green	Green	Green	Green
T	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Referencias						
Tubo pesado			Stretch			
Ø3	Ø4	Ø6	Ø1 1/2	Ø3		
Yellow	Blue	Red	Green	Purple		

Tabla 8. Calendario mensual de producción

### 2.2.1.3 Equipamiento principal

Los equipos que se deberán seleccionar son, en definitiva, quienes marcarán la capacidad productiva de la planta.

Para abastecer la producción, se analizarán los siguientes equipos principales:

- **Máquina tubera:** Es un conjunto de equipos destinados a la fabricación de tubos de cartón, en el cual se puede variar sus características técnicas según se requiera. La misma está conformada por los siguientes sub-equipos:
  - 1 Porta rodela: es la encargada portar y alimentar papel de manera continua a la línea de producción, a su vez es la que define la cantidad de capas que va a tener el tubo.
  - 2 Unidad de pegado: equipo encargado de aportar adhesivo en las caras del papel.
  - 3 Formadora: Cumple la función de enrollar las láminas de papel alrededor de un mandril, que es un cilindro metálico que determina el diámetro interno del tubo. A medida que se enrollan las capas de papel, se presan.
  - 4 Cortadora de línea: Una vez que el tubo alcanza el espesor deseado, se corta a la longitud especificada.
- **Máquina rebobinadora:** Es un equipo utilizado para cortar y desbobinar papel desde una bobina grande y pesada (conocida como jumbo), para luego enrollarlas formando bobinas más pequeñas de dimensiones según requerimiento.
- **Máquina cortadora fuera de línea:** de funciones similares a la cortadora en línea, pero con la ventaja que tiene mayor capacidad de corte por minutos con una mayor precisión.

## Selección de equipamiento principal

Una vez definidos los equipos a utilizar, se debe pasar a una etapa de selección de estos. En esta etapa los criterios de selección serán la capacidad productiva, costo, versatilidad, calidad de la máquina y logística.

En la **Tabla 9, 11 y 13** presentan las diferentes opciones a analizar para la selección final de cada máquina. Se desarrollan una a una de forma preliminar para llegar a una conclusión.

## Selección de máquina tubera

Maquina tubera			
Máquina	1	2	3
Modelo	SDA-40 300	LJT-4D-HLCC	JT-200A
Vel. de producción [m/min]	1 a 30	1 a 20	0 a 20
Longitud de corte [mm]	500 a 6000	1000 a 6000	70 a 6000
Diámetros interiores [mm]	30 a 300	40 a 300	30 a 250
Espesores máximos [mm]	20	15	15
Gramajes de papel [m <sup>2</sup> /g]	-	200 a 500	-
Máximo de rodela	25	30	24
<b>Costo [U\$D]</b>	<b>106000</b>	<b>77000</b>	<b>100000</b>

*Tabla 9. Opciones de máquinas tuberas*

Para esta máquina se optó por la **Máquina N°2** fundamentándose en que, de las 3 (tres) opciones, es la menos costosa y la que más cantidad de rodela puede trabajar en simultáneo. Esto último permite obtener tubos más resistentes dado que se pueden usar mayor cantidad de capas de papel y variar los gramajes del mismo, al margen de estar limitado con el espesor máximo del tubo.

Definida la máquina principal, se debe analizar que cantidades de esta serán necesarias para cumplir con la producción objetivo (**Tablas 6 y 7**).

Conociendo el dato del peso en [kg/m] de cada tubo y con la máquina tubera seleccionada se está en condiciones de verificar si con 1 (una) máquina se cumple la producción objetivo.

A modo de definir un régimen mensual de trabajo, se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Peso del tubo por metro; X [kg/m] (X varía en función del tubo)
- Velocidad media de la maquina: 10 [m/min]
- Horas de trabajo: 16 [h/día]
- Días de trabajo: 26 [días/mes]

Teniendo en cuenta tiempos muertos y descansos, y considerando la peor condición de que todos los tubos que se nos solicite sean del tipo estándar, se presentan los resultados estimados de los días de producción en la **Tabla 10**.

Tipo de tubo	Días de producción mensuales [días/mes]	Toneladas producidas [ton/mes]
Tubo industrial estándar Ø3"	3	75
Tubo industrial estándar Ø4"	3	100
Tubo industrial estándar Ø6"	2	90
Tubo de strech Ø1 1/2"	9	160
Tubo de strech Ø3"	7	225

*Tabla 10. Producción preliminar*

Si comparamos las producciones obtenidas con respecto a las Tablas 6 y 7, podemos concluir que con 1 (una) máquina tubera funcionando a una velocidad conservadora (10 [m/min]) se pueden alcanzar los objetivos de producción propuestos.

### Selección de máquina rebobinadora

Maquina rebobinadora			
Máquina	1	2	3
Modelo	KS-1600D	S400C-1600	HFQL-1600
Velocidad máx. de producción [m/min]	200	400	500
Ancho [mm]	500 a 1600	≤1600	≤1600
Diámetro [mm]	1200	1600	1800
Ancho de corte [mm]	>35	>50	>50
Gramajes de papel [m2/g]	80 a 600	≤600	50 a 450

Numero de cortadoras	18	11	12
Diámetro de mandril [Pulgadas]	3 y 4	3 y 4	3 y 6
<b>Costo [U\$D]</b>	<b>41000</b>	<b>55000</b>	<b>55000</b>

*Tabla 11. Opciones de máquinas rebobinadoras*

En la selección de este equipo se optó por la *Máquina N°1* dado que es la más sencilla, menos costosa y la mayoría de sus parámetros técnicos son superiores a las restantes, con la salvedad de que es más lenta y produce bobinas más chicas, sin embargo, en términos nominales su velocidad de bobinado es aceptable y el tamaño de las bobinas no es un problema dado que, lo único que se ganaría produciendo bobinas de mayor diámetro es que se deban reponer con menos frecuencia en la línea de producción de tubos, ésta hipotética virtud no es determinante e implica también un manipuleo más difícil de estas bobinas grandes por su tamaño y peso.

Definida la rebobinadora, se debe analizar que cantidades de rodela serán necesarias procesar para así cumplir con la producción objetivo.

Conociendo los datos de las longitudes lineales del papel que se requieren para cada gramaje en [m] para la producción total mensual y con la rebobinadora seleccionada se está en condiciones de verificar si con 1 (una) máquina se cumple la producción objetivo.

A modo de definir un régimen mensual de trabajo, se tomarán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Longitud lineal de papel: 18.184.837 [m]
- Velocidad media de la maquina: 100 [m/min]
- Horas de trabajo: 16 [h/día]
- Días de trabajo: 26 [días/mes]

Teniendo en cuenta tiempos muertos y descansos, y que la misma es capaz de procesar 10 rodela de 100 [mm] de ancho a la vez, se debe dividir la longitud planteada por la cantidad de rodela (1.818.484 [m]). En **Tabla 12** se analiza que longitud lineal de papel será capaz de producir:

<b>Rebobinadora</b>	
<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>
Velocidad [m/min]	100
Horas de trabajos [h/día]	16
Días de trabajo [días/mes]	26
Longitud lineal de papel [m/mes]	2028000

*Tabla 12. Producción preliminar*

Como podemos observar trabajando con dos turnos de 8 horas, considerando tiempos muertos de 1,5 horas por turno y funcionando a una velocidad conservadora (100 [m/min]) se pueden alcanzar los objetivos de producción propuestos.

#### **Selección de máquina cortadora fuera de línea**

<b>Maquina cortadora fuera de línea</b>				
<b>Máquina</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Modelo	SAN-A250	SAN-A180	SJQHH	JT-SL-2000C
Velocidad de producción [cortes/min]	50	50	50	60
Longitud de tubo principal [m]	3	3	1 a 3,6	2
Longitud de corte mínima [mm]	20	10	20	10
Diámetros interiores [mm]	30 a 250	76 a 180	50 a 120	50 a 152
Precisión de corte [mm]	±0,2	±0,5	±0,5	±0,015
Espesores máximos [mm]	1,2 a 20	1,2 a 15	3 a 15	4 a 15
Gramajes de papel [m2/g]	-	-	-	-
<b>Costo [U\$D]</b>	<b>40000</b>	<b>50000</b>	<b>25000</b>	<b>35000</b>

*Tabla 13. Opciones de máquinas cortadoras fuera de línea*

De las 4 (cuatro) opciones posibles se optó por avanzar con la **Máquina N°3** con el fundamento de que, en general, todas las opciones son muy similares, sus parámetros técnicos son aceptables en todos los casos, y por lo tanto se decidió avanzar con la máquina menos costosa.

### **Características de los equipos seleccionados**

- **Máquina tubera:** Dicho equipo requiere los siguientes servicios para su funcionamiento correcto:
  - 1 Energía eléctrica: El equipo consta de una serie de motores trifásicos eléctricos, por lo tanto, se requiere un suministro de energía eléctrica trifásica de calidad y capacidad adecuada. Dicha maquina deberá ser suministrada con una potencia de (30+1.1+1.5+1.1+Precalentador de adhesivo) [kW]
  - 2 Aire comprimido: Para el funcionamiento de los actuadores neumáticos, bomba a diafragma, entre otros componentes, se requiere de un suministro de aire comprimido de calidad y constante, a una presión nominal de 7 [Bar] y un consumo aproximado de 780 [L/min].
- **Maquina rebobinadora:** Dicho equipo requiere los siguientes servicios para su funcionamiento correcto:
  - 1 Energía eléctrica: Esta máquina se encuentra provista de dos motores trifásicos, uno para el accionamiento de la cortadora y otro destinado para suministrar energía a la bomba del sistema hidráulico. Para ellos es necesario una potencia de 23,2 [kW].
  - 2 Aire comprimido: El equipo requiere de aire comprimido de calidad para el correcto funcionamiento del sistema de frenado a una presión nominal de 7 [Bar] y un consumo aproximado de 0.02 [L/min].

- **Maquina cortadora fuera de línea:**

- 1 Energía eléctrica: Para su funcionamiento, la máquina requiere un motor eléctrico trifásico, el cual es el encargado de la rotación y traslación del tubo, como así también asegurar el movimiento de los mecanismos. Para generar esta acción, se requiere una potencia de 5.7[kW].
- 2 Aire comprimido: El circuito neumático en esta máquina es de suma importancia, ya que posee 3 actuadores, incluidos los de traslación, mecanismos y accionamiento de la cuchilla. Se requiere una presión nominal de 7 [Bar] y un consumo aproximado de 1500 [L/min].

#### **2.2.1.4 Equipamiento auxiliar**

Definido el equipamiento principal, el siguiente paso es determinar los sistemas, servicios y equipos necesarios para complementarlo. A continuación, se presenta una lista de los mismos:

- **Energía eléctrica:**

- 1 Celdas de media tensión: Se trata de equipos que se utilizan en MT (Media Tensión) para maniobra y control de circuitos, generalmente se instalan en conjunto (más de una) y entre sus funciones principales podemos destacar la posibilidad de conmutación, protección, aislamiento y control.
- 2 Transformador de tensión: Un transformador de tensión es una máquina electromagnética estática que cambia el nivel de tensión de un circuito eléctrico sin alterar la frecuencia. Consiste en dos bobinas conductoras acopladas magnéticamente a través de un núcleo de hierro. La tensión en el bobinado secundario depende de la relación entre el número de vueltas

en los bobinados (relación de transformación). Se utiliza para aumentar o reducir el voltaje en sistemas eléctricos.

- 3 Interruptor principal de baja tensión: Un interruptor principal de baja tensión es un dispositivo electromecánico diseñado para controlar y proteger un circuito eléctrico de baja tensión. Este interruptor generalmente se encuentra al principio de un panel eléctrico y se utiliza para conectar o desconectar el suministro de energía eléctrica al sistema. Su función principal es interrumpir la corriente eléctrica de manera segura en caso de sobrecargas, cortocircuitos u otras condiciones anormales, para proteger los equipos y prevenir daños. Además de su función de interruptor, puede incluir características adicionales como protección contra sobre corriente, señalización de estado y capacidades de monitoreo remoto para mejorar la seguridad y la eficiencia del sistema eléctrico.
  - 4 Aparata de baja tensión: Es el conjunto de dispositivos eléctricos utilizados para controlar, proteger y distribuir la energía eléctrica en sistemas de baja tensión, generalmente hasta 1000 [V] en CA. Esta aparata incluye una variedad de componentes tales como interruptores, contactores, relés de protección, fusibles, seccionadores, guardamotors, entre otros. Su función es garantizar un suministro eléctrico seguro y confiable, protegiendo los equipos y circuitos contra sobrecargas, cortocircuitos y otros eventos adversos.
- **Aire comprimido:** Es un conjunto de componentes destinados para capturar aire del medio ambiente y comprimirlo a una presión más elevada, almacenarlo y distribuirlo dentro de la nave industrial, con el fin de

suministrar a los equipos que lo requieran. Los componentes principales que forman el sistema de aire comprimido son los siguientes:

- 1 Compresor: Su función es aspirar el aire y elevar su presión hasta el punto requerido reduciendo su volumen. Existen diversos tipos, de pistón, centrífugos y a tornillo, siendo este último el más utilizado en la industria.
  - 2 Equipo de acondicionamiento de aire: Es el encargado para eliminar impurezas que contiene el aire extraído del medio ambiente, tales como partículas, vapor de agua o aceite, asegurando así un aire limpio y seco con el fin de evitar daños en los equipos que lo requieran. Se logra a través de un equipo enfriador de aire.
  - 3 Balón de aire: Depósito de aire comprimido acondicionado para suavizar la demanda del mismo ayudando a obtener una presión constante en el sistema y reducir ciclos de arranque del compresor, mejorando la eficiencia energética y vida útil de este.
  - 4 Red de aire comprimido: El aire se distribuye por una red de tuberías dentro del recinto hasta su punto de uso, a través de un accesorio denominado cuello de cisne, pasando por llave de bola y un sistema FRL (filtro regulador y lubricador).
- **Red contra incendio:** Conjunto de elementos destinados para controlar y evitar incendios mediante el uso de agua. Las partes principales de esta incluyen los siguientes elementos:
    - 1 Equipo de bombeo: Está constituido por un conjunto de bombas encargadas de proveer el caudal de agua necesario. Cuenta con una bomba encargada de mantener el sistema presurizado (jockey), una

bomba principal y una de respaldo, conectadas entre sí por colectores de entrada y salida, válvulas e instrumentos de mediciones.

- 2 Equipo de respaldo de energía eléctrica: Motor a combustión vinculado con un alternador para proveer energía eléctrica ante un eventual fallo en el suministro eléctrico durante un incendio.
  - 3 Tanque de reserva: cisterna que contiene agua capaz de abastecer las bombas durante un tiempo establecido, pueden ser tanques de plástico, piletas de hormigón o lagos naturales, siendo este último utilizado para grandes volúmenes que justifica su uso.
  - 4 Red de hidrantes y rociadores: Distribución de agua presurizada mediante caños a través del recinto, proporcionando puntos de acceso para los bomberos y gabinetes con mangueras. Por otra parte, los rociadores están conectado por medio de una malla bajo del techo del edificio.
  - 5 Sistema de control: Es el encargado de detectar incendios a través de información brindada por sensores de humo, temperatura o accionadores manuales, con el fin de activar alarmas y controlar el funcionamiento del equipo de bombeo.
- **Auto elevador:** Es un vehículo industrial motorizado destinado para manipular cargas pesadas, deben ser operados por operarios capacitados.
  - **Equipo de secado:** Dicho equipo representa un componente esencial en el proceso de producción, para la reducción de la humedad de los tubos a niveles específicos, asegurando de esta manera su calidad. El mismo este compuesto por los siguientes elementos:

- 1 Estructura: La encargada de sostener y proteger todos los componentes internos del equipo.
- 2 Sistema de extracción de humedad: Utiliza un mecanismo específico para eliminar la humedad generada en el proceso productivo, la misma puede lograrse mediante calefacción por resistencias, ventiladores o sistemas de aire acondicionado.
- 3 Sistema de control: Incorpora dispositivos para ajustar y mantener la temperatura optima, como así también, permite monitorear y ajustar los parámetros del proceso de secado.

## Selección de equipamiento auxiliar

Según el equipamiento principal seleccionado, se tiene en total una potencia instalada de aproximadamente 290 kW, dato que se obtiene de sumar las respectivas consideraciones de cada carga en la siguiente.

Tabla de consumos		
Área	Cargas	kW
Equipamiento industrial	Motor principal Tubera	30,0
	Motor cortador de tubos en línea	1,5
	Motor porta bobina	1,1
	Motor para mod. Angulo	1,1
	Motor cortador de tubos fuera de línea	5,7
	Pre calentador de adhesivo + calentador interior + calentador exterior	7,8
	Rebobinadora (cortadora)	11,0
	Rebobinadora (bomba hidráulica)	2,5
	Compresor	45,0
	Secador enfriador de aire	2,0
	Bomba principal Red contra incendio 100 HP	75,0
	Bomba jockey - Red contra incendio 5,5 HP	5,5
	Iluminación	12,0
Equipamiento laboratorio	Computadora	0,4
	A/A para temperatura controlada	4,0
	Máquina para ensayo	15,0
	Iluminación	1,0
Oficinas	Computadora (x7)	2,8
	A/A (x3)	12
	Impresoras	2,0
	Iluminación	2,0
<b>Caso excepcional (Incendio)</b>		<b>239,4</b>
<b>Con simultaneidad (0,7)</b>		<b>164,4</b>

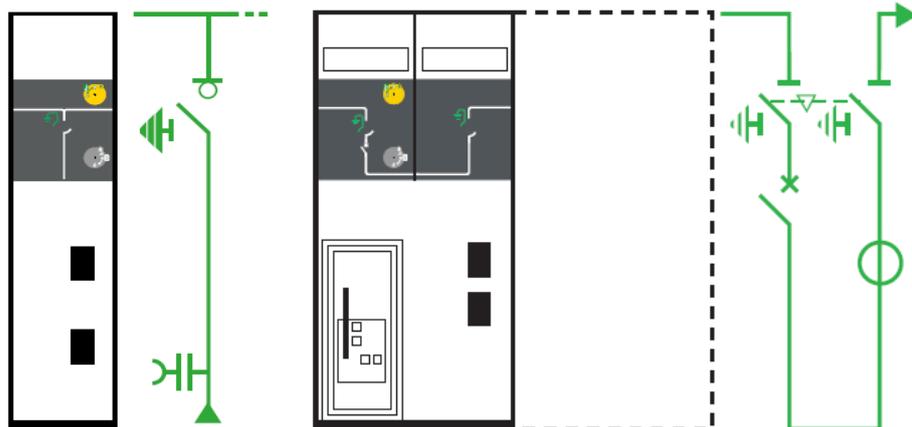
Tabla 14. Tabla de cargas preliminares

Acorde a la Tabla 12, teniendo en cuenta el consumo de 1 (una) línea de producción (alrededor de 50 kW), considerando un margen para 1 (una) línea de producción futura (50 kW), y resguardando un 30% de la carga acumulada para reserva (86,82 kW), la **carga total** para seleccionar el resto del equipamiento eléctrico será de aproximadamente **376,22 kW**.

## Selección de celdas de MT

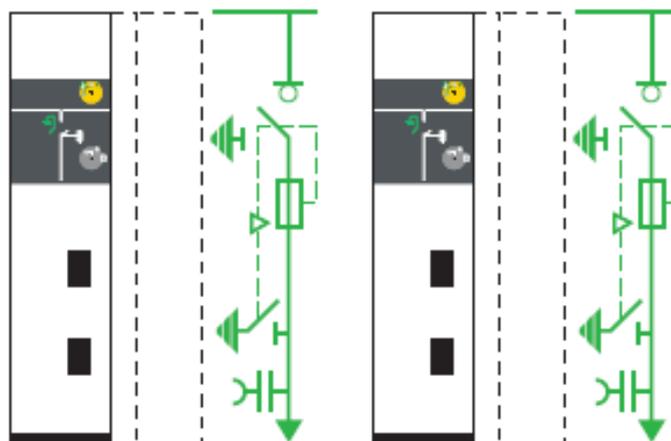
Las celdas de MT se seleccionarán según la función que deban cumplir (seccionar, proteger, medir, etc), según la demanda eléctrica de las cargas, del nivel de tensión nominal, y del espacio requerido. Dado que el mercado eléctrico distribuidor comercializa energía en 13,2 kV, y no tenemos restricción de espacio, se opta por avanzar con 1 (un) tablero de MT que contenga los siguientes equipos:

1. 1 (una) celda seccionadora **SM6 24kV IM375** (Ilustración 9)
2. 1 (una) celda interruptora **SM6 24kV DM2-750** (Ilustración 10)
3. 2 (dos) celdas seccionadoras fusible **SM6 24kV QM-375** (Ilustración 11)



*Ilustración 9. Celda Seccionadora IM*

*Ilustración 10. Celda Interruptora DM2*



*Ilustración 11. Celdas Seccionadoras Fusibles QM*

La preselección de estos equipos se basa en los siguientes aspectos:

### **Funcionalidad**

- **Celda IM:** Se selecciona una celda IM-375 para ingreso de alimentación debido a que la misma es extensible, y permite el seccionamiento para trabajar de forma segura aguas abajo de la misma.
- **Celda DM2:** Se selecciona una celda DM2 con el fin de brindar una protección general a todos los circuitos de MT que se necesiten en la instalación. La misma permite contar con protección por sobrecorriente regulable, mando motorizado (lo que permite la apertura/cierre a distancia) y el remonte a celdas acopladas a su izquierda.
- **Celdas QM:** Se seleccionan dos celdas QM con el objetivo de ocupar una de ellas para la alimentación del transformador principal de la planta. La misma cuenta con protección por sobrecorriente en función del fusible de MT que se le instale. La segunda celda fusible se coloca como reserva equipada del tablero de MT.

### **Compatibilidad**

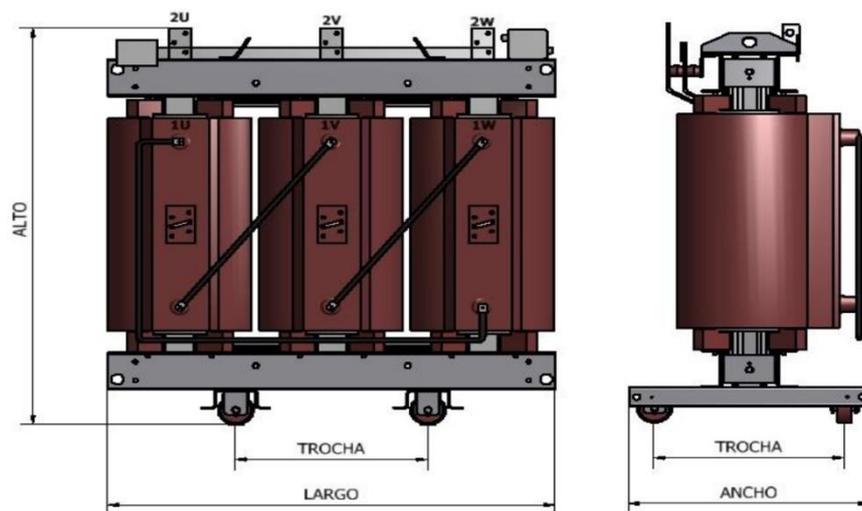
Desde el punto de vista eléctrico, todas las celdas son compatibles con el nivel de tensión que proviene de la red del distribuidor, hasta se guarda una cobertura, dado que la tensión de alimentación es 13,2kV y todas las celdas están diseñadas para 24kV.

En lo que respecta a la corriente, la Inominal del transformador a colocar será de aproximadamente 21,8 [A] en 13,2kV, todas las celdas cumplen holgadamente esta intensidad dado que las celdas IM y DM2 tienen una Inominal = 630 [A] y las celdas QM tienen una Inominal = 200 [A] y limitada por el fusible a colocar.

Desde el punto de vista físico, las celdas SM6 son más voluminosas que unas celdas RM6 por ejemplo, dado que esta última se vende como una solución más compacta. Sin embargo, al no existir restricción física en la instalación debido a que se construirá en una sala a medida, la solución de las celdas SM6 es totalmente viable.

### **Selección de transformador de tensión**

Para la selección de esta máquina eléctrica se tomó como dato base a la carga total consideradas las futuras ampliaciones y reservas (376,22 kVA). A partir de esto, se define utilizar un transformador de tipo seco encapsulado de 500 kVA de potencia nominal, en la **Ilustración 12** se presenta una imagen representativa.



*Ilustración 12. Transformador de tensión*

### **Selección de interruptor principal de BT**

Con respecto al interruptor principal que estará montado en el TGBT (Tablero General de Baja Tensión), en primera instancia se selecciona un equipo de 4x800 [A] y poder de corte 50 kA, con funciones de protección ante sobrecargas o cortocircuitos, se presenta gráficamente en la **Ilustración 13**.



*Ilustración 13. Interruptor principal de baja tensión*

### **Aparamenta de BT**

Este equipamiento estará comprendido por todos aquellos dispositivos eléctricos de control y maniobra que se encuentran aguas abajo del interruptor principal de baja tensión. Algunos equipos estarán montados en el TGBT alimentándose del Busbar principal, tales como los interruptores generales de la máquina tubera y de la máquina rebobinadora, en ambos casos se decide colocar interruptores tetrapolares con protección térmica y magnética de 4x100A.



*Ilustración 14. Interruptor tetrapolar de 100A*

Dentro de la aparamenta se considerará colocar tableros seccionales con el objetivo de contar con selectividad, menor exigencia en el TGBT y facilidad de operación y mantenimiento. Algunos de los grupos de cargas que ameritan colocar tableros seccionales son las oficinas, la red contra incendios, y servicios auxiliares. Se

contemplará un grupo variado de contactores, guardamotores, pilotos y demás a fines de estimar un costo aproximado.



*Ilustración 15. Aparamenta de baja tensión*

### **Selección red contra incendios**

A continuación, se describirá los elementos que utilizaremos en la red contra incendios, los cuales están compuestos por:

- **Equipo de bombeo:** Dentro de los equipamientos que posee la empresa en la nave industrial es el cuadro de bombeo, se trata de un sistema paquetizado compuesto por dos bombas marca **Grundfos modelo NK 80-250/263**, una primaria y una de respaldo en caso de fallo o que se requiera mantenimiento de alguna de ellas. El caudal nominal de estas bombas principales es de 120 [m<sup>3</sup>/h] y una presión nominal de 10 [kg/cm<sup>2</sup>], las mismas son alimentadas por un motor trifásico de 100 [HP]. Por otra parte, este sistema cuenta con una bomba de sobrepresión, también conocida como bomba jockey, la cual se trata de un equipo centrifugo vertical multietapa, evita la puesta en marcha de la bomba principal ante pérdidas de presión no significativas. El caudal nominal

correspondiente a la jockey es de 6 [m<sup>3</sup>/h] con una presión nominal de 10 [kg/cm<sup>2</sup>], impulsada por un motor eléctrico de 5.5 [HP].

Este equipo se lo denomina paquetizado debido a que los elementos que componen el equipo, bombas, tanque hidroneumático, colectores de aspiración y descarga, válvulas, presostatos, manómetros, tableros de comando, están montados sobre una base perfilada única, tal como se muestra en la **Ilustración 16**.



*Ilustración 16. Sistema paquetizado de bombeo*

- **Equipo de respaldo de energía eléctrica:** Se debe asegurar la alimentación de energía eléctrica para que el sistema pueda funcionar correctamente ante un eventual incendio, por lo tanto, en caso de una falta de suministro de ésta por parte del proveedor de servicio eléctrico, se necesitará una fuente generadora externa encargada de suplir dicho servicio. Para esto, será necesario un motor

generador diésel **Cat modelo DE110E2** de 120 [HP] (**Ilustración 17**)

vinculado con un generador capaz de producir 110 [kVA] de potencia eléctrica.



*Ilustración 17. Motogenerador diésel*

- **Tanque de reserva:** A modo general, la norma NFPA establece que ante un eventual siniestro se debe tener un reservorio de agua para abastecer el equipo de bombeo durante al menos un lapso de 60 minutos ininterrumpidos, por lo tanto, al tratarse de un sistema paquetizado equipado con bombas principales de 120 [m<sup>3</sup>/h] se requeriría un reservorio de 120 [m<sup>3</sup>] de agua, para ello, se seleccionan dos cisternas de 60[m<sup>3</sup>] cada uno (**Ilustración 18**). Este aspecto se analizará con más profundidad en la etapa de ingeniería en detalle.



*Ilustración 18. Cisternas*

- **Red de hidrantes y rociadores:** La red de cañerías, la cual será la encargada de transportar el agua a presión desde el equipo de bombeo a la red de hidrantes y rociadores, así como también accesorios y piezas deben ser capaces de soportar al menos un 50% de la presión máxima del sistema, por lo tanto, se utilizarán cañerías de hierro negro con costura IRAM 2502 y accesorios normalizados bajo norma, los mismos serán montados a partir del layout correspondiente de la nave industrial también bajo norma. Por otra parte, para la red de hidrantes, conocidas como boca de incendio equipada (BIE), contienen un gabinete metálico, mangueras lanzas, llave de ajuste y válvula tipo teatro, mientras que los rociadores serán de tipo pendientes o colgante. Como se nombró anteriormente, la cantidad y características técnicas tanto de los rociadores (**Ilustración 20**) como de los equipos BIE (**Ilustración 19**) serán seleccionados a partir de las normas correspondiente en el apartado de ingeniería en detalle.



*Ilustración 19. Equipo BIE*



*Ilustración 20. Rociadores*

- **Sistema de control:** El sistema de control estará conformado por una central de detección de incendios, sensores de humo fotoeléctrico, estaciones de disparo manuales y sirenas de aviso exterior e interior. También establecidos bajo norma y serán desarrollados con mayor detalle en el apartado siguiente.



*Ilustración 21. Elementos de control*

### **Selección autoelevador**

Los parámetros que se deben tener en cuenta para la selección de éste estarán vinculados con la manipulación del material para el cual será destinado, se trata de materiales discretos tales como bobinas de papel, rodellas, pallets con tubos de cartón y cargas en general dentro de la fábrica. Por lo tanto, los pesos máximos a manipular son de aproximadamente 2000 [kg] y una altura no superior a los 3 metros. Para el manejo de bobinas de papel, se necesita un cabezal tipo mordaza, siendo también necesario un segundo equipo con cabezal tipo horquilla.

Se seleccionan entonces dos autoelevadores de la marca Toyota, modelo 62-8FDK25 Diesel con una capacidad de carga nominal de 2.5 toneladas.



*Ilustración 22. Autoelevador 2.5Tn*

### **2.2.1.5 Solicitud de suministro de energía eléctrica**

Anteriormente, se realizó la prefactibilidad técnica obteniendo la potencia eléctrica instalada aproximada, siendo ésta 290 [kW]. Se eleva documentación pertinente al ente proveedor de energía eléctrica con la finalidad de solicitar el suministro eléctrico, la documentación a presentar es una copia legalizada del título de propiedad o contrato de locación sellado por DGR, fotocopia del poder del firmante, acta de constitución de la sociedad, aportar el número de CUIT, completar solicitud de suministro (tarifa-demanda) y constancia de inscripción en el registro de industrias de la provincia.

A lo que corresponde la clasificación de consumo, se solicita vinculación en media tensión (13.2[kV]) tipo de consumidor grandes demandas (tarifa 3), los cuales son para potencias mayores o iguales a 30 [kW], dentro de éste se encuentran 3 rangos de tarifas:

- Mayor a 10 y menor a 300 [kW]
- Mayor e igual a 300 [kW] (entes públicos, salud, educación)
- Mayor e igual a 300 [kW] (generales)

Para nuestro caso nos encontramos dentro del primer rango nombrado, solicitando una potencia contratada de 290 [kW] con picos de 299 [kW].

Si bien en un principio solicitamos contratar T3 hasta 300 kW, se debe aclarar que para el pedido de prefactibilidad se realiza considerando un consumo superior debido a expansiones futuras de la nave industrial, por lo tanto, se solicita para un suministro de 500 [kW]. Siendo la respuesta de Enersa de carácter favorable, remarcando que es necesario realizar una obra mínima para atender nuestra solicitud, la cual corresponde a realizar zanjeo y tendido de cable subterráneo de 15 [kV].

Para atender la solicitud el monto previo a la conexión independientemente de los trabajos a realizar se deberá abonar el derecho de conexión, siendo este de 123 [u\$d]. Por otra parte, el presupuesto final a cargo de la empresa para realizar obras y suministro eléctrico corresponde a un total de 68959 [u\$d]. Además, el monto total nombrado, se encuentra sujeto a eventual reembolso en un plazo máximo de 5 años el cual se detalla en la tabla 14.

<b>Reembolso</b>	
Total kW-mes en punta a devolver por 5 años [kW]	32590
Total kW-mes fuera de punta a devolver por 5 años [kW]	32590
Potencia de corte en punta [kW]	308
Potencia de corte fuera de punta [kW]	308
Paga en punta [u\$d/kW-mes]	0.92
En lugar de [u\$d/kW-mes]	3.93
Paga fuera de punta [u\$d/kW-mes]	0.92
En lugar de [u\$d/kW-mes]	3.93
Cantidad de meses para devolución	47

*Tabla 15. Reembolso de Enersa*

### 2.2.1.6 Layout

En este apartado se define de manera estratégica y eficiente la distribución en planta de los equipos y materiales necesarios para la etapa operativa del proyecto.

Según (Platas García & Cervantes Valencia, 2014), la distribución de planta se define como *“la técnica de ingeniería industrial que estudia la colocación física ordenada de los medios industriales, como el movimiento de materiales, equipo, trabajadores, espacio requerido para el movimiento de materiales y su almacenamiento...”*.

Planear una distribución de planta da como resultado el uso adecuado de los recursos existentes, ya sea espacio, mano de obra, maquinaria o equipo, así como los servicios auxiliares, con lo que se asegura la eficiencia y seguridad necesarias en un ambiente de trabajo. Considerando lo anterior, se planifica un flujo de materiales teniendo en cuenta la simbología de Tabla 15 establecida por la ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).

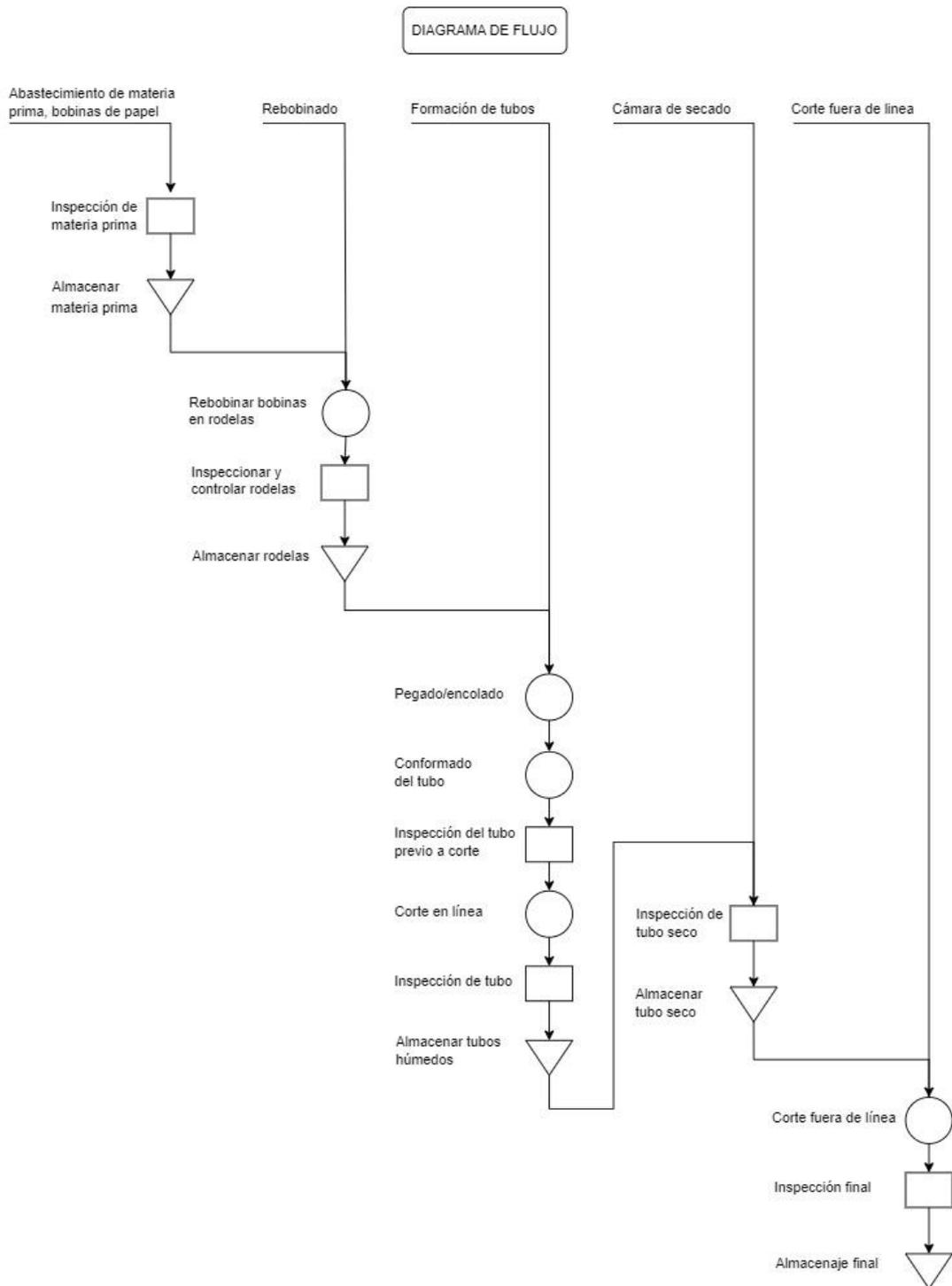
Símbolo	Acción	Resultado
○	Operación	Produce o termina
→	Transporte	Movimiento
□	Inspección	Verifica
D	Espera	Interfiere
▽	Almacenamiento	Conserva

Tabla 16. Simbología ASME para flujo de operaciones

## **Flujo de materiales**

Para representar de forma clara y concreta el flujo de materiales que tendrá lugar en la planta productiva se utiliza lo que se denomina **diagrama de flujo**, que a fines prácticos se representarán en el flujo solo las operaciones, inspecciones y almacenamientos.

Se presenta el diagrama de flujo de materiales en la **Ilustración 23**, se debe considerar que en este diagrama se presenta una línea productiva completa, en el caso de agregar otra línea (como está previsto en la ampliación) el flujo de materiales es el mismo.

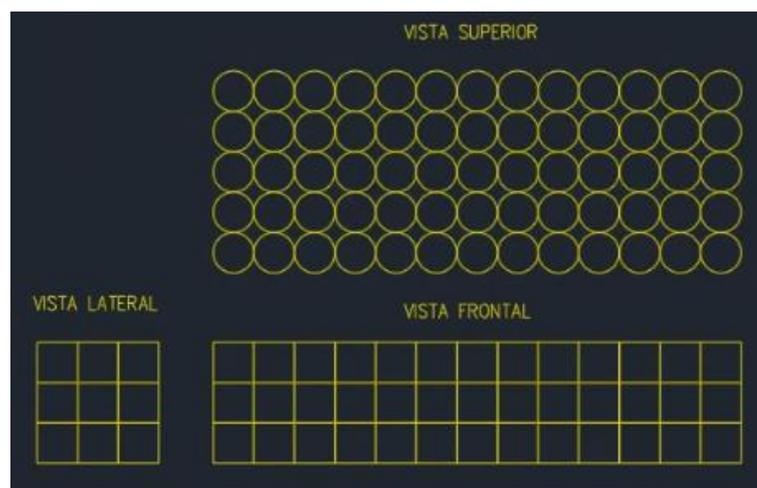


*Ilustración 23. Diagrama de flujo operativo*

Definido el diagrama de flujo de materiales, ya se tienen las primeras condiciones para comenzar a plantear algunas opciones de layout en planta.

Para completar las condiciones, se debe definir la cantidad de materia prima (bobinas de papel y adhesivo) que ingresará a la planta para ser almacenado previo a ingresar a la línea productiva, se asume que la misma arribará en frecuencias semanales. Acorde con los datos de producción preliminar indicados en **Tabla 9**, la planta procesará alrededor de 650 [tn] de tubo mensuales, lo que requerirá 147 [tn] de papel semanales (considerando que el 90% del peso del tubo es cartón y el otro 10% es adhesivo). Dado que cada rodela para formar tubo pesa 80 [kg], se necesitarán 1838 rodela, si de cada bobina se extraen 10 rodela, entonces serán necesarias alrededor de 184 bobinas de papel.

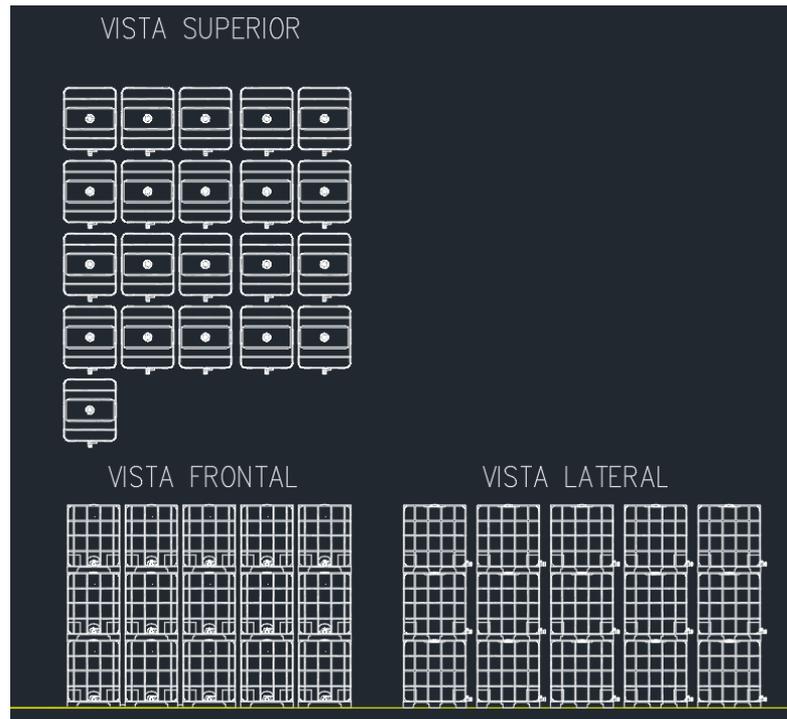
Teniendo en cuenta que, en promedio, las bobinas de papel que arribarán serán de Ø1200mm x 1200mm de altura, las mismas serán estivadas de hasta 3 (tres) unidades una sobre otra, y estarán distribuidas de manera matricial en 5 filas x 13 columnas (Ilustración 24), sumando un total de 195 bobinas de papel, capacidad suficiente para abastecer una semana de producción y previendo una reserva de 12 bobinas por cualquier imprevisto.



*Ilustración 24. Acopio de bobinas de papel*

En lo que respecta al adhesivo, el nivel de stock que tendremos que considerar será de unas 62 [tn] mensuales, lo que implica unas 15,5 [tn] semanales. Considerando

que cada bin de adhesivo contiene 1020 [l] y su densidad es de 1,078 [kg/l], tendremos que cada bin de adhesivo pesa alrededor de 1100 [kg]. Lo cual nos lleva a plantear que, aproximadamente, se necesitarán 56 bins de adhesivo por semana. Esta materia prima será estivada de forma matricial en 4 filas x 5 columnas x 3 bins de altura, mas 3 bins que quedaran uno arriba del otro fuera de la matriz, acorde a la **Ilustración 25**.



*Ilustración 25. Acopio de bins*

Una vez que el tubo pasó su etapa de formación en la máquina tubera se procede a la etapa de secado. En esta etapa se utilizará una cámara de secado de tipo autoportante que se encarga de recibir los tubos a medida que salen de la tubera, con el fin de quitarles la humedad del proceso y dejarlos listos para acopio o despacho. El tiempo transcurrido entre que el tubo sale de la formadora, entra al secado, sale del mismo y eventualmente entra a una etapa de corte fuera de línea. es de aproximadamente 2 días. Esto es muy importante dado que, en este tiempo, la máquina tubera continuó produciendo tubos y ambas producciones deberán poder acopiarse en planta de forma simultánea hasta su despacho.

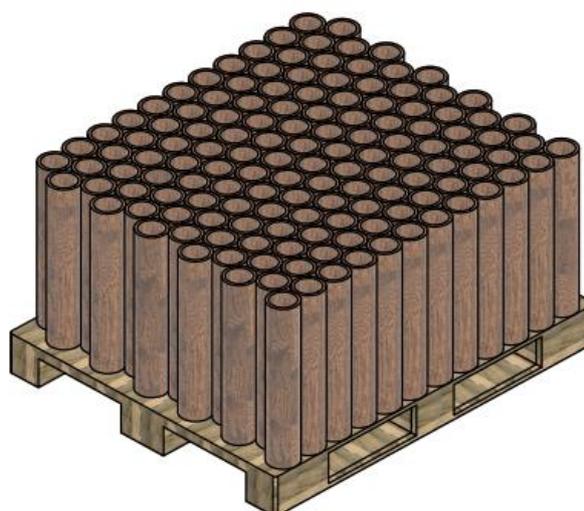
Para determinar la cantidad de tubos a acopiar post secado se debe analizar qué cantidad de tubos se van a producir semanalmente, y cuál sería la combinación más crítica de ellos que implique la máxima ocupación de área en planta.

Acorde a la **Tabla 9**, la combinación más crítica de producción se dará cuando, en una misma semana, se haya producido el total (100%) de los tubos industriales pesados estándar de Ø4", Ø6" y el 20% de los tubos stretch de Ø3", la **Tabla 16** muestra la información importante de esta combinación a tener en cuenta para organizar el layout:

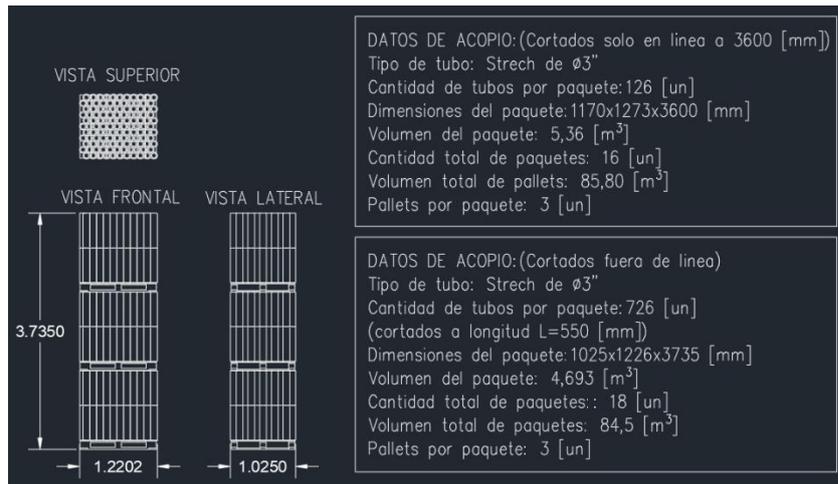
Tipo de tubo	Cantidad producida [%]	Cantidad producida [tn]	Cantidad producida [tubos]	Longitud por tubo [mm]
Estándar Ø4"	100	100,60	4475	6000
Estándar Ø6"	100	88,40	2917	6000
Stretch Ø3"	20	44,34	3860	3600

*Tabla 17. Combinación crítica de producción*

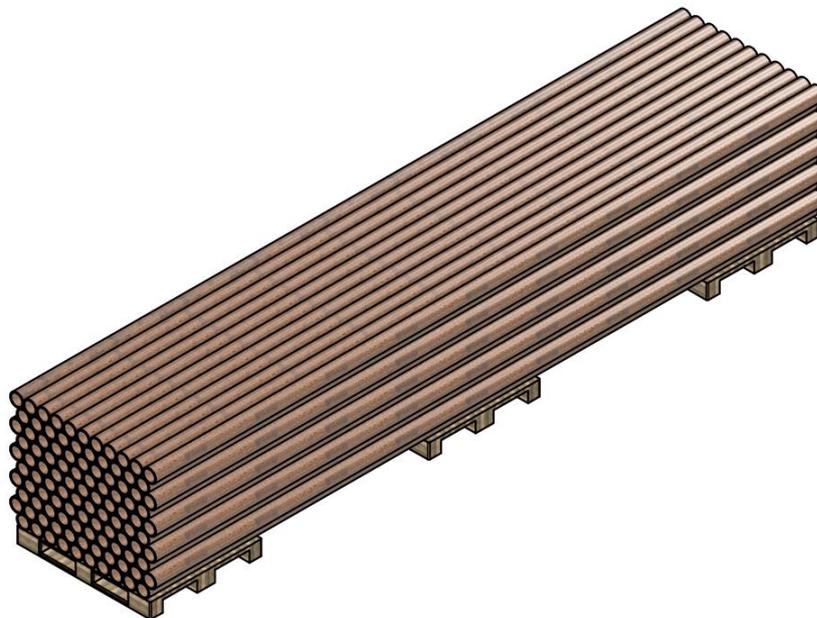
Todos los tubos se acopiarán sobre pallet de dimensiones normalizadas (1200x1000x145 [mm]), sujetos por zunchos de tipo fleje plástico de polipropileno de 19 [mm] de ancho y tensados por hebillas metálicas, acorde a como se muestra en la **Ilustración 26, 28 y 30**.



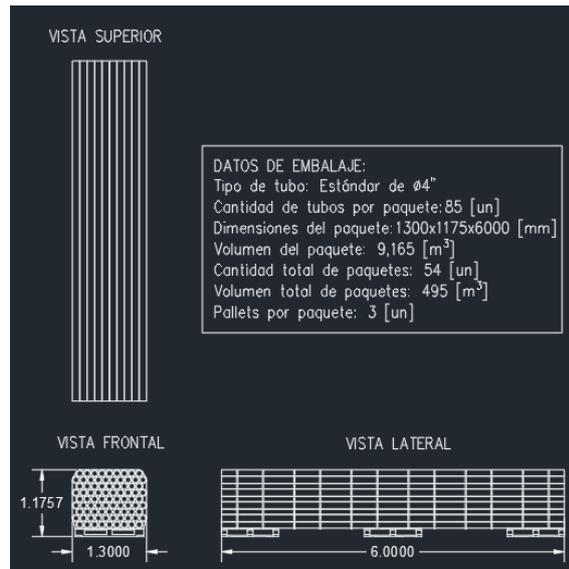
*Ilustración 26. Paletizado tubos de 3"*



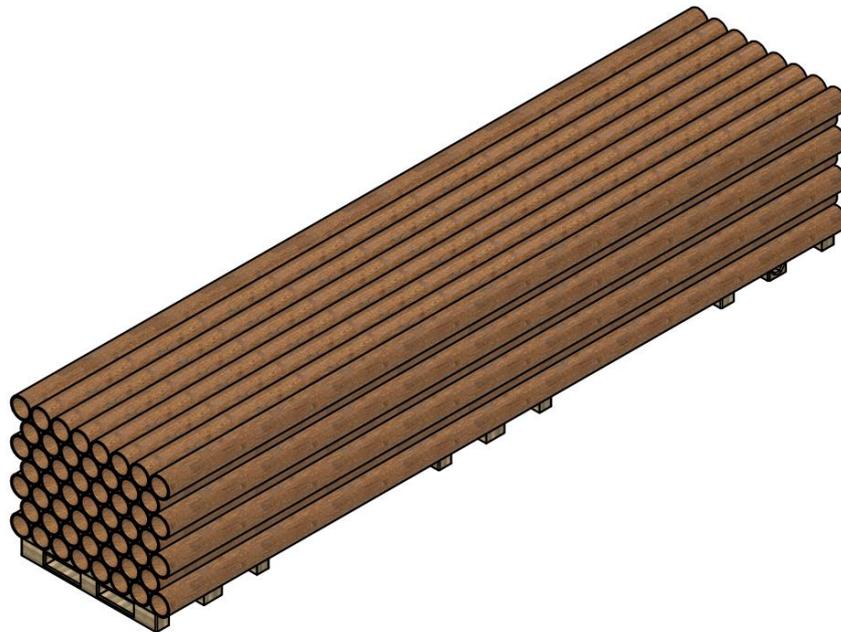
*Ilustración 27. Acopio de tubos stretch Ø3"*



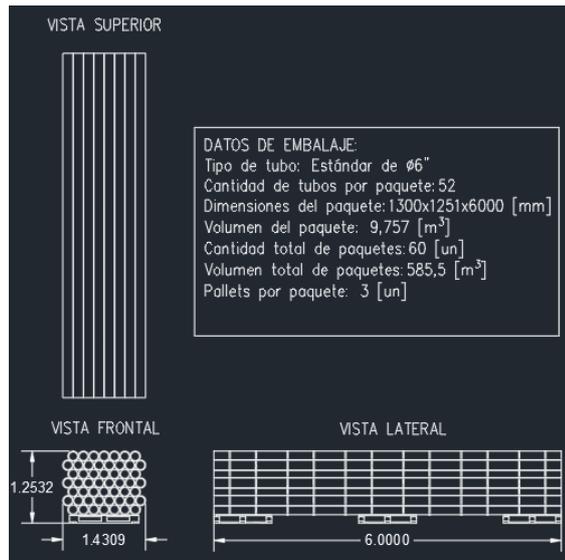
*Ilustración 28. Paletizado tubos de 4"*



*Ilustración 29. Acopio de tubos estándar de Ø4"*



*Ilustración 30. Paletizado tubos de 6"*



*Ilustración 31. Acopio de tubos estándar de Ø6"*

### Opciones de Layout

Considerando las relaciones entre operaciones y materiales mostrado en el **flujo de materiales** de la **Ilustración 22**, y teniendo en cuenta las dimensiones de acopio en planta de todos los materiales mostrados en la **Ilustración 23, 24, 25, 26, y 27**, se tienen todas las condiciones para plantear opciones de layout.

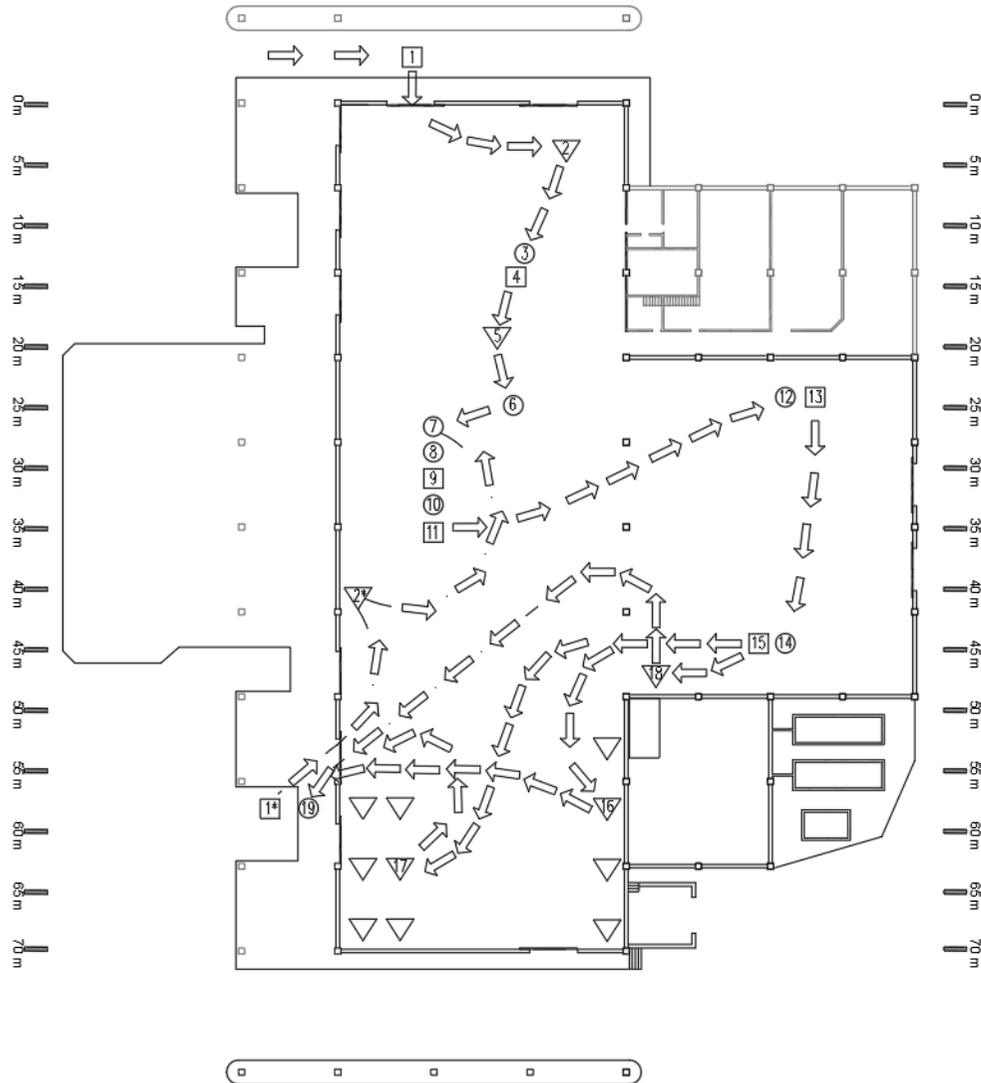
En la **Ilustración 28, 29, 30 y 31** se proponen 4 (cuatro) configuraciones diferentes de distribución en planta, en estas ilustraciones se presenta la vista en planta del plano civil, donde a la izquierda se muestra una imagen esquemática del flujo de materiales y a la derecha una imagen topográfica de como estarán dispuestos los equipos y materiales en la fábrica.

Estas opciones se evaluarán en profundidad en la **Tabla 18** para determinar cuál es la más eficiente y segura desde el punto de vista operativo. Las referencias para las imágenes topográficas serán tomadas de la **Tabla 17**:

Símbolo	Referencia	Cantidad	Unidad
A	Acopio de bins de adhesivo	63	[bins]
B	Acopio de bobinas de papel	195	[bobinas]
C	Máquina rebobinadora	1	[máquina]
D	Acopio de rodela de papel	30	[rodela]
E	Máquina tubera	1	[máquina]
F	Cámaras de secado	2	[cámaras]
G	Equipo de corte fuera de línea	1	[máquina]
H	Acopio de tubos de stretch Ø3" [L=0,55m]	15336	[tubos]
I	Acopio de tubos estándar de Ø6" [L=6m]	3120	[tubos]
J	Acopio de tubos estándar de Ø4" [L=6m]	4590	[tubos]

*Tabla 18. Referencias de layout*

VISTA EN PLANTA-FLUJO DE OPERACIONES



VISTA EN PLANTA-DETALLE TOPOGRÁFICO

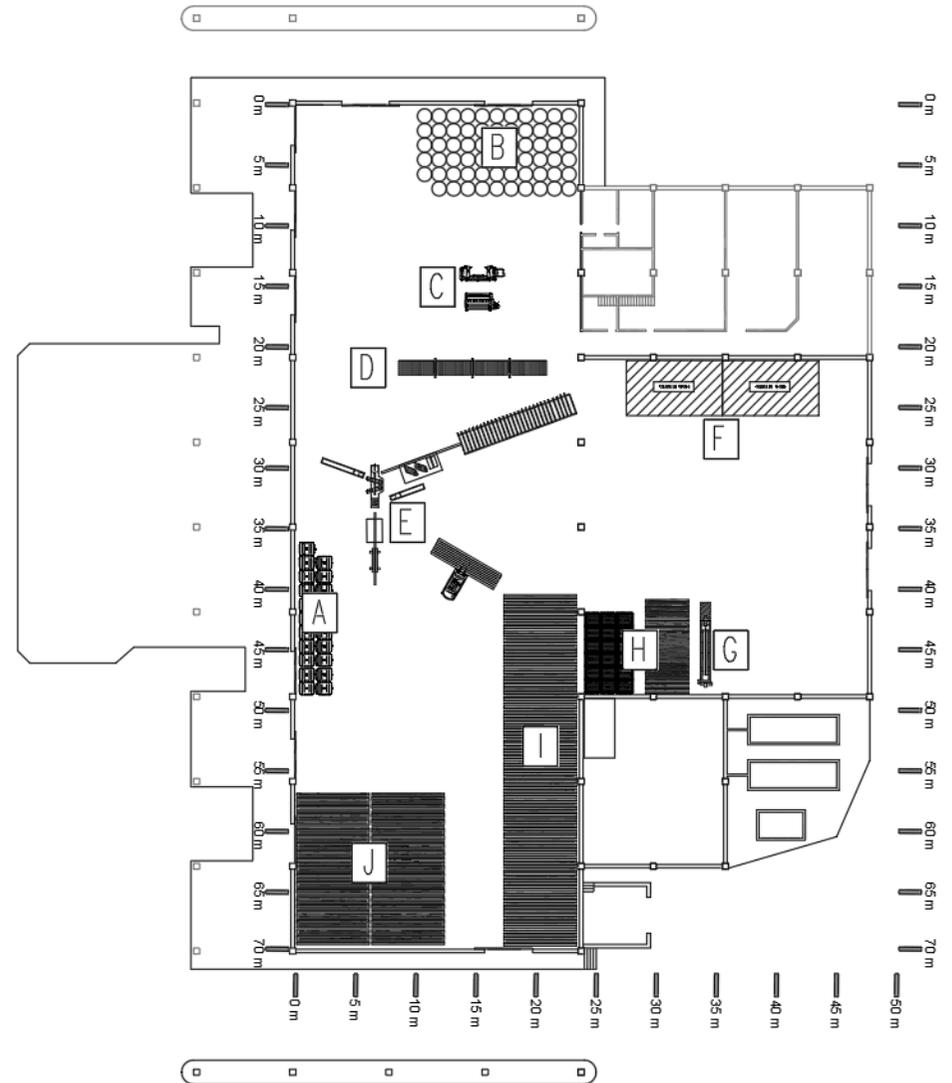
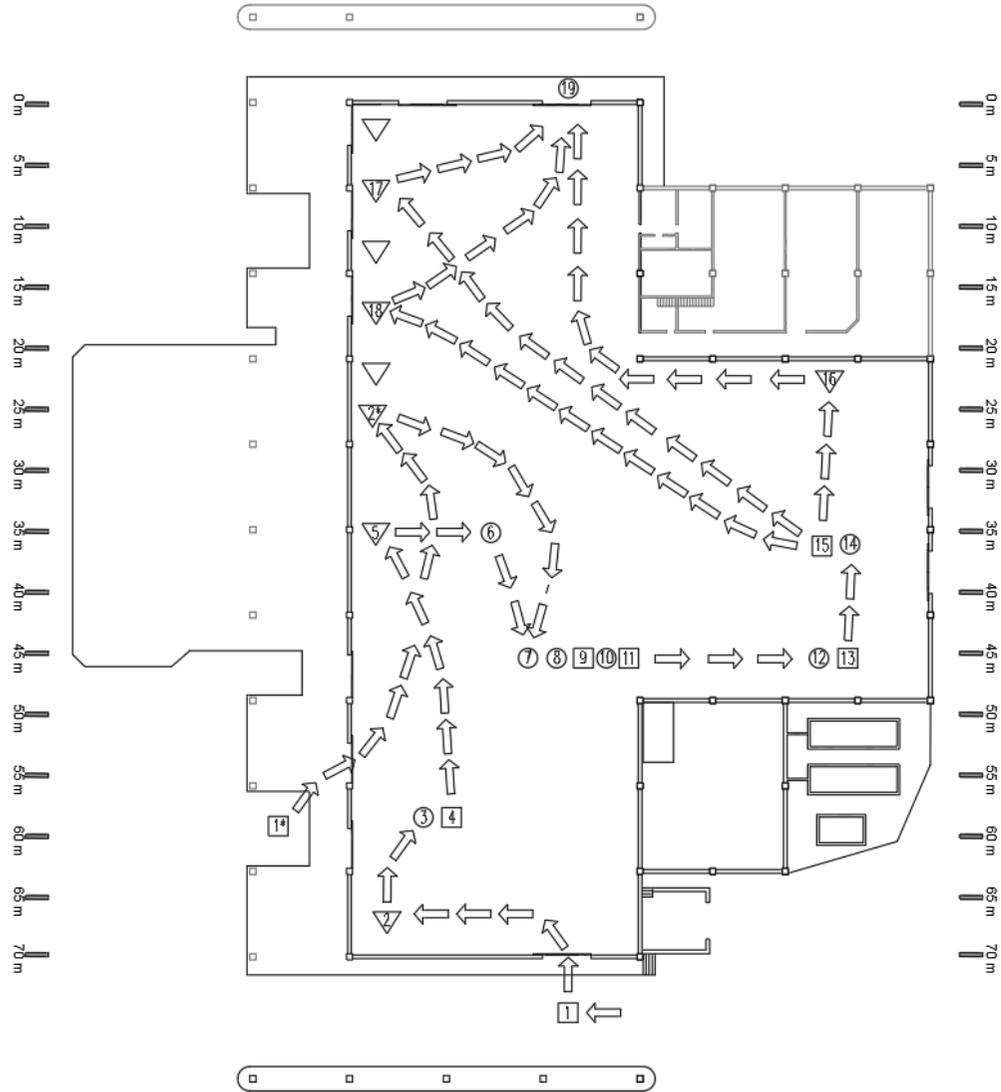


Ilustración 32. Layout opción 1

VISTA EN PLANTA-FLUJO DE OPERACIONES



VISTA EN PLANTA-DETALLE TOPOGRÁFICO

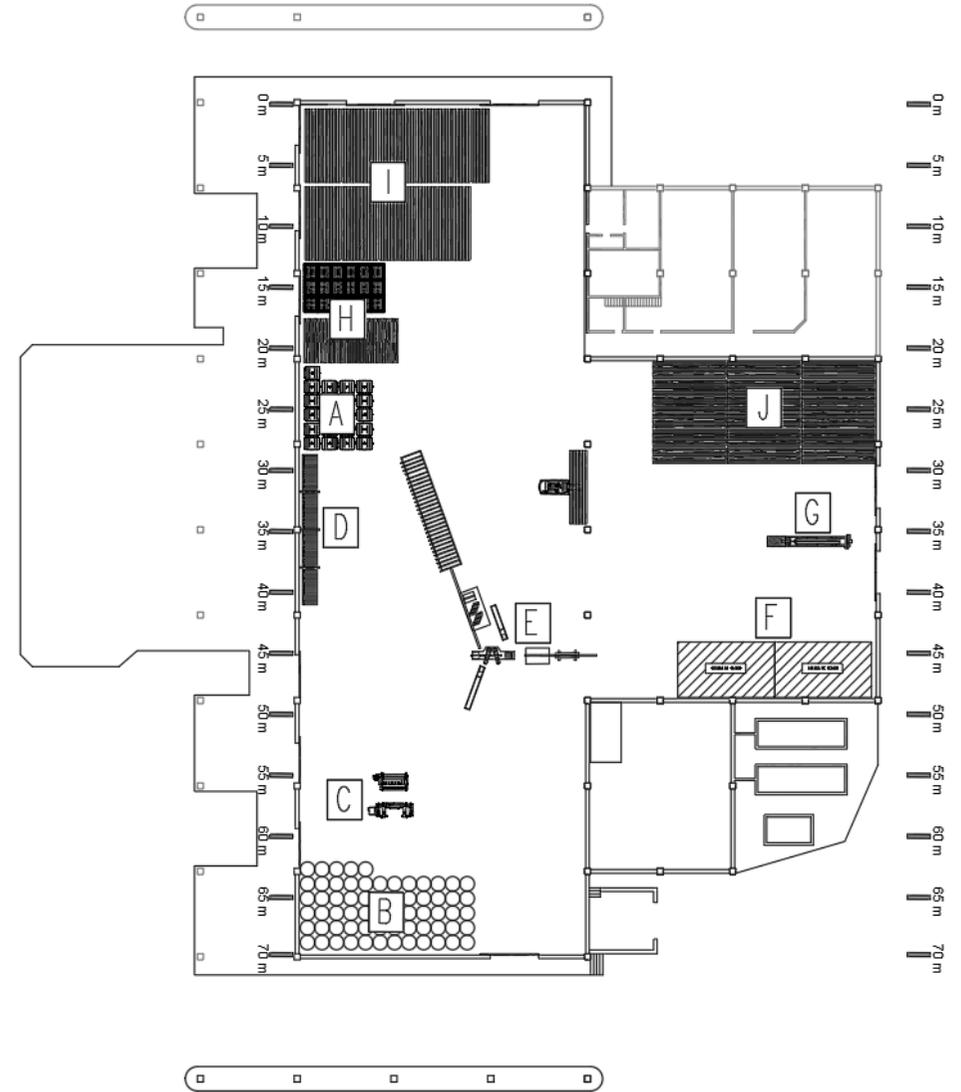
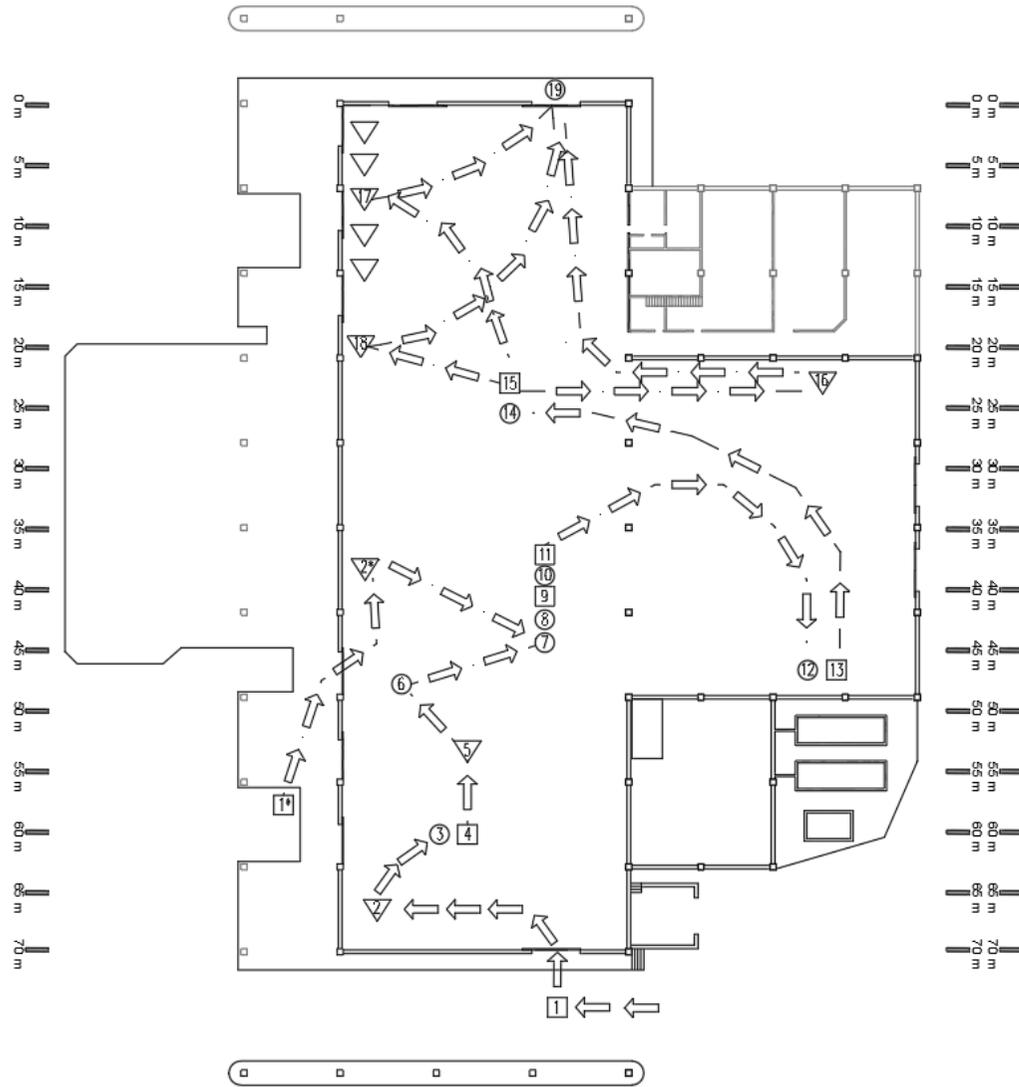


Ilustración 33. Layout opción 2

VISTA EN PLANTA-FLUJO DE OPERACIONES



VISTA EN PLANTA-DETALLE TOPOGRÁFICO

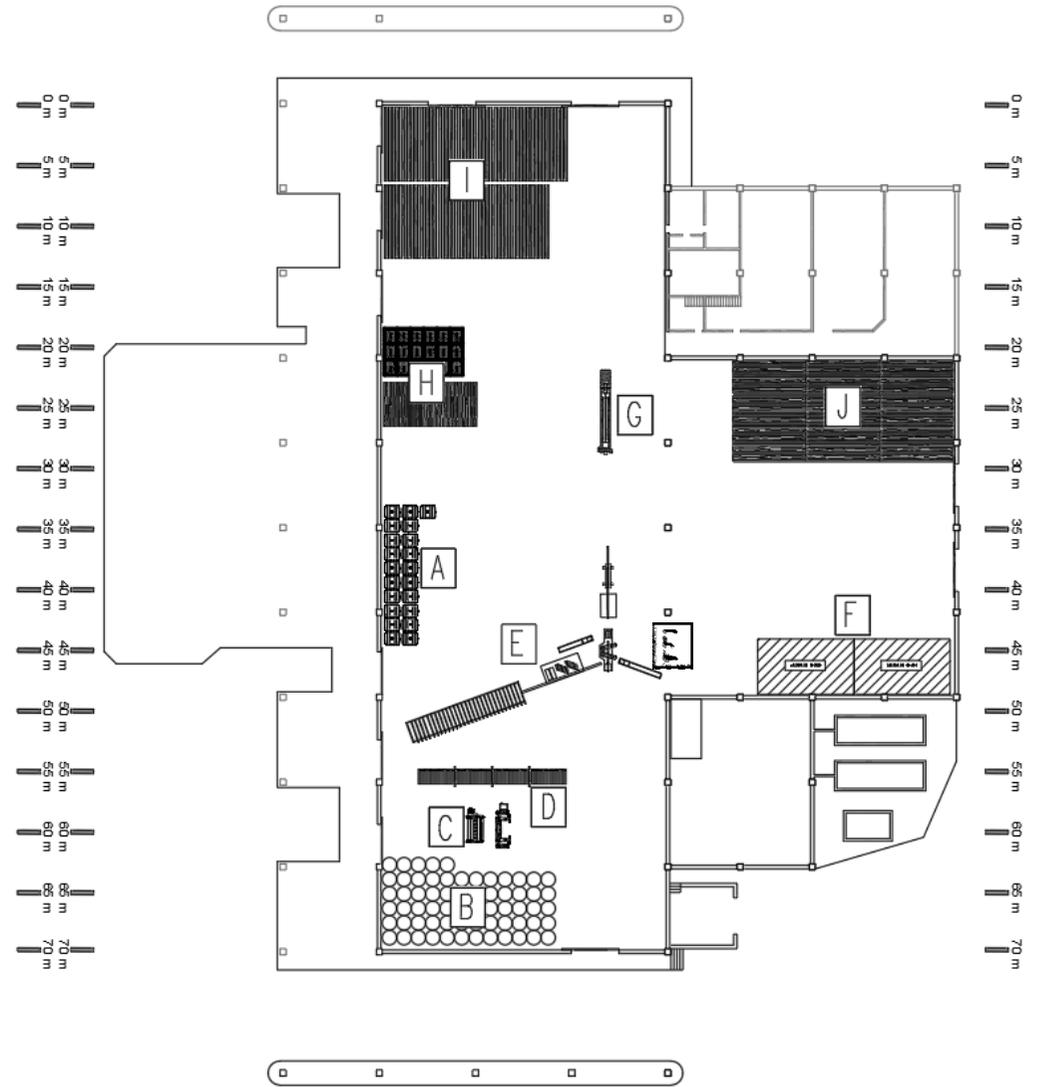
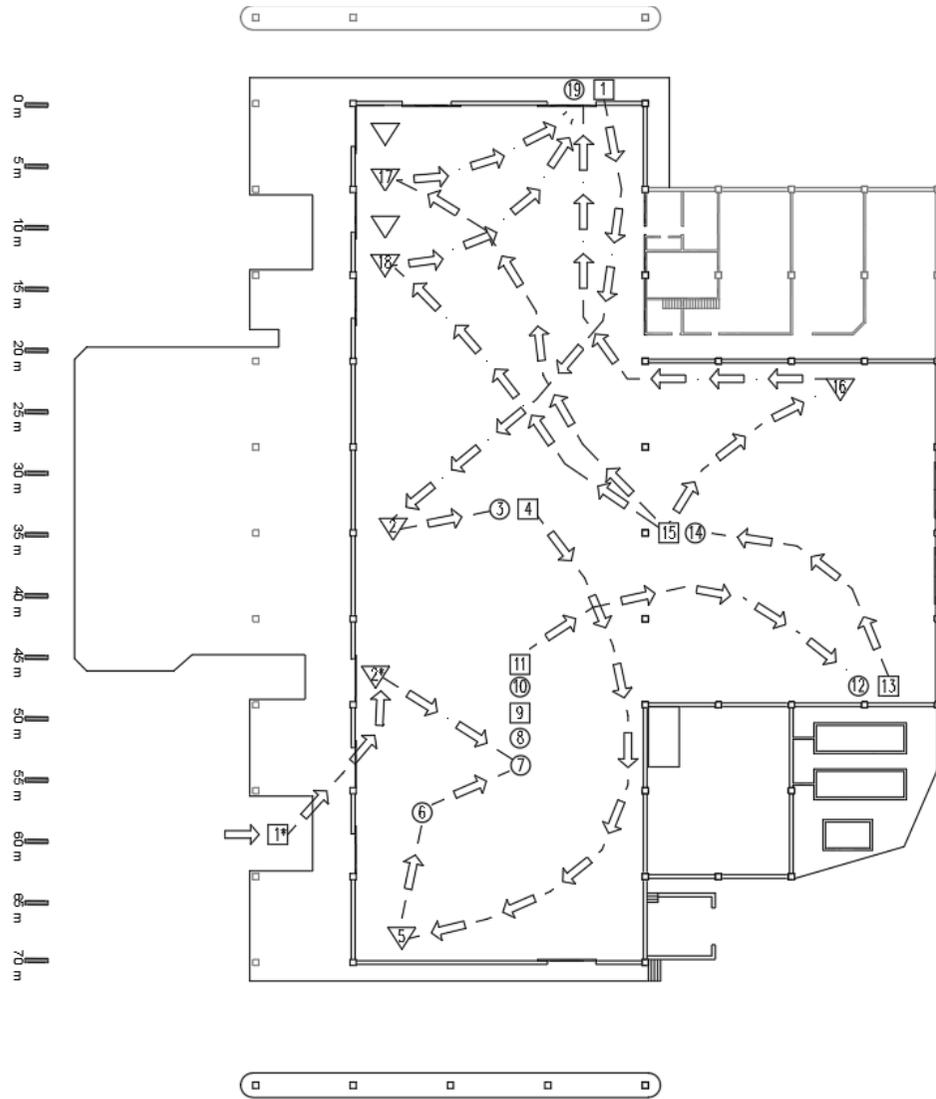


Ilustración 34. Layout opción 3

VISTA EN PLANTA-FLUJO DE OPERACIONES



VISTA EN PLANTA-DETALE TOPOGRÁFICO

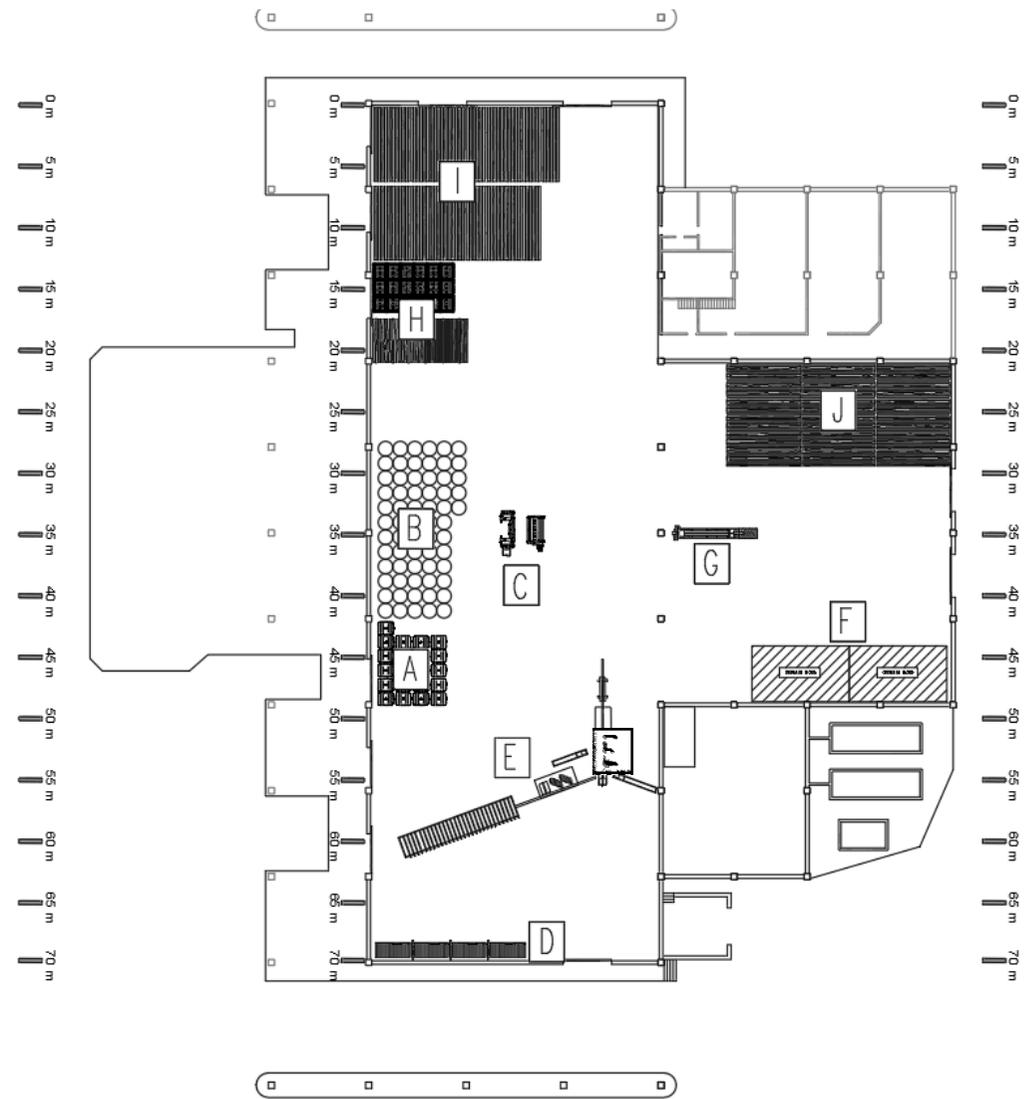


Ilustración 35. Layout opción 4

Con el fin de obtener una comparación fehaciente de todas las configuraciones propuestas, se tomó como base el *diagrama del proceso recorrido* (Muther, 1970). Este diagrama toma como base la distribución en planta predefinida (en nuestro caso, las opciones 1,2,3 y 4), y de manera ordenada, permite compilar todos los datos de cada etapa del proceso con el fin de realizar una comparación directa entre ellos.

En la **Tabla 18** se presenta este diagrama, en el cual se puede concluir analíticamente que la *Opción 3* es la más eficiente de todas, sin embargo, desde el punto de vista de una ampliación futura, se debe considerar que la opción elegida admita un reacomodamiento del layout para agregar una segunda máquina tubera.

Diagrama de proceso recorrido								
Asunto diagramado:								
Dibujo N°:								
Empieza en:								
Termina en:								
Información sobre las cantidades							Referencia	
1 bobina de papel	bobina de papel de Ø1200mm x 1200mm							a
1 bin de adhesivo	bin de adhesivo de 1 m <sup>3</sup>							b
1 rodela de papel	bobina porcionada por la rebobinadora de Ø1200mm x 100mm							c
1 tubo de cartón	Tubo de carton, pesado o stretch, estándar o reforzado, de Ø1 1/2", Ø3", Ø4" o Ø6"							d
1 pack de tubo Ø3" stretch	726 tubos cortados distribuidos en 3 pallets, dimensiones 1025x1226x3735mm							e
1 pack de tubo Ø4" estándar	85 tubos distribuidos en 3 pallets, dimensiones 1300x6000x1178mm							f
1 pack de tubo Ø6" estándar	726 tubos distribuidos en 3 pallets, dimensiones 1300x6000x1251mm							g
Unidad	Símbolo ASME	Descripción del movimiento	Detalle del movimiento		Distancia recorrida [m]			
			Origen	Destino	Layout 1	Layout 2	Layout 3	Layout 4
a		Ingreso de bobinas de papel	1	2	12,16	20,7	20,6	45,4
b		Ingreso de bins de adhesivo	1*	2*	20,56	41	22,1	16,1
a		Carga de bobina para rebobinado	2	3	10,36	9,2	8,3	8,4
c		Rebobinado y conformado de rodela	3	3	-	-	-	-
c		Inspección visual y medición de rodela	4	4	-	-	-	-
c		Transporte de rodela a acopio	4	5	4,78	24,7	6,8	39,4
c		Transporte de rodela hacia formadora	5	6	5,9	9,5	7,7	10,4
c		Carga de rodela a formadora	6	6	-	-	-	-
c		Desarrollo de rodela por máquina	6	7	-	-	-	-
b		Transporte y carga de bin de adhesivo	2*	7	27,6	29,27	16,4	13,8
b		Carga de bins de adhesivo a formadora	7	7	-	-	-	-
d		Formación de tubo por máquina	8	8	-	-	-	-
d		Inspección visual del tubo previo a corte	9	9	-	-	-	-
d		Corte de tubo en línea	10	10	-	-	-	-
d		Inspección visual y medición de tubo	11	11	-	-	-	-
e-f-g		Transporte de tubos en pallet	11	12	30,8	15,7	34,6	32,1
e-f-g		Secado de tubos en cámara	12	12	-	-	-	-
e-f-g		Inspección de humedad en tubos	13	13	-	-	-	-
e-f-g		Transporte de tubos secos en pallet	13	14	19,8	9,33	40,81	22,1
d		Corte de tubo fuera de línea	14	14	-	-	-	-
d		Inspección final del tubo	15	15	-	-	-	-
e-f-g		Acopio de tubos estándar de Ø6"	15	16	37	13,8	25,3	18,7
e-f-g		Acopio de tubos estándar de Ø4"	15	17	44,2	47,4	20,8	38,6
e-f-g		Acopio de tubos stretch de Ø3"	15	18	9,17	41,7	12	32,2
e-f-g		Transporte para despacho	16	19	25,9	42,1	40,81	41,8
e-f-g		Transporte para despacho	17	19	24,5	18,5	18,7	17,8
e-f-g		Transporte para despacho	18	19	41,5	26,1	29,4	23
TOTAL					314,2	349,0	304,3	359,8

Tabla 19. Diagrama del proceso recorrido

Por otra parte, la **Opción 4** es quien presenta versatilidad al momento de ejecutar la ampliación, dado que los suministros de materia prima están en el centro de la planta y permitiría un ágil manejo de los mismos a la hora de abastecer las máquinas formadoras, es por este motivo que se selecciona esta opción como la definitiva.

En la **Ilustración 32** se presenta una distribución en planta con la ampliación prevista. Se debe tener en cuenta que, para concretar esta ampliación, será necesario realizar una extensión de la planta para facilitar el acopio de productos terminados previo a su despacho. En la mencionada ilustración se indica con área sombreada una extensión tentativa de 527 m<sup>2</sup>, que representará un adicional del 23% de superficie cubierta para fines operativos y de acopio.

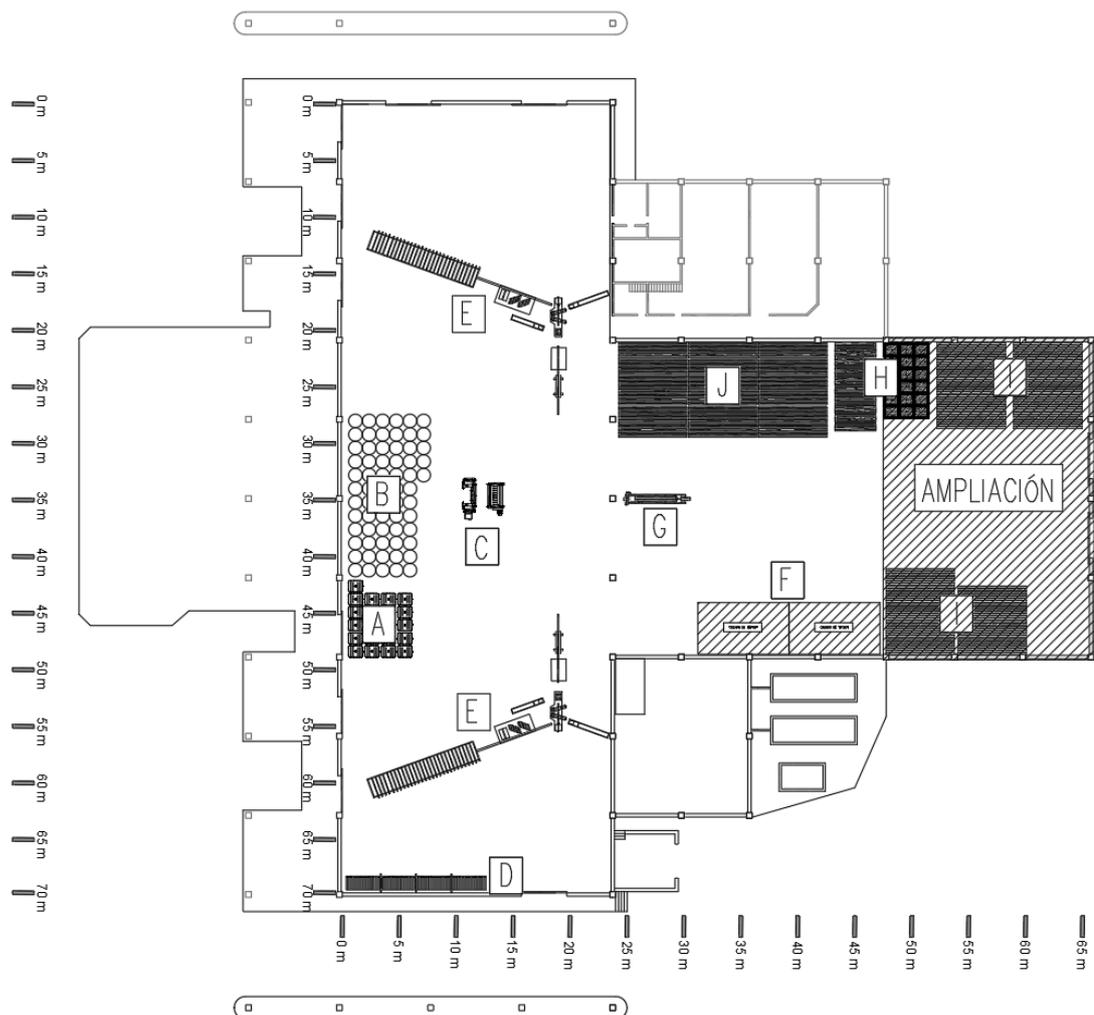


Ilustración 36. Layout con ampliación

## **2.3 Prefactibilidad legal**

En esta cláusula se busca analizar e identificar las regulaciones, permisos y aspectos legales/jurídicos que puedan impactar en la viabilidad del proyecto. Realizar este estudio es importante ya que el promotor del proyecto puede anticiparse a posibles obstáculos desde el punto de vista legal así como también, obtener permisos y licencias necesarios con antelación para llevar a cabo el mismo. Para realizar la prefactibilidad legal se debe estudiar detalladamente las leyes y normativas establecidas por la región y el rubro del emplazamiento.

### **2.3.1 Leyes y normativas**

#### **Decreto 254/1978 (Ocupación y edificación en el área de asentamiento industrial)**

Dicho decreto es aplicable en toda el área del parque industrial de la Ciudad de Paraná, por lo tanto, todo aquel que adquiera derecho y obligaciones, estará obligado a su estricto cumplimiento. Debido a esto, nos debemos ajustar a las siguientes normas:

- La superficie máxima a utilizar con obras civiles no podrá exceder del 70% de la superficie total de la parcela, por ende, el 30% restante deberá ser parquizado.
- El área que resulte de aplicar el porcentaje establecido en la primera parte del inciso anterior se debe utilizar de acuerdo con lo siguiente
  - 1 La cubierta en planta baja debe cubrir un 25% como mínimo y un 40% como máximo de la superficie de la parcela
  - 2 El resto se debe destinar a depositar al aire libre, playa de carga y descarga y red vial interna.
- Los cercos perimetrales que den a calles serán del tipo “olímpico” con alambre galvanizado n° 14/12, tejido romboidal del tipo industrial de malla n° 50/63 y

altura de 2 metros, con tres hilos de refuerzo llevando en su parte superior tres hilos de alambre de púa (parte inclinada de 45°) sostenido por postes de cemento en la línea continuada con una distancia de 5 metros entre cada uno, o de otro material previamente aprobado por la municipalidad.

- Deben preverse playas para carga y descarga de mercadería, estacionamiento de camiones y automóviles. Dichas playas deben ser pavimentadas con un tipo de pavimento aprobado por los organismos municipales.
- Las redes de transmisión de energía eléctrica en alta o baja tensión deben ser subterráneas en las partes de la parcela no cubierta con edificación deben ajustarse a las normas de seguridad que establecen los reglamentos municipales y de la empresa de agua y energía eléctrica.
- Es obligatorio para las empresas, el cumplimiento de las normas en materia de seguridad industrial establecidas en la Ley Nacional de Seguridad Industrial n° 19587, sus modificaciones y reglamentaciones.

### **2.3.2 Higiene y seguridad laboral**

Las disposiciones relacionadas con las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo se regirán bajo la ley 19587/72 y su decreto reglamentario 351/79. Estos marcos legales abarcan un conjunto de normativas técnicas y medidas sanitarias, destinadas a resguardar la salud, la integridad física y psicológica de los trabajadores.

En detalle, dichas normativas tienen como propósitos primordiales:

- Proteger la vida y promover la integridad psicofísica de los trabajadores, a asegurando un entorno laboral seguro y saludable.

- Prevenir, reducir, eliminar o aislar los riesgos de los diversos centros o puestos de trabajo, mediante la implementación de medidas preventivas y correctivas adecuadas.
- Estimular y desarrollar una actitud positiva respecto de la prevención de los accidentes o enfermedades que puedan derivarse de la actividad laboral.

Estas disposiciones legales establecen un marco normativo que busca garantizar el bienestar y protección de los trabajadores, así como promover la responsabilidad y conciencia en materia de seguridad y salud.

### **2.3.3 Políticas ambientales**

Respecto a las políticas ambientales de la empresa, cabe resaltar la ausencia de emisión de contaminantes en el agua, tanto de naturaleza química como biológica. Además, al carecer de equipos de combustión interna y caldera, no se producirán contaminantes gaseosos. Sin embargo, es pertinente considerar la presencia de contaminantes en los efluentes provenientes a los sanitarios, pero tales serán enviados a la red cloacal del parque industrial.

Por otra parte, la empresa tiene como misión política de reciclaje, por lo tanto, se implementará medidas de recolección selectivas de residuos plásticos para su posterior reciclado. Como así también, con los descartes del proceso productivo (ya sea papel producido en el proceso de rebobinado, como los tubos de cartón que se encuentren fuera de especificaciones) estableciéndose una gestión ambiental responsable en la cual se recolectarán dichos materiales para luego ser remitidos a Papelera Entre Ríos S.A., dicha industria se encuentra relacionada con el reciclado del papel/cartón en la cual llevaran a cabo el proceso de recuperación de dichos materiales.

Teniendo en cuenta estos residuos sólidos reciclados, se contribuye a la reducción de sólidos en vertedero como también fomentar la economía circular al reincorporar los materiales reciclados en un nuevo ciclo de producción.

## **2.4 Prefactibilidad financiera**

En esta etapa se analizará la viabilidad de manera preliminar del proyecto desde el punto de vista financiero, buscando determinar si los beneficios económicos esperados de llevar a cabo el proyecto superan los riesgos y costos que requiere el mismo a partir de indicadores financieros.

### **2.4.1 Inversión estimada**

Para iniciar y desarrollar el proyecto es necesario una proyección estimada de todos los recursos financieros, incluyendo todos los costos asociados a la puesta en marcha. El propósito de calcular la inversión estimada es proporcionar una idea del capital requerido, para planificar y asignar recursos de manera adecuada así como también, para la toma de decisiones, búsqueda de financiamiento si se lo requiera y determinar la viabilidad financiera del proyecto. Los factores necesarios para establecer el desembolso aproximado se detallarán en la tabla siguiente.

<b>Equipo/sistema</b>	<b>Precio [u\$d]</b>
Tubera	77.000,00
Rebobinadora	41.000,00
Cortadora fuera de línea	25.000,00
Cámara de secado	15.000,00
Sistema de media tensión	189.202,53
Sistema de baja tensión	78.190,57
Sistema de aire comprimido	51.263,00
Sistema de red contra incendios	175.168,70
Autoelevador	52.000,00
Obra civil	56.781,12
Equipos de laboratorio	23.820,48
Oficinas	16.048,00
<b>TOTAL:</b>	<b>800.474,40</b>

*Tabla 20. Inversión estimada*

#### **2.4.2 Costos fijos y variables**

Al realizar un análisis de los costos según el nivel de actividad tenemos los costos variables (CV) y los costos fijos (CF). Los CV están directamente relacionados con cantidad de los factores variables empleados y por lo tanto, dependen del nivel de producción. Por otro lado, los CF corresponden a los factores fijos de la empresa y al corto plazo son independientes del nivel de producción. Al considerar ambos costos, se obtienen los costos totales que son la suma de los costos fijos y los costos variables, y representan el gasto mínimo necesario para cada nivel de producción.

Para los costos variables se analizarán los siguientes factores:

- a. Materias primas
- b. Energía eléctrica
- c. Combustible

Para los costos fijos se analizarán los siguientes factores:

- d. Salario del personal administrativo/oficina técnica
- e. Mano de obra de producción
- f. Depreciación de la maquinaria
- g. Mantenimiento de maquinaria
- h. Internet y teléfono

Para plantear los costos variables se comienza a analizar una producción estándar, la cual trataremos de satisfacer conforme la demanda proyectada tratada en el ítem 2.1.1.4 y la Tabla 9 de producción preliminar del punto 2.2.1.2.1. Esta producción consiste en la fabricación de 650 [tn] de tubos de cartón de diferentes diámetros, pero de esta producción se considera que el 90% está compuesta por papel y el 10% restante corresponde al adhesivo utilizado en el proceso.

### **Materias primas**

Utilizando el precio proporcionado por Papelera Entre Ríos S.A. respecto al grupo de materias primas, y teniendo en cuenta lo mencionado en el ítem anterior, se presenta la tabla siguiente con los respectivos costos:

<b>Costo de materia prima</b>		
Descripción	Cantidad	Unidad
Precio	865,36	[u\$/tn]
Peso de materia prima	585	[tn]
<b>Total</b>	<b>50.6237,05</b>	<b>[u\$]</b>
<b>Costo de adhesivo</b>		
Descripción	Cantidad	Unidad
Precio	747,99	[u\$/tn]
Peso de materia prima	65	[tn]
<b>Total</b>	<b>48.619,10</b>	<b>[u\$]</b>

*Tabla 21. Costos de materia prima y adhesivo*

## Energía eléctrica

El consumo de energía eléctrica se obtiene de calcular los consumos de potencia en kW en los diferentes bloques horarios que la distribuidora considera. En la tabla de a continuación se presentan los bloques mencionados:

Bloque horario	Rango horario
Horario valle	0 a 8
Horario de punta	10 a 14 - 18 a 22
Horario restante	8 a 10 - 14 a 18 - 22 a 0
Turno 1: de 6 hs a 14hs	2 H V - 2 H R - 4 H P
Turno 2: de 14 hs a 22hs	4 H R - 4 H P

Tarifa 3 - Grandes demandas			
Media tensión 13,2 [kV]	Unidad	< 300 kW	Costo
Cargo fijo	u\$/mes	u\$ 112,36	u\$ 112,36
Hora de punta/fuera de punta	u\$/kW-mes	u\$ 1,77	u\$ 443,13
Cargo fijo por potencia adq.	u\$/kW-mes	u\$ 0,10	u\$ 24,76
Hora restantes	u\$/kWh-mes	u\$ 0,02	u\$ 707,56
Horas de valle nocturno	u\$/kWh-mes	u\$ 0,02	u\$ 235,00
Hora de punta	u\$/kWh-mes	u\$ 0,02	u\$ 946,88
<b>Total [u\$]</b>			<b>2469,7</b>

Tabla 22. Costo de consumo eléctrico

## Mano de obra de producción

Para determinar el costo de mano de obra se considera la cantidad de operarios que intervienen en las diferentes áreas de la fábrica, tanto producción como mantenimiento. En la tabla que se muestra a continuación se detalla lo mencionado:

Mano de obra	Cantidad de operarios	Subtotal [u\$]
Producción	19	9.088,38
Mantenimiento	3	1.227,33
<b>Total neto [u\$]</b>		<b>10.315,7</b>
<b>Total bruto [u\$]</b>		<b>12450</b>

Tabla 23. Costo mano de obra

## Combustible

El consumo de litros de combustible Diesel el cual se detalla en la tabla siguiente, se determinó a partir de las horas de trabajo de los autoelevadores y la cantidad de litros por hora que requieren según lo establecido por la ficha técnica del fabricante de estos.

Concepto	Cantidad	Precio [u\$/ud]	Subtotal [u\$ / mes]
Autoelevador [Litros/mes]	1040	0.98	1019.2

*Tabla 24. Costo combustible*

## Salario del personal administrativo/oficina técnica

El costo de salario considera la cantidad de operarios que intervienen en las diferentes rubros administrativos y lo que vincula una oficina técnica. En la tabla inferior se detallará lo mencionado:

Mano de obra	Cantidad de operarios	Subtotal [u\$]
Personal administrativo y de oficina técnica	6	11500
Total neto [u\$]		11500
Total bruto [u\$]		13900

*Tabla 25. Costo de mano de obra adm/of técnica*

## Mantenimiento de maquinaria

Si bien el mantenimiento de la maquinaria puede tratarse tanto como un costo variable (mantenimiento correctivo) como así también un costo fijo (mantenimiento preventivo y predictivo), en un principio se debe tener indicadores de fallas para establecer un plan de mantenimiento preventivo o las herramientas necesarias para planificar un mantenimiento predictivo, es por ello que un principio tomaremos el costo de mantenimiento como un costo variable. Sin embargo, se realizará el mantenimiento periódico que el fabricante aconseja después de determinadas horas de producción. Como nombramos anteriormente, el costo de mantenimiento de las maquinarias varía según el tipo de tarea que se aplique, se puede estimar entonces un 10% anual del valor de la máquina, incluyendo tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo. Se pueden apreciar los costos de mantenimiento de cada maquinaria en la tabla sucesiva:

<b>Costo de mantenimiento de equipos (10 % anual del valor de la maquinaria)</b>	
<b>Equipo/sistema</b>	<b>Valor [u\$d]</b>
Tubera	77,000.00
Rebobinadora	41,000.00
Cortadora fuera de línea	25,000.00
Autoelevadores	52,000.00
<b>Total</b>	<b>195,000.00</b>
<b>Total considerando el 10 %</b>	<b>19,500.00</b>

*Tabla 26. Costo mantenimiento de maquinaria*

## Internet y teléfono

El servicio estará a cargo de Gigared, la cual nos ofrece un paquete de internet de 200 megas más telefonía por un monto de aproximadamente 44 [u\$d] finales por mes sin bonificaciones.

### 2.4.3 Ingresos por ventas

Para obtener una cifra de ingresos mensuales por ventas, se considera que toda la producción (650 [tn/mes]) es comercializada en su totalidad, y el precio de venta se adoptó según los precios más competitivos del mercado.

En **Tabla 26** se detallan los precios adoptados para cada tipo de tubo, y sus respectivos ingresos por ventas:

Tipo de tubo	Precio [U\$D/tn]	Producción mensual [tn]	Ingreso mensual [u\$d]
Tubo pesado de Ø3" estándar	1400	72,2	98747,4
Tubo pesado de Ø3" reforzado	1800	0	0
Tubo pesado de Ø4" estándar	1400	100,6	137117,7
Tubo pesado de Ø4" reforzado	2000	0	0
Tubo pesado de Ø6" estándar	1500	88,4	129329,6
Tubo pesado de Ø6" reforzado	2200	0	0
Tubo de stretch Ø1 1/2" estándar	1400	160,5	219465,2
Tubo de stretch Ø3" estándar	1800	222	392457,9
<b>Total</b>			<b>977117,8</b>

*Tabla 27. Ingresos mensuales por ventas*

### 2.4.4 Flujo de caja

El flujo de caja, también conocido como flujo de efectivo, es una medida financiera que muestra la entrada y salida de efectivo de una empresa durante un período de tiempo específico. El flujo de caja se calcula sumando los ingresos y restando los costos/gastos, ambos en efectivo, durante un período de tiempo determinado.

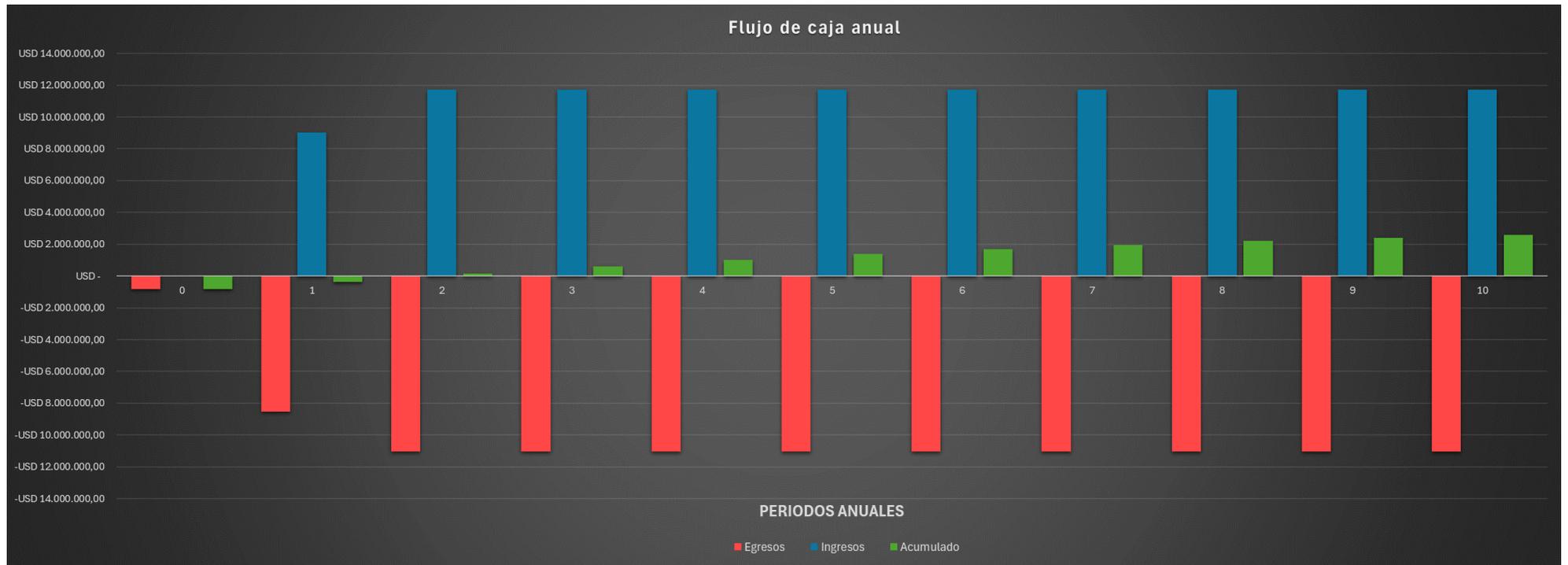
Existen diferentes tipos de flujos de caja, en este caso se analizará una combinación entre un flujo de tipo operativo con uno de inversión. Es decir, se considerarán todos aquellos ingresos y erogaciones relacionadas a inversiones de capital propio, ventas y costos de producción.

En la **Tabla 27** e **Ilustración 37** se presentan el flujo de caja del proyecto, en formato de tabla y diagrama de barras, respectivamente, en los cuales se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- El alcance del análisis financiero es de 10 años.
- Los  $n$  periodos son anuales.
- La tasa  $i$  de interés de referencia es del 14,5% mensual.
- La inversión inicial es de u\$d 800.474,4.
- La producción se considera estable (650 [tn/mes]), salvo los primeros 8 meses, donde la producción crece de a 50 [tn] mensuales partiendo de 250 [tn/mes], a fines de considerar el periodo de adaptación y manejo del equipamiento y personal.

Periodo [Año]	Egresos													Producción [tn]	Ingresos [u\$d]	Flujo neto [u\$d]	Flujo descontado	Acumulado [u\$d]						
	Costos de inversión [u\$d]		Costos operativos																					
			Costos fijos [u\$d]					Costos variables [u\$d/tn]																
			Servicios	Sueldos	Mantenimiento	Materia prima	Energía	Impuestos																
0	USD	800.474,4	USD	-	USD	-	USD	-	USD	-	USD	-	USD	-	USD	-	-USD	800.474,4	-USD	800.474,4	-USD	800.474,4		
1	-		USD	528,0	USD	337.999,2	USD	19.500,0	USD	1.313,9	USD	41.866,6	USD	257.622,4	USD	6.000,0	USD	9.019.560,0	USD	478.441,6	USD	417.852,9	-USD	382.621,5
2	-		USD	528,0	USD	337.999,2	USD	19.500,0	USD	1.313,9	USD	41.866,6	USD	376.897,9	USD	7.800,0	USD	11.725.428,0	USD	699.953,3	USD	533.897,8	USD	151.276,2
3	-		USD	528,0	USD	337.999,2	USD	19.500,0	USD	1.313,9	USD	41.866,6	USD	376.897,9	USD	7.800,0	USD	11.725.428,0	USD	699.953,3	USD	466.286,3	USD	617.562,5
4	-		USD	528,0	USD	337.999,2	USD	19.500,0	USD	1.313,9	USD	41.866,6	USD	376.897,9	USD	7.800,0	USD	11.725.428,0	USD	699.953,3	USD	407.236,9	USD	1.024.799,4
5	-		USD	528,0	USD	337.999,2	USD	19.500,0	USD	1.313,9	USD	41.866,6	USD	376.897,9	USD	7.800,0	USD	11.725.428,0	USD	699.953,3	USD	355.665,4	USD	1.380.464,8
6	-		USD	528,0	USD	337.999,2	USD	19.500,0	USD	1.313,9	USD	41.866,6	USD	376.897,9	USD	7.800,0	USD	11.725.428,0	USD	699.953,3	USD	310.624,8	USD	1.691.089,7
7	-		USD	528,0	USD	337.999,2	USD	19.500,0	USD	1.313,9	USD	41.866,6	USD	376.897,9	USD	7.800,0	USD	11.725.428,0	USD	699.953,3	USD	271.288,1	USD	1.962.377,7
8	-		USD	528,0	USD	337.999,2	USD	19.500,0	USD	1.313,9	USD	41.866,6	USD	376.897,9	USD	7.800,0	USD	11.725.428,0	USD	699.953,3	USD	236.932,8	USD	2.199.310,5
9	-		USD	528,0	USD	337.999,2	USD	19.500,0	USD	1.313,9	USD	41.866,6	USD	376.897,9	USD	7.800,0	USD	11.725.428,0	USD	699.953,3	USD	206.928,2	USD	2.406.238,7
10	-		USD	528,0	USD	337.999,2	USD	19.500,0	USD	1.313,9	USD	41.866,6	USD	376.897,9	USD	7.800,0	USD	11.725.428,0	USD	699.953,3	USD	180.723,3	USD	2.586.962,0

Tabla 28. Flujo de caja anual



*Ilustración 37. Flujo de caja anual*

### 2.4.5 VAN y TIR

El valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) son dos indicadores financieros que se utilizan para evaluar la viabilidad de los proyectos previos a su inversión ayudando en la toma de decisiones.

La VAN es la diferencia entre el valor presente de los ingresos futuros que percibirá la empresa y la cantidad que invierte para sacar adelante el proyecto, descontados a una tasa de interés en un tiempo determinado. La fórmula para calcular este valor es la siguiente:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde:

$R_t$  = son los flujos de efectivo netos en el periodo t

$r$  = es la tasa de descuento (tasa de interés)

$I_0$  = es la inversión inicial o costo inicial del proyecto

Un VAN positivo indica que el proyecto genera valor adicional y podría ser aceptado, si es negativo sugiere que el proyecto podría generar pérdidas y por lo tanto ser rechazado.

Por otra parte, la TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN de un proyecto sea igual a cero. Su función principal es señalar la tasa a la cual recuperaremos la inversión inicial de nuestro proyecto transcurrido un tiempo determinado. En otras palabras, es la tasa de rendimiento que obtendría un inversor si reinvierte todos los flujos de efectivo generados por el proyecto a esa misma tasa de retorno. Si el valor calculado es mayor a cero o bien, mayor que la tasa de descuento

utilizada, significa que el proyecto es rentable. Por otro lado, si el TIR es menor que la tasa de descuento, el proyecto no sería rentable.

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

A modo de conclusión, el VAN y el TIR son dos herramientas para calcular la viabilidad de un proyecto empresarial, independiente de sus características o área de desempeño. Sin embargo, la diferencia radica en que el primero calcula la rentabilidad y el segundo el tiempo que la empresa tardará en recuperar la inversión inicial.

Concepto	Valor	Unidad
Tasa de referencia	14,5	%
Inversión inicial	800.474	u\$d
VAN	2.586.962,03	u\$d
TIR	75,24	%

A modo de conclusión, como el VAN es holgadamente **mayor que 0 (cero)**, y la TIR es mayor que la tasa de referencia utilizada para el VAN (**75,24% > 15%**), se concluye que el proyecto es **notablemente rentable**.

## **3 Ingeniería en detalle**

### **3.1 Aire comprimido**

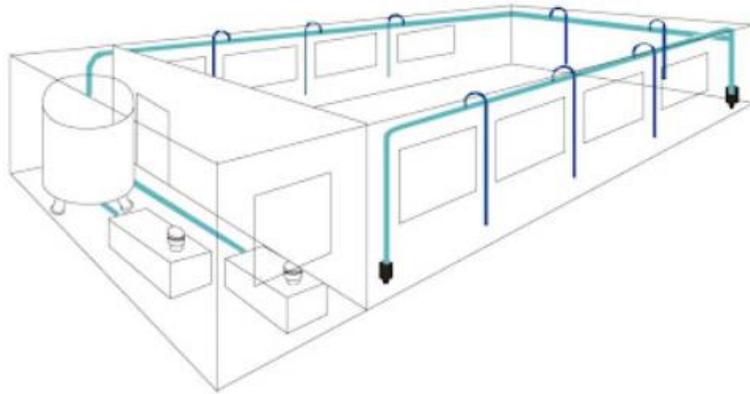
La red de aire comprimido envía la energía de este a todos los puntos de utilización dentro de la nave industrial y se debe diseñar de tal manera que provea la cantidad y calidad de manera constante a los equipamientos que lo requieran, minimizando las caídas de presión entre el compresor y el punto de uso, evitar fugas en las tuberías y garantizar un drenaje eficaz de los condensados.

Para realizar el diseño de la red se debe conocer el consumo de aire proveniente de los actuadores de los equipos vinculados a la línea de producción, a partir de esto se selecciona el compresor y su depósito de aire luego, se determina el diámetro de las tuberías primarias y secundarias, accesorios y el sistema de acondicionamiento de aire.

Previamente, se debe adoptar el diseño de la red de aire comprimido dentro de una nave industrial ya que existen dos posibles configuraciones constructivas de ellos, pueden ser entonces una red abierta o una red cerrada.

Red abierta:

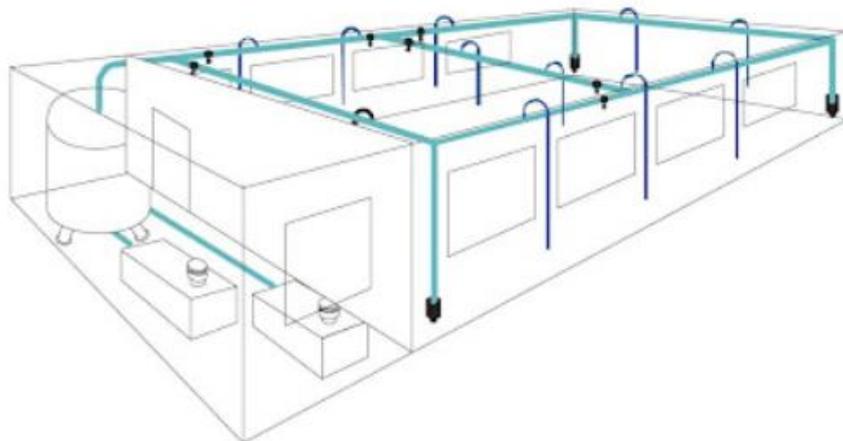
Son las más habituales en instalaciones de bajo consumo, está formada por tuberías que se ramifican a partir de una línea principal hasta llegar a los puntos de consumo. La ventaja principal de esta configuración es el bajo costo inicial, así como también se puede implementar inclinaciones para el purgado de condensados. Mientras que la principal desventaja es su mantenimiento, dejando sin suministro de servicio aguas abajo del punto de corte.



*Ilustración 38. Red abierta*

Red cerrada o anillada:

Se caracteriza por tener una disposición en anillo, siendo esta la línea principal. Tiene la desventaja de necesitar una mayor inversión inicial respecto a la red abierta y presentan dificultad a la hora de instalar los equipos, ya que, debido a la disposición de las tuberías, poseen cambios en la dirección del flujo del agua. Por otra parte, posee las ventajas de mayor facilidad en labores de mantenimiento al permitir aislar una estación sin afectar a las demás, también se consigue un reparto de caudales óptimo y minimizan las pérdidas de carga en la instalación.



*Ilustración 39. Red cerrada o anillada*

La configuración adoptada es la red cerrada o anillada dado que se adapta más a nuestras necesidades.

Consumo de aire:

El consumo de aire en todos los actuadores que intervienen en las líneas de producción es de suma importancia para seleccionar correctamente el compresor y el depósito auxiliar, así como también conocer el gasto energético de los elementos neumáticos considerando también incluir las tuberías, las cuales contribuyen al consumo.

Según la bibliografía Nicolas Serrano, Neumática Práctica (Serrano, 2009) los consumos de los actuadores lineales se pueden determinar a partir de la siguiente expresión:

$$Q = \frac{\pi \times C \times p \times n}{4000} (2D^2 - d^2)$$

Donde:

-C es la carrera del vástago expresada en centímetros.

-p es la presión de trabajo en bar.

-n es el número de ciclos por minuto.

-D es el diámetro interior del cilindro expresado en centímetros.

-d es el diámetro del vástago en centímetros.

En la tabla siguiente se detalla por máquina, el modelo y cantidad de todos los actuadores lineales que intervienen en una línea de producción.

Elemento	Marca y modelo	Presión de trabajo [Bar]	Cant.
<b>Cortadora fuera de línea</b>			
Cilindro doble efecto	AOSI SC40X200	1.5-10	2
Cilindro doble efecto	AOSI SC63X420	1.5-10	2
Cilindro doble efecto	AOSI SC50X225	1.5-10	1
<b>Cortadora en línea</b>			
Cilindro compacto doble efecto	AIRTAC ACQ40X100	1.5-10	2
<b>Mesa basculante cortadora en línea</b>			
Cilindro compacto doble efecto	AIRTAC SDA50X60	1.5-10	2
Cilindro doble efecto	AOSI SC80X100	1.5-10	1
<b>Mesa basculante cortadora fuera de línea</b>			
Cilindro doble efecto	AOSI SC50X100	1.5-10	2
<b>Tubera</b>			
Bomba diafragma	QBY50	7	1
Cilindro doble efecto	AOSI SC50X500	1.5-10	1
<b>Rebobinadora</b>			
Freno neumático	MXFU IBERICA	7	2

Tabla 29. Actuadores neumáticos

Una vez recolectados los datos necesarios se procede a aplicar la fórmula mencionada anteriormente y los resultados obtenidos se muestran en la siguiente hoja de cálculo:

Consumos neumáticos de actuadores y bombas								
Modelo	Carrera del vástago [cm]	Diámetro del cilindro [cm]	Diámetro del vástago [cm]	Ciclos [n/min]	Presión [bar]	Consumo [L/min]	Cantidad	Consumo total [L/min]
ACQ40X100	10	4	1.6	10	7	16.19	2	32.37
SDA50X60	60	5	2	10	7	151.73	2	303.47
SC40X200	20	4	1.6	30	7	97.11	2	194.22
SC63X420	42	6.3	2	30	7	522.16	2	1044.32
SC50X225	22.5	5	2	30	7	170.70	1	170.70
SC80X100	10	8	2.5	10	7	66.93	1	66.93
SC50X100	10	5	2	30	7	75.87	2	151.73
SC50X500	50	5	2	10	7	126.45	1	126.45
Freno a disco				0.033	7	0.01	2	0.02
Bomba diafragma QBY50 (15 m3/h)						250.00	1	250.00
							Consumo total [L/min]	2340.21
							Posibles fugas 10%	234.02
							Futuras ampliaciones 50%	1170.10
							<b>Consumo total final [L/min]</b>	<b>3744.33</b>

Tabla 30. Consumos neumáticos

### 3.1.1 Selección de compresor

Los parámetros a considerar para la selección del compresor son el caudal aspirado, la presión deseada de salida y el tipo de equipo. El caudal requerido se determinó a partir de la hoja de cálculo denominada “*consumos neumáticos*”, por otra parte, la presión necesaria de la instalación deberá ser superior (2-3 bar) a la de servicio, ya que de otra manera no se podrá obtener debido a caídas de carga en la red.

El tipo de compresor seleccionado es un rotativo a tornillo, si bien implican un coste inicial mayor respecto a los de tipo pistón, son los menos ruidosos, eficientes energéticamente y de menor mantenimiento respecto a los de embolo.

A partir del catálogo correspondiente a la marca Kaeser, seleccionamos un compresor de tornillo de la serie ASD50, el mismo tiene una presión de servicio de 7.5 bar y una presión máxima de 13 bar, por otro lado, el caudal de este es de 3.85 [m<sup>3</sup>/min].



*Ilustración 40. Compresor Kaeser ASD 50*

### 3.1.2 Selección de depósito de aire

Estará emplazado en cercanías del compresor y cumple la función de almacenar el aire comprimido para evitar arranques frecuentes del compresor, absorber fluctuaciones de la presión así como también, hacer de refrigeradores y condensadores del aire. El tamaño de éste depende de la capacidad del compresor y según la bibliografía Serrano el volumen se obtiene de la siguiente manera:

$$V = k * Q$$

Donde:

$V$  es el volumen del depósito en  $m^3$

$k$  es una constante que varía entre 0.2 y 0.4

$Q$  es el caudal del compresor en  $m^3/min$

$$V = 0.4 * 3.85 \left[ \frac{m^3}{min} \right] = 1.54[m^3]$$

A partir del catálogo de la marca Kaeser seleccionamos el próximo superior el cual es de 2  $[m^3]$ . La marca mencionada recomienda un número máximo de ciclos de arranques del compresor, la cual es hasta 36 ciclos por hora para compresores de entre 25 a 100 hp y se puede verificar con la siguiente expresión:

$$VR = \frac{V1 * (DF - DF^2)}{Z * DP}$$

Donde:

$VR$ : volumen real del tanque  $[m^3]$

$V1$ : Caudal del compresor  $[m^3/h]$

Z: Ciclos por hora permitidos por el compresor

DP: Diferencial de presión del compresor [bar], cuyo valor para este análisis será basado en una presión diferencial de 10 psi (0.689 bar).

DF:  $V_2/V_1$  = factor de carga

V2: Caudal de aire de la planta [ $m^3/h$ ]

Reemplazando:

$$Z = \frac{231 \left[ \frac{m^3}{h} \right] * \left( \left( \frac{224 \left[ \frac{m^3}{h} \right]}{231 \left[ \frac{m^3}{h} \right]} \right) - \left( \frac{224 \left[ \frac{m^3}{h} \right]}{231 \left[ \frac{m^3}{h} \right]} \right)^2 \right)}{2[m^3] * 0.689[bar]} = 37 \left[ \frac{ciclos}{hora} \right]$$

Como se puede observar no verifica el máximo de ciclos recomendado por la marca, por lo tanto, seleccionamos un tanque de almacenamiento con mayor capacidad (3 [ $m^3$ ]) y verificamos nuevamente:

$$Z = \frac{231 \left[ \frac{m^3}{h} \right] * \left( \left( \frac{224 \left[ \frac{m^3}{h} \right]}{231 \left[ \frac{m^3}{h} \right]} \right) - \left( \frac{224 \left[ \frac{m^3}{h} \right]}{231 \left[ \frac{m^3}{h} \right]} \right)^2 \right)}{3[m^3] * 0.689[bar]} = 24.7 \left[ \frac{ciclos}{hora} \right]$$

De esta manera se verifica el número de ciclos máximos para el caudal del compresor y el volumen del tanque de almacenamiento. En la siguiente imagen se muestra el tanque adoptado:



*Ilustración 41. Pulmón de aire comprimido*

### **3.1.3 Acondicionamiento del aire**

El aire comprimido sin tratar contiene una combinación de contaminantes, incluyendo partículas, agua y aceite, que pueden existir en estado líquido o gaseoso y pueden cambiar de forma dentro del sistema de aire comprimido. La falta de filtrado puede comprometer el funcionamiento a largo plazo de los componentes del sistema y deteriorar la calidad del producto. Por lo tanto, es crucial preparar adecuadamente el aire comprimido para evitar averías, reducir los tiempos de inactividad de las máquinas y garantizar la seguridad de los procesos y productos.

Para acondicionar el aire comprimido se adopta una configuración que recomienda el fabricante Kaeser (compresores, s.f.), el cual se muestra a continuación:

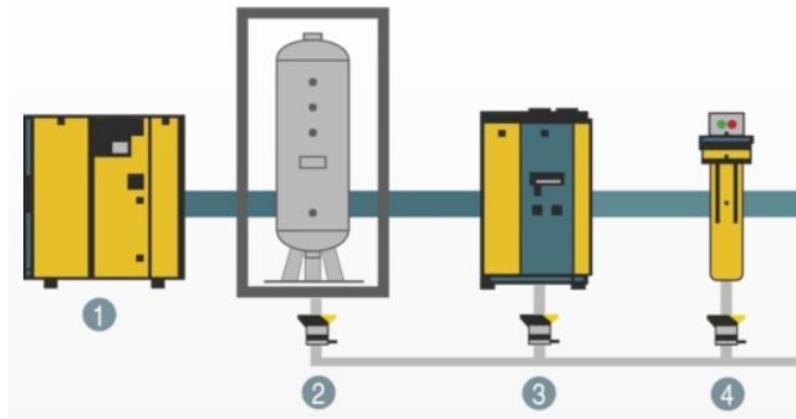


Ilustración 42. Esquema de tratamiento de aire comprimido

### 3.1.3.1 Selección de secador refrigerativo

El catálogo del fabricante mencionado establece que el caudal de aire comprimido de servicio debe ser afectado por diferentes factores de corrección para luego poder seleccionar el secador. A continuación, se muestran las tablas y fórmulas requeridas para realizar dicho cálculo:

A presión máx. servicio diferente (bar)														
bar	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Factor	0,75	0,84	0,90	0,95	1,00	1,04	1,07	1,10	1,12	1,15	1,17	1,19	1,21	1,23

Temperatura de entrada del aire comprimido $T_e$							
$T_e$ (°C)	30	35	40	45	50	55	60
$k_{T_e}$	1,20	1,00	0,83	0,72	0,60	0,49	

Temperatura ambiente $T_a$					
$T_a$ (°C)	25	30	35	40	43
$k_{T_a}$	1,00	0,99	0,97	0,94	0,92

Ejemplo:		
Presión de servicio:	10 bar <sub>(g)</sub> (ver tabla)	$k_p = 1,10$
Temperatura de entrada del aire comprimido:	40°C (ver tabla)	$k_{T_e} = 0,83$
Temperatura ambiente:	30°C (ver tabla)	$k_{T_a} = 0,99$

Secador refrigerativo TC 44 con un caudal de 4,7 m³/min	
Caudal máx. en condiciones de servicio	
$V_{\text{máx. servicio}} = V_{\text{referencia}} \times k_p \times k_{T_e} \times k_{T_a}$	
$V_{\text{máx. servicio}} = 4,7 \text{ m}^3/\text{min} \times 1,1 \times 0,83 \times 0,99 = 4,25 \text{ m}^3/\text{min}$	

Ilustración 43. Factores de corrección

$$V_{\text{max de servicio}} = V_{\text{referencia}} * k_p * k_{te} * k_{ta}$$

$$V_{\text{max de servicio}} = 3.85 \left[ \frac{m^3}{min} \right] * 1.15 * 1.2 * 1 = 5.3 \left[ \frac{m^3}{min} \right]$$

Se selecciona entonces un secador refrigerativo Kaeser modelo TD51, el cual tiene un caudal de 5.65 [m<sup>3</sup>/min].



*Ilustración 44. Secador refrigerativo Kaeser*

### **3.1.3.2 Filtros**

El catálogo del fabricante recomienda para nuestra aplicación los grados de filtración KB y KD ya que, los de tipo KB son utilizados para aerosoles sólidos y líquidos y de partículas sólidas, mientras que los de tipo KD son exclusivamente destinados para la filtración de partículas sólidas. Ambos filtros estarán conectados en serie sobre la tubería principal. Cabe destacar que el filtro KB posee un sistema denominado ECO-DRAIN y cumple la función de purgar el condensado electrónicamente lo cual será detallado más adelante, mientras que el de tipo KD posee un purgador de condensado tipo manual.

Para ambos casos de filtrado los modelos adoptados son Kaeser F46, los cuales trabajan en un rango de presión de 2 a 16 bar y un caudal de 4.61 [m<sup>3</sup>/min].



*Ilustración 45. Filtro Kaeser KD y KB*

A su vez, para obtener mejores desempeños después de pasar por todo el proceso de la producción, tratamiento y distribución, el aire comprimido debe sufrir un último acondicionamiento, los cuales son filtración, regulación de presión, e introducción de una cierta cantidad de aceite para la lubricación de todas las partes mecánicas de los componentes neumáticos prolongando su vida útil y un funcionamiento regular.

Este último proceso por el que pasa el aire comprimido es realizado mediante una unidad de acondicionamiento (FRL-filtro regulador lubricador) y va emplazado en todos los puntos de consumo de aire comprimido, justo antes de conectarlo al elemento/máquina.



*Ilustración 46. FILTRO FRL*

### **3.1.3.3 Purgador de condensados**

El condensado que se forma en todos los sistemas de producción de aire comprimido se debe poder evacuar de manera confiable, en todos aquellos puntos donde se almacena para evitar averías y problemas de corrosión. A través del catálogo de la marca Kaeser, seleccionamos drenajes electrónicos de condensado modelo ECO DRAIN 31, uno para el tanque de almacenamiento y otro para el filtro KB.



*Ilustración 47. Eco Drain*

### 3.1.4 Red de tuberías

En primer lugar seleccionamos el material del que estará compuesto la red de tuberías, para la misma se tendrá en cuenta ventajas y desventajas mostradas en la siguiente tabla del manual Kaeser. Se selecciona tuberías compuestas de aluminio dado que es el que más ventajas posee respecto a las desventajas.

Material	Ventajas	Desventajas
Hierro Negro	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costo moderado de los materiales</li> <li>▪ Disponible en diversos tamaños</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Labor de instalación intensa</li> <li>▪ Se oxida y presenta fugas</li> <li>▪ Rugosidad interior ocasiona sedimentación y caída de presión</li> </ul>
Hierro Galvanizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Costo moderado de los materiales</li> <li>▪ Disponible en diversos tamaños</li> <li>▪ En ocasiones anticorrosivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sólo la superficie externa suele estar protegida</li> <li>▪ Labor de instalación intensa</li> <li>▪ Rugosidad interior ocasiona sedimentación y caída de presión</li> <li>▪ Se oxida en las uniones y presenta fugas</li> </ul>
Cobre	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No se oxida, buena calidad del aire</li> <li>▪ Uniformidad de la superficie interior reduce la caída de la presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Debe soldarse muy bien para evitar fugas</li> <li>▪ Susceptible a ciclos térmicos</li> <li>▪ Su instalación requiere uso de sopletes</li> </ul>
Acero inoxidable	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No se oxida, buena calidad del aire</li> <li>▪ Uniformidad de la superficie interior reduce la caída de la presión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Labor de instalación intensa</li> <li>▪ Materiales costosos</li> </ul>
PVC	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Liviano</li> <li>▪ Bajo costo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menor seguridad</li> <li>▪ En algunas áreas no es compatible con algunos códigos</li> <li>▪ Presenta carga eléctrica</li> <li>▪ Sujeto a ruptura</li> <li>▪ Los adhesivos no son compatibles con los aceites para compresores</li> </ul>
Aluminio	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Resistente a la corrosión</li> <li>▪ Liviano</li> <li>▪ Instalación sencilla</li> <li>▪ Costo bajos para el propietario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Presión limitada</li> <li>▪ Costos de los materiales</li> </ul>

*Ilustración 48. Materiales de tuberías*

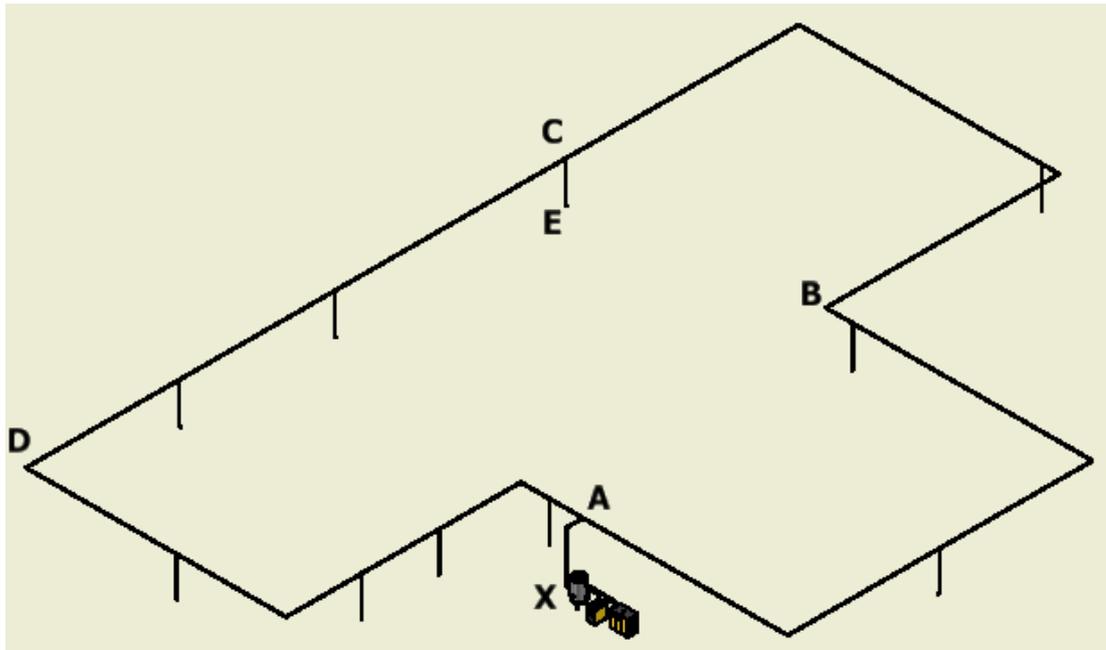
Al dimensionar la distribución del aire comprimido según el manual siempre se deberán realizar los cálculos pertinentes para que asegure que la pérdida de presión entre un compresor y los consumidores sea de máximo 1 bar, a su vez, el mismo establece las siguientes pérdidas de presión las cuales deben ser calculadas más adelante pero se utilizan para una primera selección de los diámetros de las tuberías.

1	Conducción principal	0,03 bar
2	Conducción de distribución	0,03 bar
3	Conducción de conexión	0,04 bar
4	Secador	0,20 bar
5	Unidad de mantenimiento y manguera	0,50 bar
	<b>Total máx.</b>	<b>0,80 bar</b>

*Ilustración 49. Pérdidas de presión admisibles*

Para obtener los diámetros internos de las tuberías primero debemos definir los metros y caudales de los tramos en los cuales basaremos el análisis, a su vez se toman las siguientes consideraciones:

- Se toman 4 tramos para el estudio, X-A, A-B-C, A-D-C y C-E.
- Se toma como condición más desfavorable que el consumo se está dando en el punto E, ya que es el punto más remoto.
- El consumo en el punto E es el 40% del caudal total entregado por el compresor.
- El caudal en el punto A se divide, 70% del caudal total se dirige en sentido A-D y 30% en sentido A-B.



*Ilustración 50. Red neumática anillada*

Teniendo el valor de las pérdidas de carga, presión, caudales y longitudes estamos en condiciones de determinar el diámetro de las tuberías a partir de la siguiente expresión:

$$d_i = \sqrt[5]{\frac{1.6 * 10^3 * V^{1.85} * L}{\Delta p * p_s}}$$

Donde:

$d_i$  = diámetro interno de la tubería en metros

$p_s$  = presión del sistema en pascales (700000 [Pa])

$L$  = longitud nominal en metros

$\Delta p$  = pérdida de presión en pascales

$V$  = caudal en [m<sup>3</sup>/seg]

Los valores que se muestran en la siguiente tabla son los calculados con la ecuación anterior:

Tramo	Longitud [m]	Caudal [m <sup>3</sup> /seg]	Pérdida de presión [Pa]	Diámetro interno [mm]
X-A	15	0.064	3000	37
A-B-C	133	0.049	3000	51
A-D-C	100	0.020	3000	35
C-E	3.5	0.026	4000	19

*Tabla 31. Diámetro interno 1º iteración*

Realizamos una nueva iteración considerando los metros equivalentes por tramo dados por los accesorios:

Tramo	Accesorio	Cantidad	Total [m]
X-A	Codo 90°	5	13
	Válvula esférica	2	20
	Tee	2	5
	Total:		38
A-B-C	Codo 90°	5	18
A-D-C	Codo 90°	3	7.5
C-E	Válvula esférica	1	7

*Tabla 32. Longitud equivalente de accesorios*

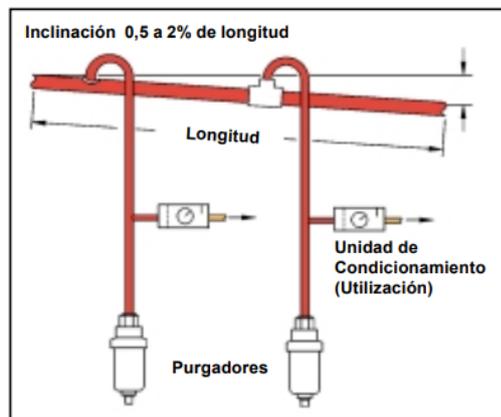
Tramo	Longitud [m]	Caudal [m <sup>3</sup> /seg]	Pérdida de presión [Pa]	Diámetro interno [mm]
X-A	53	0.064	3000	48
A-B-C	151	0.049	3000	52
A-D-C	107.5	0.020	3000	35
C-E	10.5	0.026	4000	23

*Tabla 33. Diámetro interno 2º iteración*

De acuerdo con la tabla anterior, seleccionamos tubos rígidos de aluminio calibrados, el valor del diámetro será el próximo superior al calculado, por lo tanto, para los tramos X-A, A-B-C y A-D-C corresponde un diámetro de 2 ½” y 2 mm de espesor, por otra parte, para los tramos de conexión C-E seleccionamos un diámetro de 1”.

### **Inclinación de tuberías**

El intercambio de temperatura entre el aire de la red y el aire exterior causa una disminución de la temperatura del aire de la red y una condensación del vapor de agua, por ello, la red de distribución del aire comprimido debe poseer una cierta inclinación en la dirección del flujo con el fin de retirar la condensación y eventuales impurezas propias de la red, llevándolas a un punto más bajo donde sean eliminadas a través del drenaje. La inclinación debe ser de 0.5 a 2% en función de la longitud del conducto, tal como se muestra en la siguiente imagen:



*Ilustración 51. Inclinación tuberías*

A su vez, las tomas de aire siempre deben hacerse por la parte superior del conducto de distribución para evitar que ante posibles condensados, estos descendan por los conductos de consumo. Para lograr que el mismo se dé de esta manera se usan conexiones tipo cuello de cisne.



Ilustración 52. Cuello de cisne

### 3.1.5 Cómputo y presupuesto de materiales

Descripción	Cantidad	Precio unitario [u\$d]	Precio total unitario [u\$d]
Compresor Kaeser ASD50	1	21580	21580
Secador refrigerativo Kaeser TD51	1	16600	16600
Balón de aire 3000L	1	10675	10675
Filtros	2	285	570
Purgador ECO-DRAIN 31	1	1011	1011
Válvula esférica 2 ½"	3	245	735
Tee 2 ½"	2	150	300
Codo 90° 2 ½"	12	105	1260
Cupla 2 ½"	38	84	3192
Cuello de cisne 2 ½"	10	65	650
Válvula esférica 1"	10	53	530
Tubo 1" x 6 metros	6	72	432
Tubo 2 ½" x 6 metros	40	185	7400
Mano de obra (sin considerar compresor, secador, filtros y purgador y tanque de almacenamiento).	-	-	14500
<b>Total</b>			<b>79435</b>

Tabla 34. Cómputo y presupuesto de materiales

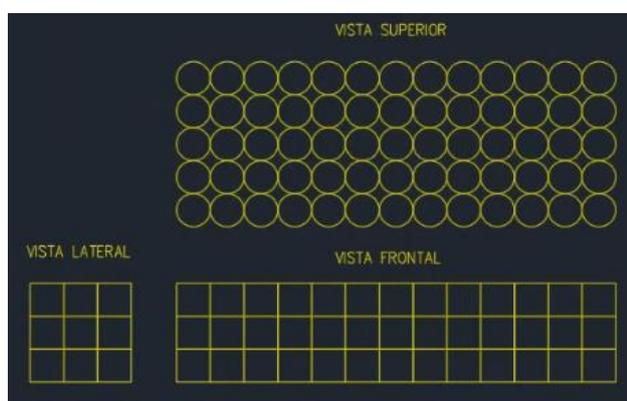
## **3.2 Red contra incendios**

A partir de las normas National Fire Protection Association para la instalación de sistemas de rociadores (NFPA 13, 2019) e IRAM 3597 (IRAM, 3597 Instalaciones fijas contra incendios, 2013) se establecen los requisitos mínimos para el diseño e instalación de sistemas de rociadores de incendios para protección contra incendios con el supuesto de que los mismos deben estar diseñados para que el siniestro se origine dentro del edificio, a su vez la norma tiene como propósito proveer un grado razonable de protección contra incendios de la propiedad y las personas que trabajan dentro de la nave industrial a partir de la normalización del diseño de rociadores, tuberías de transporte de agua para el servicio contra incendios y requisitos para la instalación.

Se utilizará un sistemas de tubería húmeda, es el que tiene todas sus tuberías llenas de agua y, además, una fuente de abastecimiento permanente capaz de satisfacer la demanda del sistema. La válvula de admisión a la red se encuentra permanentemente abierta y siempre hay presión hidrostática en la misma. El accionamiento de este tipo de redes es automático y las cañerías están constantemente presurizadas.

### 3.2.1 Especificaciones y almacenamiento de materia prima

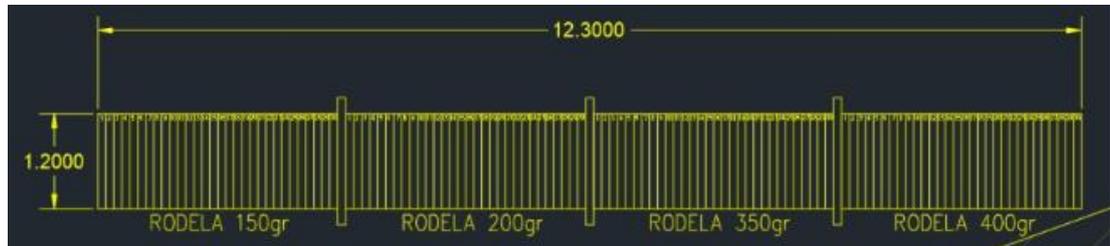
Dentro de la nave industrial se dispone un área para almacenamiento de bobinas de papel de cartón, las mismas tienen un diámetro de 1.2 metros por 1.2 metros de altura y un peso aproximado de 950 [kg]. Las mismas serán depositadas con una configuración máxima de 5 por 13 y 3 unidades de estiba tal como se muestra en la siguiente imagen, por lo tanto, tenemos un total de 195 bobinas asegurando la producción semanal.



*Ilustración 53. Configuración estibas de bobinas*

Como se detalló anteriormente, a medida que la máquina tubera conforme vaya consumiendo el juego de rodela se las debe ir reemplazando, por lo tanto, del stock almacenado de bobinas se las va rebobinando para formar las rodela. Éstas irán siendo depositadas en cercanías de la maquina tubera, ordenadas según su gramaje y acumuladas en un total de 30 unidades cada una.

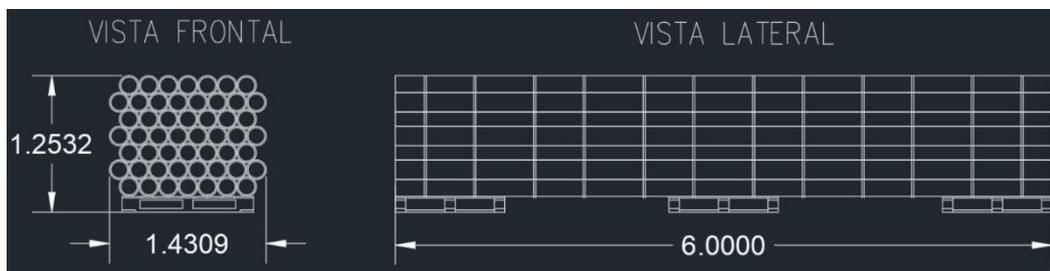
Las rodela tienen un diámetro de 1.2 metros por 10 centímetros de ancho y un peso que varía según su gramaje, pueden ser de 150/200/350/400 gramos por metros cuadrados, tal como se muestra en la siguiente imagen:



*Ilustración 54. Configuración de estibas de rodela*

### 3.2.2 Especificaciones y almacenamiento del producto terminado

A medida que los tubos son terminados se los deposita en un área hasta su posterior despacho, cabe destacar que para determinar la cantidad máxima de ellos almacenados se considera la condición más desfavorable y que son acumulados por una semana de producción. En esta semana, se produce un total de 180 palés de 6", 162 palés de 4" y 108 palés de 3". En la siguiente imagen se detallan las dimensiones de los tipos de tubos ya empaquetados y paletizados:



*Ilustración 55. Paletizado tubo de 6"*

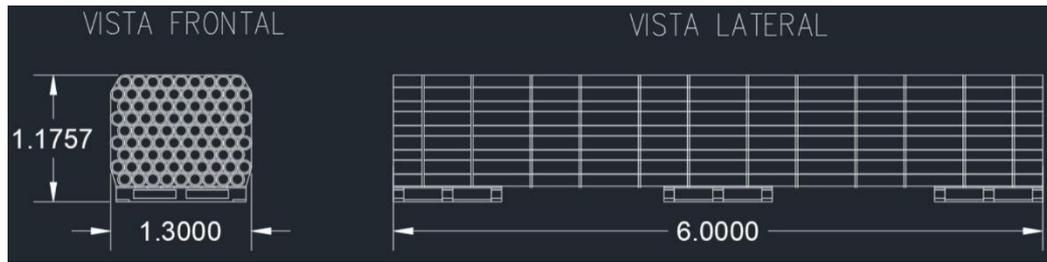
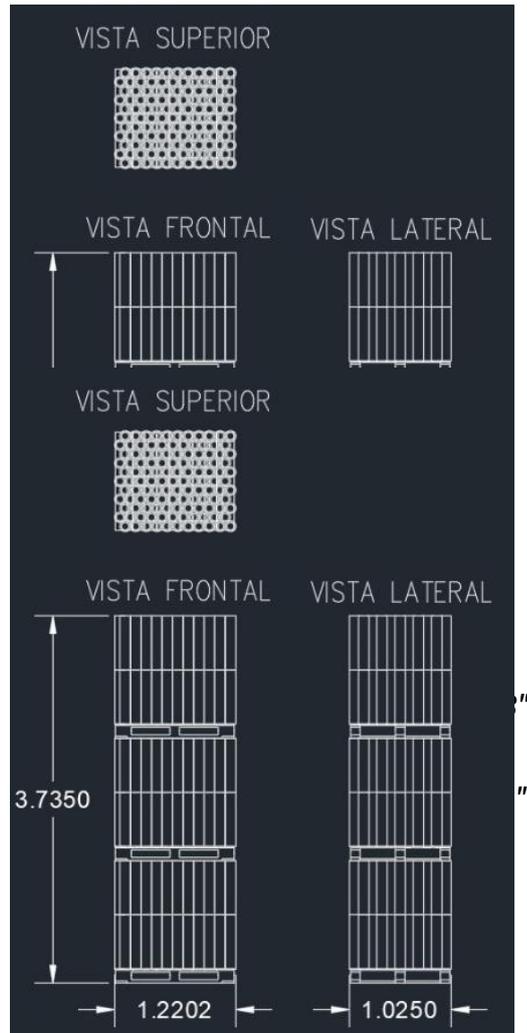


Ilustración 56. Paletizado tubo de 4"



### 3.2.3 Clasificaciones normativas

#### 3.2.3.1 Configuraciones de almacenamiento:

Acorde a la norma NFPA N°13, los posibles tipos de almacenamiento que pueden encontrarse dentro de la nave industrial los clasifica de la siguiente manera:

*“Almacenamiento en estantes espalda con espalda: Dos estantes solidos o perforados de una profundidad de hasta (750 mm) cada uno, sin que se exceda una profundidad total de (1.5 m), separados por una barrera longitudinal vertical de materiales tales como madera laminada, madera aglomerada, lamina metálica o material equivalente, con penetraciones de un diámetro máximo de (6 mm) y ningún espacio de flujo de longitudinal y una altura máxima de almacenamiento de (4.6 m.*

*Almacenamiento en gavetas: en cajas de cinco lados de madera, metal o cartón, con un frente abierto en los pasillos en los que las cajas son autoportantes o están sostenidas por una estructura diseñada de manera que exista un escaso, o nulo, espacio horizontal o vertical alrededor de las cajas.*

*Almacenamiento compacto: sobre estantes solidos que no excede de (900 mm) de profundidad total, en un arreglo con una parte de un módulo de almacenamiento compacto, con una separación vertical no mayor de (750 mm) entre estantes y sin espacios de flujo verticales internos diferentes de aquellos que quedan entre las secciones de estantes individuales.*

*Almacenamiento en pilas de gran altura: en apilamientos compactos, en palés, en estanterías y en gavetas de más de (3.7 m) de altura.*

*Almacenamiento en pilas de baja altura: en apilamientos compactos, en palés, en gavetas y en estantes, de hasta (3.7 m) de altura.*

*Almacenamiento misceláneo: que no exceda de (3.66 m) de altura, es incidental a otro grupo de uso de la ocupación, no constituye más del 10 por ciento del área del edificio o (370 m<sup>2</sup>) con rociadores, lo que sea mayor, no excede de (93 m<sup>2</sup>) en una pila o área y está separado de otras áreas de almacenamiento por una distancia de al menos (7.62 m).*

Se concluye entonces que para las configuraciones de almacenamiento detalladas, estamos frente a un almacenamiento en apilamientos compactos de baja altura (hasta 3.7 metros) en palés de madera o en el piso.

### **3.2.3.2 Clasificación de mercadería:**

Acorde a la norma NFPA N°13, clasifica las mercaderías en clases del I al IV:

*“Clase I: debe ser definida como un producto no combustible que cumple con uno de los siguientes criterios: (1) Está colocada directamente sobre palés de madera (2) Está colocada en cajas de cartón corrugado de una sola capa, con o sin divisores de cartulina de espesor simple, con o sin palés (3) Está envuelta con película retráctil o papel como una carga unitaria, con o sin palés.*

*Clase II: Debe ser definida como un producto no combustible colocado en cajones de listones de madera, cajas de madera sólida, cajas de cartón, corrugado, de capas múltiples o materiales de embalaje combustibles, con o sin palés.*

*Clase III: Debe ser definida como un producto elaborado por madera, papel, fibras naturales o plásticos del grupo C con o sin cajones, cajas o contenedores de cartón y con o sin palés.*

*Clase IV: Debe ser definida como un producto, con o sin palés, que cumple con uno de los siguientes criterios: (1) Está construida parcial o totalmente con plásticos del grupos B (2) Consiste en materiales plásticos del grupo A de flujo libre (3) En cajas de cartón, o dentro de un contenedor de madera, que contiene más del 5 por ciento y hasta 15 por ciento por peso de plástico del grupo A no expandido (4) En cajas de cartón, o dentro de un contenedor de madera, que contiene más del 5 por ciento y hasta el 25 por ciento por volumen de plásticos del grupo A expandidos (5) En cajas de cartón, o dentro de un contenedor de madera, que contiene una mezcla de plásticos*

del grupo A expandidos y no expandidos (6) Expuesta, que contiene más del 5 por ciento y hasta el 15 por ciento por peso de plástico del grupo A no expandido (7) Expuesta, que contiene una mezcla de plásticos del grupo A expandidos y no expandidos”

Se concluye entonces que estamos en presencia de una mercadería de clase III dado que es un producto elaborado en papel de cartón depositado con o sin palés.

### 3.2.3.3 Clasificación del riesgo

Establecida la clase de mercadería y altura de almacenamiento, partimos de la siguiente tabla correspondiente a la NFPA N°13 para determinar el tipo de riesgo de esta:

Mercancía	Tipo de almacenamiento	Altura de almacenamiento		Altura máxima del ciclorraso		Curva de diseño Figura 19.3.3.1.1	Nota	Manguera interior		Total combinado de manguera interior y exterior		Duración (minutos)
		pie	m	pie	m			gpm	L/min	gpm	L/min	
<b>Clase I a Clase IV</b>												
Clase I	En apilamientos compactos, en palés, en gavetas, en estanterías de hilera única, doble o múltiple y almacenamiento en estantes espalda con espalda	≤12	≤3.7	—	—	OH1		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Clase II		≤10	≤3.0	—	—	OH1		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Clase II		>10 a ≤12	>3.0 a ≤3.7	—	—	OH2		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
<b>Clase III</b>		≤12	≤3.7	—	—	OH2		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Clase IV		≤10	≤3.0	—	—	OH2		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
Clase IV	En palés, en gavetas, en estantes y en apilamientos compactos	>10 a ≤12	>3.0 a ≤3.7	32	10	OH2		0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90
	En estanterías de hilera única, doble o múltiple y almacenamiento en estantes espalda con espalda	>10 a ≤12	>3.0 a ≤3.7	32	10	EH1		0, 50, 100	0, 190, 380	500	1900	120
	En estanterías de hilera única, doble o múltiple	>10 a ≤12	>3.0 a ≤3.7	32	10	Ver Capítulo 25.	+1 nivel en estantería	0, 50, 100	0, 190, 380	250	950	90

Tabla 35. Tipos de riesgos

Como podemos ver en la imagen anterior, estamos frente a un riesgo ordinario (grupo 2) (OH2) y la Norma NFPA N°13 lo define como *“ocupaciones o partes de otras ocupaciones donde la cantidad y combustibilidad de los contenidos son de moderadas a altas, los apilamientos de los contenidos con tasa de liberación de calor moderadas no exceden los (3.7 m) y los apilamientos de los contenidos con tasas de liberación de calor altas no exceden los (2.4 m)”*.

### **3.2.4 Hidrantes**

Uno de los sistemas de extinción de incendio será del tipo BIE (boca de incendio equipada), para su diseño este apartado se basará en la Norma NFPA N°14 (Association, 2007), la cual es una normativa que establece los requisitos mínimos para el diseño, instalación y aceptación de sistemas de tuberías verticales y horizontales fijas, mangueras de estación, entre otros.

#### **3.2.4.1 Clasificación de estaciones de manguera**

La norma mencionada define los siguientes tipos de sistemas de estaciones de manguera:

*“Sistema clase I: provee conexiones de manguera de 65 mm para suplir agua para uso de bomberos y aquellos entrenados en el manejo de chorros pesados para incendio.*

*Sistema clase II: provee estaciones de manguera de 38 mm para suplir agua para uso primariamente de personal entrenado o por los bomberos durante la respuesta inicial.*

*Sistema clase III: provee estaciones de manguera de 38 mm para suplir agua para uso por personal entrenado y conexiones de manguera de 65 mm para suministrar un gran*

volumen de agua para uso por los bomberos y aquellos entrenados en el manejo de chorros pesados para incendio”.

Se adopta el sistema de clase I para uso de bomberos y personal entrenado. Se define además el caudal necesario para un riesgo ordinario, el cual es de 950 litros por minuto y una duración de 60 a 90 minutos, a continuación se detalla en la Tabla 28:

Ocupación	Manguera interior		Manguera interior y exterior total combinada		Duración (minutos)
	gpm	L/min	gpm	L/min	
Riesgo leve	0, 50, o 100	0, 190, o 380	100	380	30
Riesgo ordinario	0, 50, o 100	0, 190, o 380	250	950	60-90
Riesgo extra	0, 50, o 100	0, 190, o 380	500	1900	90-120

*Tabla 37. Caudal de hidrantes*

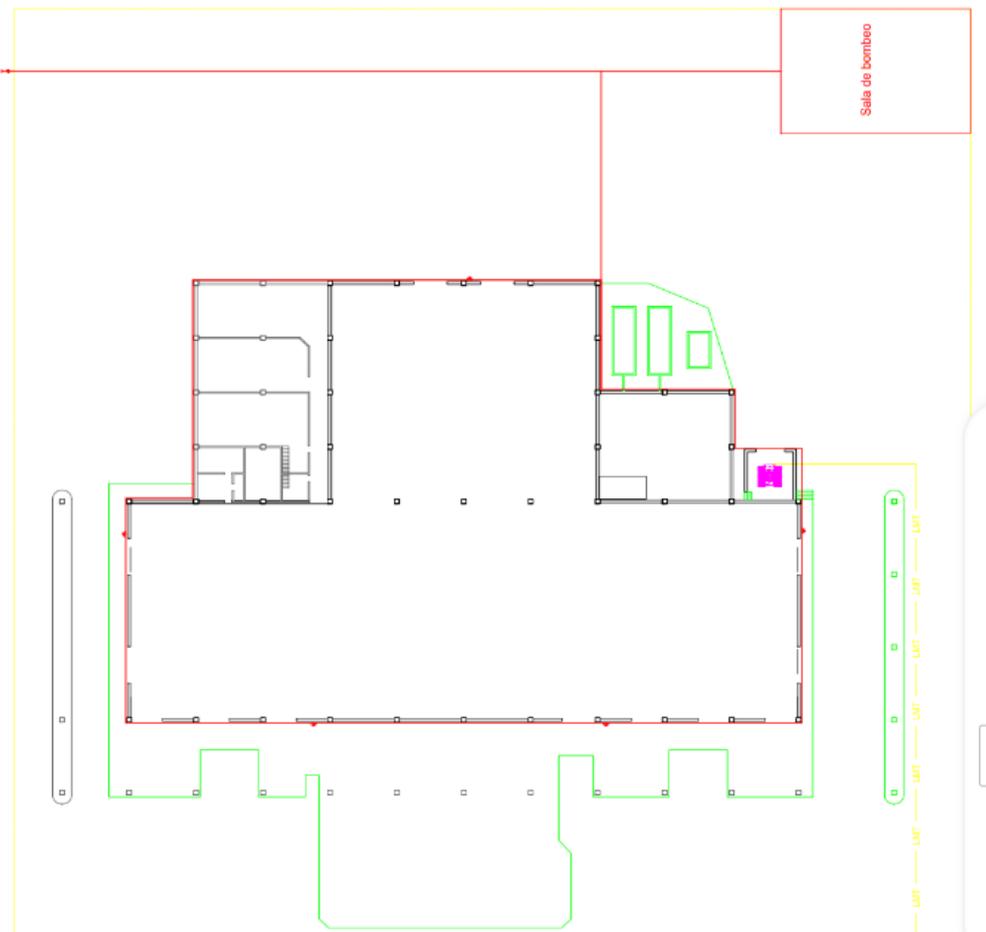
Norma establece que los hidrantes se deben distribuir en toda la zona a proteger de acuerdo que sus radios de cobertura cubran toda la nave industrial. Se emplazarán de acuerdo con el layout final de la fábrica, cerca de aberturas de acceso, sobre las paredes o columnas exteriores. Para fijar el límite de cobertura de cada BIE se debe tener en cuenta obstáculos como maquinas o paredes, las cuales no las presenta en este caso, por lo tanto, el radio de cobertura es máximo de 25 metros, y está dado por la longitud de la manguera.

Serán montados a una altura de entre 1 a 1.4 metros sobre el nivel del piso. Por otra parte, los armarios y gabinetes con sus respectivos elementos deben cumplir con los estándares establecidos por la Norma IRAM 3548 (IRAM, 3548 Mangas de extincion de incendios).

### 3.2.4.2 Distribución de hidrantes

En la imagen que se muestra a continuación se observa la red de tuberías y la ubicación de los nichos hidrantes, la tubería irá colocada subterráneamente por la periferia exterior de la nave industrial. Por otra parte, se necesitarán un total de 5 nichos ubicados en entradas y lugares que no dificulten su acceso ante un siniestro.

Según la norma NFPA N°14 el edificio también debe ser provisto con uno o más conexiones de bomberos para riesgos de clase I o clase III, por lo tanto, la conexión de estos será emplazada desde el frente de la calle hasta la sala de bombeo, tal como se muestra en la siguiente ilustración:



*Ilustración 58. Distribución de nichos hidrantes*

### 3.2.5 Sistema de rociadores

Se adopta un sistema de rociadores automáticos y se toma como criterio de diseño el capítulo 19 de la Norma NFPA N°19. El cual establece como requisito lo siguiente:

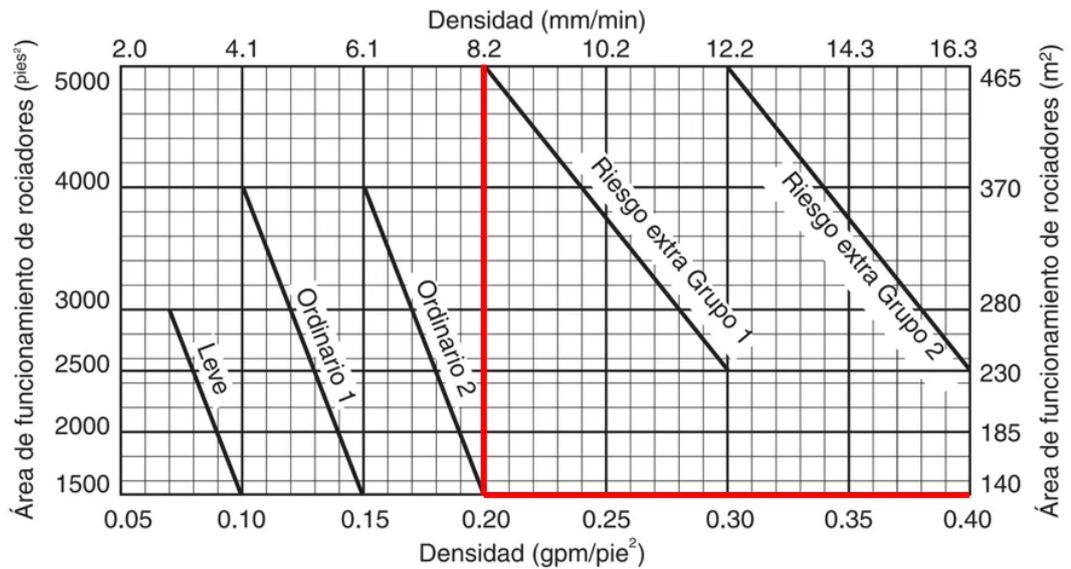
*“La demanda de agua para rociadores debe ser determinada solamente a partir de uno de los siguiente ítems, a criterio del diseñador:*

- (1) Las curvas de densidad/área de la figura 19.3.3.1.1, de acuerdo con el método de densidad/área de 19.3.3.2.*
- (2) El cuarto que genera la mayor demanda de acuerdo con el método de diseño de cuarto de 19.3.3.3.*
- (3) Áreas de diseño especiales de acuerdo con 19.3.3.4.*

*El suministro de agua mínimo debe estar disponible para la duración especificada en la Tabla 29.*

*Deben permitirse los valores de duración más bajos de la Tabla 29 donde uno o más dispositivos de alarma de flujo de agua de sistemas de rociadores y dispositivos de supervisión son eléctricamente supervisados y tal supervisión es monitoreada en una ubicación constantemente atendida, aprobada”.*

A partir de la siguiente imagen se determinará el suministro de agua para rociadores para un área de diseño considerada más riesgosa y propensa a incendios, la misma es hidráulicamente más demandante, se considera la superficie de 140 m<sup>2</sup> y riesgo ordinario 2 (de la tabla 27.2.4.7.2 “área de diseño mínima” correspondiente a la NFPA 13). Se selecciona el extremo inferior del área de funcionamiento de los rociadores ya que corresponde a la densidad de descarga mayor para este tipo de riesgo lo que conlleva a una demanda de agua menor.



**Figura 19.3.3.1.1** Curvas de densidad/área.

*Ilustración 59. Curvas de densidad/área*

Con la imagen anterior nos aseguraremos de que la zona hidráulicamente más demandante del sistema de rociadores, donde se asume que se activará una cierta cantidad de rociadores al ocurrir un incendio, logrará controlar el mismo. Se presume que si el sistema puede satisfacer la demanda generada por ella, satisfará la demanda de cualquier otra zona de la edificación protegida.

Se adopta rociadores pulverizadores estándar, de bulbo, colgante, con un factor  $K=5.6$  el cual es establecido como mínimo para este tipo de riesgo por la norma NFPA N° 13, rosca de ½" NPT y un tiempo de respuesta estándar. Deben estar señalizados de manera permanente con uno o dos caracteres alfabéticos en inglés, en mayúscula, que identifiquen al fabricante, seguidos por tres o cuatro números que identifiquen el factor K, certificación de presión y sensibilidad térmica.

Al presentarse un siniestro dentro de un sector de la nave industrial el calor del fuego actúa sobre el bulbo, haciendo que el líquido que contiene hierva y la presión

del vapor rompa el vidrio liberando el tapón que contiene el paso del agua presente en las tuberías, por lo tanto, se debe definir el color del rociador (rango de temperatura).

Se adopta un rango de temperatura alto (121-149°C), color de bulbo de vidrio azul, debido a que si seleccionamos una temperatura ordinaria o intermedia durante las altas temperaturas del verano y sumado a la falta de aislación en el cielo raso y a la cercanía a la que estarán montados los rociadores del techo, puede suponer un accionamiento accidental de los rociadores provocando pérdidas de productos terminados, materia prima y/o rotura de maquinarias, obteniendo también la ventaja de que al seleccionar este rango de temperatura estamos frente a una red de rociadores selectivos, es decir, solo actuarán en los sectores donde se encuentre el foco de incendio lo cual no afectaría el caudal provisto por las bombas. En las siguientes imágenes extraídas de la norma NFPA N°13 se detallan datos técnicos de los rociadores seleccionados:

Factor K nominal [gpm/(psi) <sup>1/2</sup> ]	Factor K nominal [L./min/(bar) <sup>1/2</sup> ]	Rango del factor K [gpm/(psi) <sup>1/2</sup> ]	Rango del factor K [L./min/(bar) <sup>1/2</sup> ]	Porcentaje de descarga del factor K-5.6 nominal	Tipo de rosca
1.4	20	1.3-1.5	19-22	25	½ pulg. (15 mm) NPT
1.9	27	1.8-2.0	26-29	33.3	½ pulg. (15 mm) NPT
2.8	40	2.6-2.9	38-42	50	½ pulg. (15 mm) NPT
4.2	60	4.0-4.4	57-63	75	½ pulg. (15 mm) NPT
5.6	80	5.3-5.8	76-84	100	½ pulg. (15 mm) NPT
8.0	115	7.4-8.2	107-118	140	¾ pulg. (20 mm) NPT o ½ pulg. (15 mm) NPT
11.2	160	10.7-11.7	159-166	200	½ pulg. (15 mm) NPT o ¾ pulg. (20 mm) NPT
14.0	200	13.5-14.5	195-209	250	¾ pulg. (20 mm) NPT
16.8	240	16.0-17.6	231-254	300	¾ pulg. (20 mm) NPT
19.6	280	18.6-20.6	272-301	350	1 pulg. (25 mm) NPT
22.4	320	21.3-23.5	311-343	400	1 pulg. (25 mm) NPT
25.2	360	23.9-26.5	349-387	450	1 pulg. (25 mm) NPT
28.0	400	26.6-29.4	389-430	500	1 pulg. (25 mm) NPT

*Ilustración 60. Características de descargas de los rociadores*

Temperatura máxima del cielorraso		Rango de temperatura		Clasificación de temperatura	Código de color	Colores del bulbo de vidrio
°F	°C	°F	°C			
100	38	135-170	57-77	Ordinaria	Sin color o de color negro	Naranja o rojo
150	66	175-225	79-107	Intermedia	Blanco	Amarillo o verde
225	107	250-300	121-149	Alta	Azul	Azul
300	149	325-375	163-191	Extra alta	Rojo	Morado
375	191	400-475	204-246	Muy extra alta	Verde	Negro
475	246	500-575	260-302	Ultra alta	Naranja	Negro
625	329	650	343	Ultra alta	Naranja	Negro

*Ilustración 61. Rangos de temperatura y códigos de color*

### 3.2.6 Verificación del caudal total necesario

En este apartado se verifica si el caudal nominal de la bomba principal del equipo paquetizado cubre la demanda total durante un incendio en el que deben actuar rociadores e hidrantes. El caudal total esta dado por:

$$Q_T = Q_R + Q_H$$

Siendo  $Q_R$  y  $Q_H$  el caudal demandado por los rociadores e hidrantes respectivamente. El caudal  $Q_H$  fue determinado a partir de la tabla 30 correspondiente a la norma NFPA N°13 y corresponde a un valor de 950 [lpm], mientras que el caudal de los rociadores se determina a partir de la gráfica área/densidad y la siguiente expresión:

$$Q_R = \text{Densidad} \left[ \frac{mm}{min} \right] * \text{área de funcionamiento} [m^2]$$

$$Q_R = 8.2 \left[ \frac{mm}{min} \right] * 140 [m^2] = 1150 [lpm]$$

Reemplazando:

$$Q_T = 1150 [lpm] + 950 [lpm] = 2100 [lpm]$$

Caudal requerido por bomba principal  $Q_B$ :

$$Q_B = \frac{2100 [lpm] * 60 \left[ \frac{hora}{min} \right]}{1000 \left[ \frac{l}{m^3} \right]} = 125 \left[ \frac{m^3}{h} \right]$$

### 3.2.7 Suministro de agua

Como se detalló con anterioridad, la empresa Papelera Entre Ríos S.A posee un equipo de bombeo paquetizado previsto para esta finalidad. El mismo se trata de un modelo **NK 80-250/263 de la marca Grundfos**, el caudal nominal de las bombas principales es de 120 [m3/h] y una presión nominal de 10 [kg/cm2], el cual se cumple con el caudal necesario calculado. Según NFPA N°13 el sistema contra incendios debe

funcionar de manera ininterrumpida por un total de 90 minutos, por lo tanto, debemos tener un reservorio de agua de al menos 180 [m<sup>3</sup>].

Se concluye entonces que se instalarán dos cisternas de 90[m<sup>3</sup>] cada una, fijas emplazadas en el piso exterior de la nave industrial.

### 3.2.8 Cantidad y distancia entre rociadores

#### 3.2.8.1 Área de protección y espaciamiento máximo de rociadores

En la siguiente ilustración extraída de la norma, se puede ver el área de protección y espaciamiento máximo de acuerdo con la clase de rociadores seleccionados y tipo de riesgo:

**Tabla 10.2.4.2.1(b) Áreas de protección y espaciamiento máximo de rociadores pulverizadores estándar colgantes y montantes para riesgo ordinario**

Tipo de construcción	Tipo de sistema	Área de protección		Espaciamiento máximo	
		pie <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	pie	m
Todas	Todos	130	12	15	4.6

*Ilustración 62. Áreas de protección de rociadores*

Por lo tanto, para un área aproximado de planta (sector de producción y almacenamiento) de 2400 m<sup>2</sup> y considerando un área de protección por cada rociador de 12 m<sup>2</sup> se requerirá un total de 200 rociadores.

#### 3.2.8.2 Distancia máxima desde muros

La norma define lo siguiente para la distancia máxima desde los muros a los rociadores lindantes: *“la distancia desde los rociadores hasta los muros no debe exceder la mitad de la distancia admisible entre rociadores, según lo indicado en la tabla 10.2.4.2.1(a) a la tabla 10.2.4.2.1(d)”*.

### **3.2.8.3 Distancia mínima desde muros**

Por otra parte, también establece la distancia mínima desde los muros y detalla lo siguiente: *“los rociadores deben estar ubicados a un mínimo de (100mm) desde un muro”*.

### **3.2.8.4 Distancias mínimas entre rociadores**

Según NFPA N°13 detalla lo siguiente sobre las distancias mínimas entre rociadores: *“a menos que se cumplan los requisitos 10.2.5.4.2 o 10.2.5.4.3, los rociadores deben estar espaciados a no menos de (1.8 m) entre centros”*.

### **3.2.8.5 Distancia debajo de cielorraso**

Para definir la distancia de emplazamiento de los aspersores debajo del cielorraso se debe tener en cuenta que la forma del techo que presenta la nave industrial es del tipo diente de sierra, es por ello por lo que la norma NFPA N°13 establece lo siguiente: *“debajo de techos con bordes aserrados, los rociadores que están en la elevación más alta no deben exceder una distancia de (900mm) medida hacia debajo de la pendiente desde la cúspide”*.

### 3.2.8.6 Distribución de rociadores

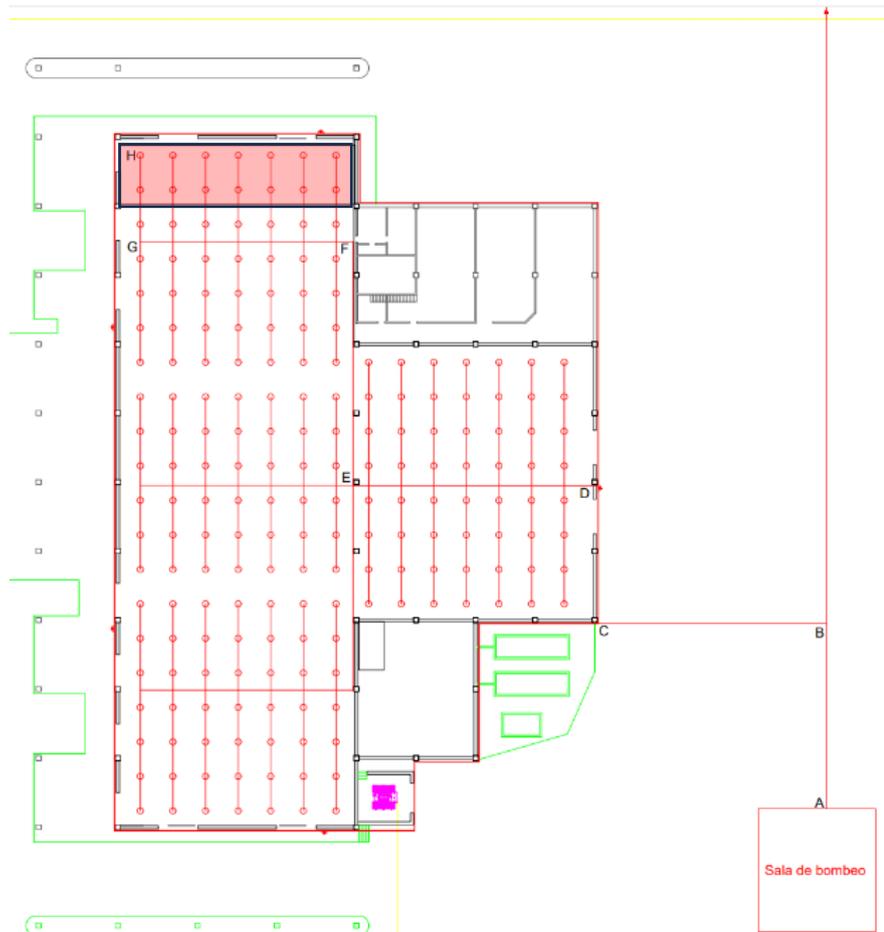


Ilustración 63. Distribución de rociadores

Para la distribución de rociadores por ramales en ocupaciones de riesgo ordinario, el inciso 27.5.3.1 correspondiente a la norma NFPA 14 define: *“las líneas ramales no deben exceder de ocho rociadores en cualquiera de los lados de una tubería principal transversal”*.

En la ilustración anterior también se puede observar la región sombreada la cual hace referencia al área de diseño más remoto de los rociadores, necesaria para el cálculo hidráulico.

### 3.2.9 Válvulas

Acorde a la norma NFPA 14, las conexiones para cada suministro de agua deben ser provistas por válvulas tipo indicador, una válvula chek antirretorno cerca del suministro de agua y otra en los sistemas combinados de la tubería vertical con el rociador. A su vez, el sistema de la red de hidrantes debe ser provisto con válvulas tipo exclusiva para permitir el aislamiento de un tramo de la tubería sin interrumpir el servicio en otros tramos.



*Ilustración 64. Válvulas tipo mariposa, retención y esclusa*

A continuación se adjunta una tabla en la que se detalla la cantidad total de cada una de las válvulas con su diámetro:

<b>Descripción</b>	<b>Diámetro [pulgadas]</b>	<b>Cantidad</b>
Válvula retención	6	1
Válvula esclusa	6	2
Válvula retención	4	1
Válvula esclusa	4	8
Válvula mariposa	4	2
Válvula mariposa	3	3

*Tabla 38. Válvulas*

### **3.2.10 Diámetros de tuberías**

#### **3.2.10.1 Diámetro de tubería principal:**

La norma NFPA N°14 en el apartado 5.1.3.2 establece: *“para tuberías principales que no abastecen a hidrantes, deben permitirse el uso de tamaños menores a 6 pulg”*. Por lo tanto, como la tubería principal debe abastecer tanto el sistema de rociadores automáticos como los hidrantes, se adopta el diámetro de 6 pulgadas el cual es el mínimo para este tramo denominado ABC que se puede observar en la siguiente ilustración.

La distancia desde la sala de bombeo hasta el punto ubicado en la periferia de la obra civil, donde se divide la toma de la red de hidrantes con la de rociadores tiene una longitud de 42 metros.

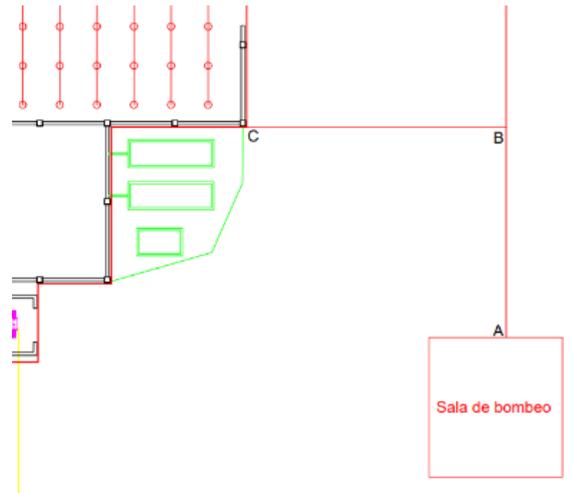


Ilustración 65. Cañería principal

### 3.2.10.2 Diámetros de líneas ramales de rociadores

El inciso 27.5.3.4 de la respectiva norma define los tamaños de la tubería a partir de la siguiente tabla:

Tabla 27.5.3.4 Cédula de tubería para riesgo ordinario

Acero		Cobre	
1 pulg. (25 mm)	2 rociadores	1 pulg. (25 mm)	2 rociadores
1¼ pulg. (32 mm)	3 rociadores	1¼ pulg. (32 mm)	3 rociadores
1½ pulg. (40 mm)	5 rociadores	1½ pulg. (40 mm)	5 rociadores
2 pulg. (50 mm)	10 rociadores	2 pulg. (50 mm)	12 rociadores
2½ pulg. (65 mm)	20 rociadores	2½ pulg. (65 mm)	25 rociadores
3 pulg. (80 mm)	40 rociadores	3 pulg. (80 mm)	45 rociadores
3½ pulg. (90 mm)	65 rociadores	3½ pulg. (90 mm)	75 rociadores
4 pulg. (100 mm)	100 rociadores	4 pulg. (100 mm)	115 rociadores
5 pulg. (125 mm)	160 rociadores	5 pulg. (125 mm)	180 rociadores
6 pulg. (150 mm)	275 rociadores	6 pulg. (150 mm)	300 rociadores
8 pulg. (200 mm)	Ver Sección 4.5	8 pulg. (200 mm)	Ver Sección 4.5

Tabla 39. Diámetros por cantidad de rociadores

De acuerdo con la ilustración 43 “distribución de rociadores” clasificamos y definimos los diferentes diámetros de los ramales:

Ramal	Diámetro [pulgadas]
C-D	4
D-E	4
E-F	3 1/2
F-G	3
G-H	2

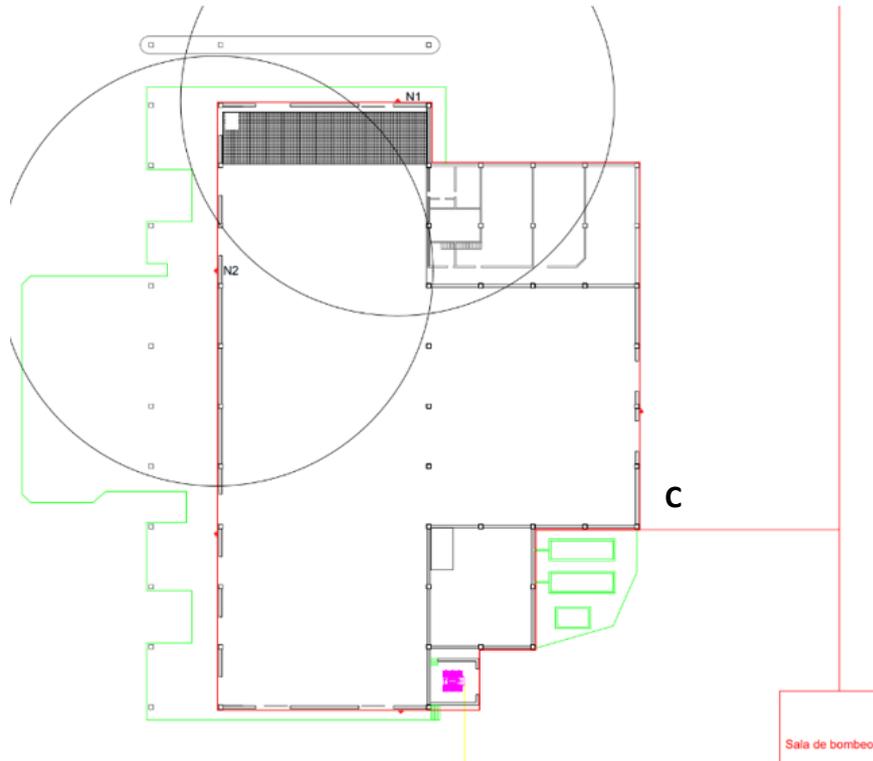
Tabla 40. Diámetros de ramales

### **3.2.10.3 Diámetro de red anillada de nichos hidrantes:**

La norma IRAM 3597 establece que se puede adoptar un diámetro mínimo de 4 pulgadas para redes cerradas en anillo en caso de no realizar cálculo hidráulico, por lo tanto, partiremos de este valor para una primera iteración, a su vez, la NFPA14 define lo siguiente sobre los tamaños mínimos para tuberías y líneas derivadas: *“las tuberías verticales de clase I y clase III deben ser de al menos 4 pulgadas en tamaño”*.

Por otra parte, la cantidad de hidrantes a considerar para el cálculo hidráulico está definido por el artículo 7.10.1.2.1 de la norma NFPA14 y dice lo siguiente: *“los cálculos hidráulicos y tamaños de tubería para cada tubería vertical horizontal deben estar basados en la provisión de 950 L/min en las dos conexiones de manguera hidráulicamente más remotas en la tubería vertical y la salida más alta de cada una de las otras tuberías verticales a la presión residual mínima requerida”*.

En la ilustración que se muestra a continuación se detallan los nichos hidrantes más remotos hidráulicamente NI y N2 con su respectivo área de cobertura de las mangueras, los mismos están situados cerca del área de diseño.



*Ilustración 66. Nichos hidrantes más remotos*

### **3.2.11 Presiones mínimas y máximas admisibles**

Según la norma NFPA 14 en el inciso 7.8.1 el límite de presión mínima residual debe ser de 100 psi en la salida la conexión de manguera de 2 ½” más remota hidráulicamente y de 65 psi para mangueras de 1 ½” más remota hidráulicamente. Por otra parte, la presión máxima de ésta última debe ser de 100 psi, mientras que para mangueras de 2 ½” la es de 175 psi.

Para rociadores la norma NFPA 13 en el ítem 27.2.4.11 define lo siguiente: “*la presión operativa mínima de cualquier rociador debe ser de 7 psi*” y redacta lo siguiente respecto a la presión operativa máxima: “*para ocupaciones de riesgo extra, almacenamiento en pales, apilamientos compactos, en gavetas, en estantes espalda con espalda, en estantes o en estanterías, la presión operativa máxima de cualquier rociador debe ser de 175 psi*”.

Acorde a la Norma IRAM 3597, las cañerías deben cumplir como mínimo al menos una norma brindada por la misma, por lo tanto, nos basaremos en la norma IRAM-IAS U500-2502, la cual establece que se pueden utilizar caños de acero negro con costura para usos comunes en la conducción de fluidos.

### **3.2.12 Suministro eléctrico**

Según la norma IRAM 3597 los motores eléctricos correspondientes a las bombas del equipo paquetizado deben tener como mínimo una fuente de alimentación eléctrica segura, es decir, una fuente de alimentación directa desde la red pública la cual se considera confiable. Caso contrario se debe contar con dos fuentes de alimentación independientes una de otra, de no poder cumplirse lo anterior la bomba secundaria debe ser tipo motor diésel (motobomba).

Para nuestro caso el suministro eléctrico se toma directamente de la red pública, el cuadro de bombas seleccionado requiere red trifásica de 380 [V] y una potencia nominal aproximada de 75 [kW].

Por otra parte, se opta por un motogenerador diésel como fuente de suministro de energía eléctrica secundaria, se selecciona un equipo de la marca Caterpillar de 150 [HP] vinculado con un generador capaz de producir 141 [kVA] de potencia eléctrica.

### 3.2.13 Cálculo hidráulico

#### 3.2.13.1 Caudales de nodos de la red de hidrantes anillada

Para poder definir el sentido del flujo del agua y el caudal en los diferentes tramos de la red partimos del método Hardy Cross, según la bibliografía (Mataix, 1982) consiste en aproximaciones sucesivas suponiendo un caudal en cada tramo de la tubería y que satisface la condición de continuidad en cada nudo. El mismo plantea un balance de pérdida de carga en función del caudal utilizando las fórmulas de Hazen-Williams:

$$hf_{ij} = a_{ij} * Q_{ij}^N$$

Siendo N una constante de valor 1.852 al igual que  $a_{ij}$ , la cual la determinamos con la expresión siguiente:

$$a_{ij} = \frac{L_{ij}}{(0.279 * C_{ij} * D_{ij}^{2.63})^N}$$

Donde:

$L_{ij}$ = longitud del tramo de cañería

$D_{ij}$ =diámetro de la cañería

$C_{ij}$ = constante de Hazen-Williams, se determina de la siguiente tabla y depende del tipo de tubería a utilizar

Tabla 27.2.4.8.1 Valores C de Hazen-Williams

Tubería o tubo	Valor C*
De hierro dúctil o fundido sin revestimiento	100
De acero negro (sistemas secos, incluidos sistemas de acción previa)	100
De acero negro (sistemas húmedos, incluidos sistemas tipo diluvio)	120
De acero galvanizado (sistemas secos, incluidos sistemas de acción previa)	100
De acero galvanizado (sistemas húmedos, incluidos sistemas tipo diluvio)	120
De plástico (listado) — todos	150
De hierro dúctil o fundido con revestimiento de cemento	140
Tubo de cobre, de latón o acero inoxidable	150
De asbesto cemento	140
De concreto	140

\*Se permite que la autoridad competente admita otros valores C.

Tabla 41. Valores de constante de Hazen-Williams

A partir de la siguiente ecuación, se calculan los caudales correctivos para cada tubería y se repite el proceso iterando hasta conseguir una precisión deseada:

$$\Delta Q = - \frac{\sum_1^k (a_{ij} |Q_{ij}|^{N-1} Q_{ij})}{N \sum_1^k (a_{ij} |Q_{ij}|^{N-1})}$$

Se define como positivo la dirección del flujo en sentido horario a las manecillas del reloj, según el estudio realizado anteriormente, se necesitan 950 litros por minuto en dos nichos hidrantes más remotos hidráulicamente, se adoptan los siguientes caudales para los diferentes tramos:

Tramo	Longitud [m]	Diámetro [m]	C	a	Q[lpm]	Q[m3/seg]
1-C	2	0.1016	120	207.03	950	0.01583
C-N2	120.8	0.1016	120	12504.84	250	0.00416
C-N1	77.6	0.1016	120	8032.91	-700	-0.01166
N1-N2	40.4	0.1016	120	4182.08	-225	-0.00375

Tabla 42. Caudales adoptados

A continuación se realizan las iteraciones correspondientes hasta que el valor de la corrección del caudal sea muy pequeño:

<b>Primera iteración</b>				
H [m]	$a Q ^{N-1}$	$a Q ^{N-1} \times Q$	$\Delta Q$ [m]	Q[m3/seg]
0.0958				0.0158
0.4871	117.0970	0.4871	0.0028	0.0070
-2.1106	181.0090	-2.1106	0.0028	-0.0088
-0.1344	35.8482	-0.1344	0.0028	-0.0009
-1.7579	333.9542	-1.7579	0.0085	

*Tabla 43. Primera iteración*

<b>Segunda iteración</b>				
H [m]	$a Q ^{N-1}$	$a Q ^{N-1} \times Q$	$\Delta Q$ [m]	Q[m3/seg]
0.095825				0.015830
1.277780	182.481866	1.277780	-0.000016	0.006986
-1.257990	142.665399	-1.257990	-0.000016	-0.008834
-0.009718	10.705022	-0.009718	-0.000016	-0.000924
0.010072	335.852286	0.010072	-0.000049	

*Tabla 44. Segunda iteración*

Como se puede ver, en la segunda iteración el  $\Delta Q$  ya es un valor muy pequeño, por lo tanto el valor final del caudal para cada tramo es el siguiente:

Tramo	Q[m3/seg]	Q [lpm]
<b>1-C</b>	0.015830	950
<b>C-N2</b>	0.006986	420
<b>C-N1</b>	-0.008834	530
<b>N1-N2</b>	-0.000924	55

*Tabla 45. Caudales finales*

### 3.2.13.2 Pérdidas de carga

Las pérdidas de carga se presentan de dos maneras, como perdidas primarias y secundarias, las primeras están vinculadas con el contacto del fluido con la tubería (capa limite), rozamiento entre capas del fluido con otras para el régimen laminar o partículas del fluido entre sí para régimen turbulento. Por otra parte, se encuentran las perdidas secundarias, las cuales se presentan por cambios de dirección del flujo, cambios de sección de la tubería y accesorios.

Para determinar las perdidas utilizaremos la ecuación Darcy-Weisbach según la bibliografía Mataix, la cual considera las perdidas secundarias como longitudes equivalentes entonces, las pérdidas totales primarias y secundarias se obtienen a partir de la siguiente expresión:

$$H_r = \lambda \frac{(L + \sum L_e)}{D} * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

$\lambda$ = es el coeficiente de pérdidas del diagrama de Moody

$L$ = es la longitud total de los tramos rectos de tuberías

$\sum L_e$ = suma de todas las longitudes equivalentes a los accesorios diversos

$v$ = velocidad media de la tubería

$g$  = es la aceleración de la gravedad

Como se mencionó el coeficiente  $\lambda$  se determina del diagrama de Moody, pero previamente se requiere calcular la rugosidad relativa  $k/d$ , siendo  $d$  el diámetro del tubo en mm y  $k$  la rugosidad de la tubería (acero soldado nuevo) y se halla de la ilustración que se muestra a continuación, correspondiente al Mataix:

Tabla 23 – COEFICIENTE DE RUGOSIDAD ABSOLUTA, K, PARA TUBERÍAS COMERCIALES  
(Tomado de: C. Mataix. MECÁNICA DE FLUIDOS Y MÁQUINAS HIDRÁULICAS. Oxford, Méjico, 2003. Pg. 219)

Tipo de Tubería	Rugosidad Absoluta: k [mm]
Vidrio, Cobre o Latón Estirado	< 0,001 (o lisa)
Latón Industrial	0,025
Acero Laminado Nuevo	0,05
Acero Laminado Oxidado	0,15 a 0,25
Acero Laminado con Incrustaciones	1,5 a 3
Acero Asfaltado	0,015
<b>Acero Soldado Nuevo</b>	<b>0,03 a 0,1</b>
Acero Soldado, Oxidado	0,4
Hierro Galvanizado	0,15 a 0,20
Fundición Corriente Nueva	0,25
Fundición Corriente Oxidada	1 a 1,5
Fundición Asfaltada	0,1
Cemento Alisado	0,3 a 0,8
Cemento Bruto	Hasta 3
Acero Robionado (remachado)	0,9 a 9
Duelas de Madera	0,183 a 0,91

Ilustración 67. Coeficientes de rugosidad absoluta K

También se requiere el número de Reynolds, este último se obtiene de la ecuación que se muestra:

$$Re = \frac{v * D}{V}$$

Donde:

$v$  = es la velocidad del fluido

$D$  = es el diámetro de la tubería

$V$  = es la viscosidad cinemática, la cual depende del fluido (agua a 20 °C) y se determina con la siguiente imagen, también de la bibliografía Mataix:

(Viscosidad cinemática = valor de la tabla · 10<sup>-6</sup>)

Temp (° C)	Agua**		Disolvente comercial		Tetracloruro de carbono		Aceite lubricante medio	
	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)	Densid. relat.	Visc. cinem. (m <sup>2</sup> /s)
5	1,000	1,520	0,728	1,476	1,620	0,763	0,905	471
10	1,000	1,308	0,725	1,376	1,608	0,696	0,900	260
15	0,999	1,142	0,721	1,301	1,595	0,655	0,896	186
20	0,998	1,007	0,718	1,189	1,584	0,612	0,893	122
25	0,997	0,897	0,714	1,101	1,572	0,572	0,890	92
30	0,995	0,804	0,710	1,049	1,558	0,531	0,886	71
35	0,993	0,727	0,706	0,984	1,544	0,504	0,883	54,9
40	0,991	0,661	0,703	0,932	1,522	0,482	0,875	39,4
50	0,990	0,556					0,866	25,7
65	0,980	0,442					0,865	15,4

Ilustración 68. Viscosidad cinemática

Como se aclaró anteriormente, el coeficiente de fricción  $\lambda$  se obtiene a partir del diagrama de Moody que se muestra en la siguiente ilustración, en abscisas tenemos el número de Reynolds, mientras que en ordenadas la rugosidad relativa, ambos previamente calculadas.

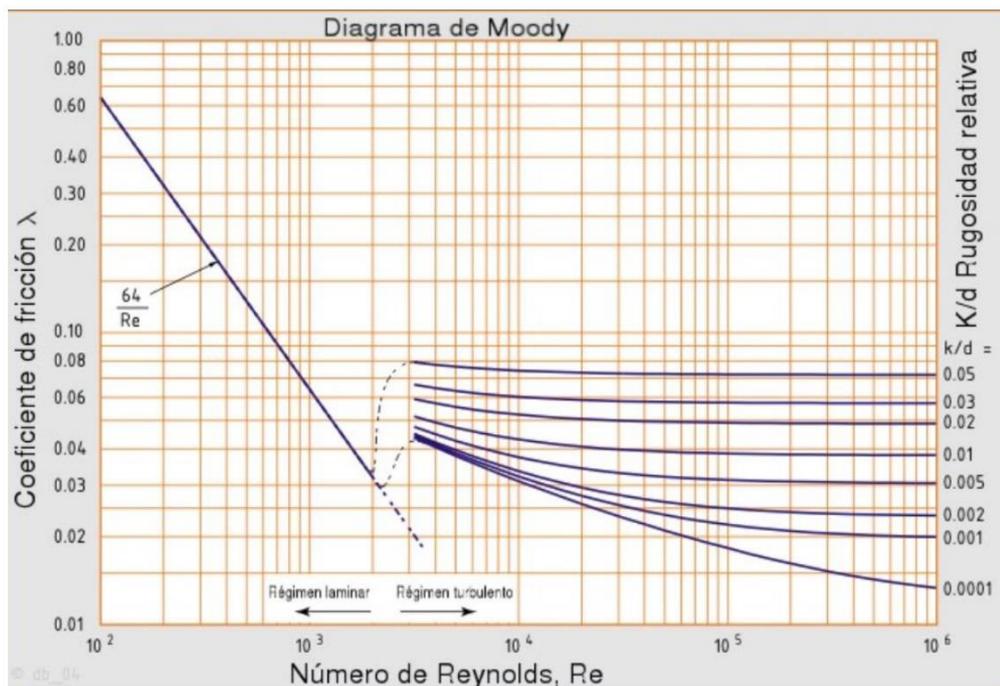


Ilustración 69. Diagrama de Moody

Por otra parte, el único valor que nos queda por determinar para poder aplicar la ecuación de Darcy-Weisbach es la sumatoria de las pérdidas secundarias, las cuales son obtenidas a partir del nomograma que se muestra en la imagen siguiente y toma las pérdidas secundarias como longitudes equivalentes tubería.

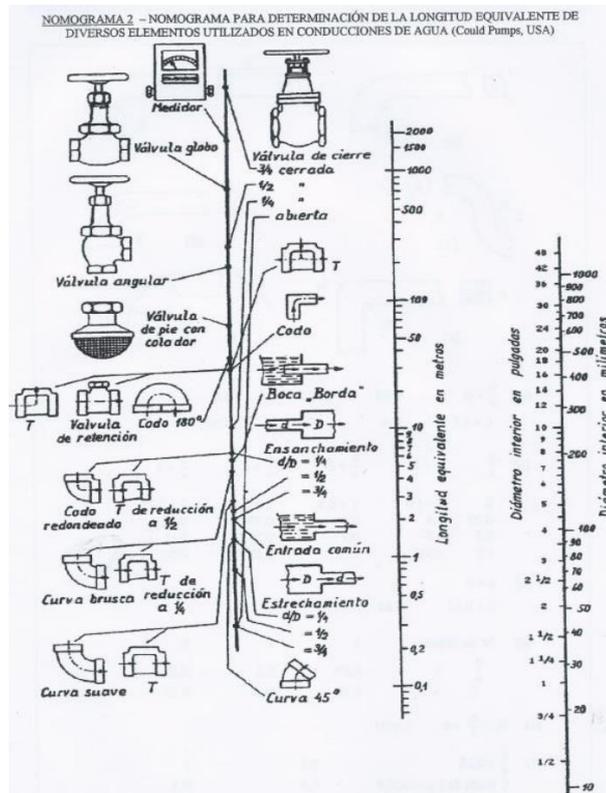


Ilustración 70. Nomograma

A continuación, se detalla una tabla con los tramos de las diferentes cañerías y sus accesorios que generan pérdidas secundarias, a su vez, se obtiene la longitud equivalente total para cada una de ellas:

Tramo de tubería	Descripción	Cantidad	Le de accesorios [m]
<b>A-B-C</b>	Curva suave	3	8.4
	Válvula esclusa	2	2
	Válvula retención	1	10
	Estrechamiento	1	1.8
	Total		22.2
<b>C-D-E</b>	Curva suave	2	3.6
	Válvula retención	1	6.5
	Válvula mariposa	1	3.7
	T	1	3.2
	T de reducción	7	27.5
	Total		17
<b>E-F</b>	Curva suave	1	1.5
	Estrechamiento	1	0.6
	Total		2.1
<b>F-K</b>	Válvula mariposa	1	3
	T de reducción	1	0.5
	Total		3.5
<b>K-L</b>	T de reducción	1	0.5
<b>L-M</b>	T de reducción	1	0.5
<b>M-N</b>	T de reducción	1	0.5
<b>N-O</b>	T de reducción	1	0.5
<b>O-P</b>	T de reducción	1	0.5
<b>P-G</b>	T de reducción	1	0.5
<b>G-H</b>	T	2	6
<b>1-C</b>	Curva suave	1	1.8
	Válvula esclusa	1	0.3
	T	1	6.1
	Total		8.2
<b>C-N2</b>	Válvula esclusa	4	2.4
	Curva suave	5	9
	Total		11.4
<b>C-N1</b>	Válvula esclusa	2	1.2
	Curva suave	3	5.4
	Total		6.6
<b>N1-N2</b>	Válvula esclusa	1	0.6
	Curva suave	1	1.8
	Total		2.4

Tabla 46. Longitud equivalente pérdidas secundarias

Se procede a realizar los cálculos para obtener las pérdidas primarias y secundarias totales por tramo a partir de la ecuación de pérdidas explicada anteriormente, el mismo se muestra en la siguiente hoja de cálculo:

Pérdidas primarias y secundarias por tramos de tubería								
Tramo de tubería	Longitud [m]	Diámetro[m]	Caudal [m3/seg]	Velocidad [m/seg]	Nº Reynolds	Rugosidad relativa	$\lambda$	Hr [m]
A-B-C	41.8	0.152	0.033	1.827	276559	0.000197	0.016	1.1448
C-D-E	38	0.102	0.019	2.364	238532	0.000295	0.018	2.7788
E-F	24.75	0.089	0.019	3.088	272608	0.000337	0.017	2.4979
F-K	1.7	0.076	0.019	4.203	318042	0.000394	0.017	1.0456
K-L	3.28	0.076	0.016	3.603	272609	0.000394	0.018	0.5913
L-M	3.28	0.076	0.014	3.002	227176	0.000394	0.017	0.3878
M-N	3.28	0.076	0.011	2.402	181743	0.000394	0.018	0.2628
N-O	3.28	0.076	0.008	1.801	136310	0.000394	0.019	0.1560
O-P	3.28	0.076	0.005	1.201	90877	0.000394	0.02	0.0730
P-G	3.28	0.076	0.003	0.601	45444	0.000394	0.023	0.0210
G-H	8.75	0.051	0.003	1.351	68150	0.000591	0.024	0.6488
1-C	2	0.102	0.016	1.953	197007	0.000295	0.016	0.3125
C-N2	120.8	0.102	0.007	0.862	86942	0.000295	0.02	0.9859
C-N1	77.6	0.102	0.009	1.090	109940	0.000295	0.019	0.9539
N1-N2	40.4	0.102	0.001	0.114	11499	0.000295	0.03	0.0084

*Tabla 47. Pérdidas primarias y secundarias*

Finalmente, verificamos que las presiones estén dentro del rango establecido por la norma NFPA, tanto en los dos nichos hidrantes como así también en los rociadores más remotos hidráulicamente:

Descripción	Pérdidas [m]	Pérdidas [psi]	Mínimo [psi]	Máximo [psi]
Presión en C	98.54	140.13	-	-
Presión en N1	97.59	138.77	100	175
Presión en N2	97.58	138.76	100	175
Presión en rociador H	89.55	127.34	7	175

Presión nominal de salida de bomba de agua 100 [m] = 142.2 [psi]

*Tabla 48. Presiones en zonas más remotas*

Acorde a la tabla anterior, se concluye que la red contraincendios diseñada cumple con los estándares establecidos por las normas.

### **3.2.14 Sistema de detectores y alarmas**

Uno de los elementos más importantes en el control de un incendio radica en el lapso desde su inicio hasta su detección. Los sistemas de detección modernos, que se apoyan en sensores y centrales de alarma, tienen la capacidad de identificar un foco de incendio incluso antes que una persona. En áreas donde no hay presencia humana, un incendio solo se detectará en su etapa avanzada, cuando ya haya generado una cantidad significativa de humo y llamas, a menos que se cuente con un sistema de detección automática.

La respuesta de un detector o la activación de un pulsador manual desencadena una señal visual y/o sonora. Esta señal hace que el personal dentro de la nave industrial avise de manera temprana, facilitando así una posible evacuación y el inicio de las medidas para combatir el incendio, promoviendo una respuesta rápida y eficaz lo que reduce posibles pérdidas.

Para el diseño de este sistema, nos basamos en la norma IRAM 3501 (Certificación), la cual establece los requisitos mínimos que deben cumplir los sistemas de detección y alarma.

#### **3.2.14.1 Central de control y alarma de incendio**

Partiendo de la norma IRAM 3501 la central debe ubicarse en un sector de fácil acceso y con presencia de personal permanente así como también, el mismo debe estar ventilado y protegido contra el ingreso de humo y gases desde el resto del edificio. Es por ello que se decide ubicar la central de control en la oficina técnica ya que cumple con lo anterior mencionado.

Por otra parte, el cableado de éste deberá estar protegido contra daño mecánico y ser emplazado en lugares sin la presencia de cables de potencia, lo cual podría provocar interferencias.

### **3.2.14.2 Dispositivos iniciadores**

Detectores de humo puntuales: su principio de detección se basa en células fotoeléctricas que se activan por dispersión del haz luminoso, activando una señal dentro de una cámara de sensado. La norma IRAM3501 establece que su funcionamiento óptimo se da en: *“lugares que se generan partículas grandes tales como cartón, plásticos, papel y maderas, por lo cual es utilizado en residencias y comercios. Mientras que en la industria su uso óptimo se limita a espacios que contengan los materiales mencionados”*.

La distancia máxima de separación entre detectores puntuales de humo es de 9 metros y a una distancia máxima de la pared de la mitad de la separación entre ellos y a una altura máxima sobre el nivel del piso de 7.6 metros. Si se considera que el lugar a proteger es cuadrado o rectangular, un detector puede llegar a cubrir un área de 13 metros de diámetro.

Se concluye entonces que para este caso el área de un detector de humo puede cubrir 13 metros de diámetro.



*Ilustración 71. Detector de humo puntual*

Pulsadores manuales: son elementos que permiten a ocupantes dar alarma de incendio mediante una acción manual. Deben ser instalados en un lugar claramente visible, fácil acceso y sin obstrucciones, ubicados dentro de 1.5 metros del vano de la puerta de salida de cada uno de los lugares estratégicos, tales como en la cercanía de hidrantes, a una altura de 1.07 a 1.22 metros desde el piso terminado y la distancia de hasta el pulsador manual más cercano no debe exceder los 61 metros.



*Ilustración 72. Pulsador manual*

Dispositivos de notificación audible y visible: deben ser emplazados a una distancia dentro de 1.5 metros del vano de las puertas, a una altura mínimo de 2.3 metros sobre el nivel del piso terminado y a una distancia mínima del techo de 0.15 metros, mientras que la separación máxima de cada uno de ellos no excederá los 30 metros.



*Ilustración 73. Alarma sonora y flash estroboscópico*

En la tabla mostrada a continuación se detalla la cantidad de cada uno de los elementos detallados anteriormente. Cabe destacar que los pulsadores manuales y alarmas estarán distribuidas por toda la nave industrial incluidas las oficinas, por otra parte, los detectores puntuales de humo solo serán montados en el área de producción.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
Detector de humo spot	17
Pulsador manual	5
Alarma	6

*Tabla 49. Cantidad de elementos de detección*

### 3.2.15 Cómputo y presupuesto de materiales

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario [u\$d]</b>	<b>Precio total unitario [u\$d]</b>
Rociador k=5.6	200	35.1	7020
Estaciones de mangueras BIE	6	387	2322
Válvula retención 6"	1	909	909
Válvula retención 4"	1	517	517
Válvula esclusa 6"	2	770	1540
Válvula esclusa 4"	8	470	3760
Válvula mariposa 4"	1	253	253
Válvula mariposa 3"	3	171	513
Reductor de 6" a 4"	1	176	176
Codo 6"	3	104	312
Codo 4"	12	68	816
T 4"	2	119	238
Codo 3 ½"	2	57	114
Reductor de 3 ½" a 3"	3	49	147
T de reducción 3" a 2"	21	111	2331
T de reducción 4" a 2"	7	227	1589
T 2"	140	41	5740
Tubo 6"	7	207	1449
Tubo 4"	39	171	6669
Tubo 3 ½"	8	124	992
Tubo 3"	13	116	1508
Tubo 2"	92	64	5888

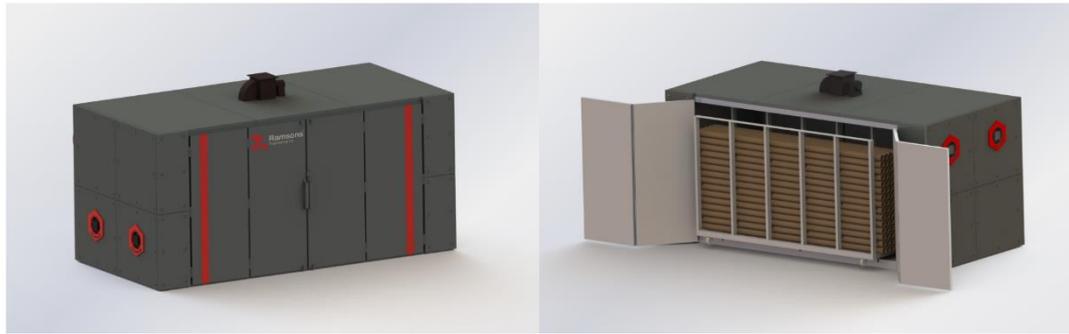
Detector de humo spot	17	15	255
Pulsador manual	5	27	135
Alarma con luz estroboscópica	6	44	264
Cisterna 90 m <sup>3</sup>	2	48409	96818
Cuadro de bombas	1	28769	28769
Generador de respaldo	1	45000	45000
Mano de obra (sin considerar cisterna, cuadro de bombeo y generador)	1	1	22730
<b>Total</b>			<b>238774 [u\$d]</b>

*Tabla 50. Cómputo y presupuesto de materiales*

### 3.3 Cámara de secado

En la industria de la fabricación de los tubos de cartón se debe considerar como uno de los procesos más críticos el secado, ya que es el que asegura una mejor calidad final del producto y puede reducir el tiempo de ciclo de producción, aumentando la capacidad y eficiencia de la planta. Este proceso se lleva a cabo en una instalación especializada conocida como cámara de secado. A continuación, presentaremos una descripción detallada de las partes que las componen, el proceso que realiza y otros aspectos relevantes para demostrar su importancia en la producción de tubos de cartón.

Una cámara de secado es un recinto controlado el cual es diseñado para eliminar la humedad de los tubos que han sido recientemente fabricados (luego del formado y pegado), de esta manera asegurando que el cartón adquiera la rigidez y estabilidad necesarias para su uso final.



*Ilustración 74. Cámara de secado*

A continuación, se mencionan las partes que componen la cámara de secado:

- Estructura y recinto: En esta área se colocarán los tubos de cartón, se diseña para mantener las condiciones de temperatura y humedad constantes y controladas. Está compuesta por:
  - Materiales de construcción: Generalmente de acero galvanizado para resistir la corrosión y proporcionar durabilidad.
  - Puertas y sellos: Se deben diseñar para minimizar las pérdidas de calor y mantener la presión interna
- Sistema de ventilación y circulación de aire: Este sistema aseguran la distribución uniforme del calor y la eliminación del aire húmedo del interior de la cámara. Dicho sistema está compuesto por:
  - Conductos de aire: Encargados de distribuir el aire de manera uniforme a lo largo de la cámara.
  - Ventiladores: Promueven la circulación del aire caliente dentro de la cámara.
  - Sistema de extracción: Elimina el aire húmedo del interior de la cámara.

- Sistema de calefacción: Proporciona calor necesario para evaporar la humedad del cartón.
- Controladores y sensores: Se encargan de monitorear y regular la temperatura, humedad y flujo de aire en la cámara para asegurar las condiciones óptimas de secado. En los cuales se deben encontrar los siguientes elementos:
  - Termopares y termómetros: Miden la temperatura interna de la cámara.
  - Higrómetros: Miden el nivel de humedad relativa dentro del recinto.
  - PLC: Encargado de gestionar el sistema de calefacción y ventilación mediante las lecturas obtenidas de los sensores.
- Soportes: Estructuras internas donde se colocan los tubos de cartón para secarse.
- Aislamiento térmico: Son los materiales que se encuentran en las paredes de la cámara, tienen la función de evitar pérdidas de calor y mantener la eficiencia del proceso.

Para nuestro caso utilizaremos cámara deshumidificadora la cual utilizan bomba de calor para dicho proceso y un conjunto de ventiladores forzadores, el principio del proceso se basa en transferir el calor del aire exterior a un espacio interior, mediante un intercambio térmico, en donde la unidad exterior posee un ventilador el cual impulsa el aire del exterior a través de un intercambiador denominado evaporador. En el evaporador circula un gas refrigerante que cambia su estado físico y se evapora incluso a bajas temperaturas exteriores, este gas se transporta a otro nivel para que pueda ser utilizado para calefaccionar. Antes de llegar al condensador y para aprovechar el calor obtenido, se comprime el gas refrigerante y aporta otra parte de la energía que se transferirá al aire que ingresará a la cámara. Como se mencionó anteriormente, toda la energía contenida en el gas refrigerante se transfiere al aire que

circulara por él, haciendo que este aumente su temperatura y que el gas refrigerante cambie de fase gaseosa a líquida. Por último, tenemos que el gas refrigerante cambia a estado líquido y al pasar por la válvula de expansión, reduce su presión y temperatura, dando comienzo al nuevo ciclo.

En el proceso de secado se compones de las siguientes fases:

- Carga: Los tubos de cartón se colocan en los soportes dentro de la cámara de secado.
- Calentamiento inicial: La temperatura dentro de la cámara se incrementa gradualmente hasta alcanzar el nivel óptimo, dicho calentamiento debe ser controlado para evitar daños en el tubo.
- Secado controlado: Luego de alcanzar la temperatura adecuada, se mantiene constantes mientras los sistemas de ventilación circulan el aire, asegurando que el aire caliente se distribuya uniformemente.
- Enfriamiento y equilibrado: Después de que los tubos han alcanzado el nivel de humedad deseado, la temperatura dentro de la cámara se reduce gradualmente para que los tubos no sufran un estrés térmico.
- Descarga: Los tubos secos se retiran de la cámara y se proceden a paletizar o preparar para la cortadora fuera de línea.

Para selección de la cámara de secado de tubos de cartón se debe considerar diversos factores para poder garantizar un proceso eficiente, algunos de estos aspectos son los siguientes:

- Dimensiones de los tubos de cartón: Para la dimensión del tubo se toma la máxima longitud que puede formar la tubera, en este caso es de 6 metros de largo.

- Porcentaje de humedad: El tubo al salir de la formadora contiene alrededor de un 12-15% de humedad y según especificaciones técnicas analizadas, los tubos tienen que contener como mínimo un 7% de humedad.
- Cantidad de tubos a secar: La cantidad de tubo a secar es indeterminada y dependerá de las especificaciones técnicas del cliente, ya que al realizar el secado por cámara se obtiene una mayor resistencia, pero por un mayor costo. Por lo tanto, en un principio nos ajustaremos a una capacidad secado del 30% de la producción, la cual se podrá combinar con distintos diámetros de tubos.

### **Balance térmico**

Para analizar el balance térmico, se debe calcular la cantidad de humedad a extraer de los tubos de cartón para seleccionar de manera adecuada la cámara de secado. Para esto se plantea la humedad inicial del cartón y la humedad deseada posterior al proceso de secado, la cantidad de humedad a extraer es la siguiente:

$$H_e = H_i - H_f$$

Donde:

$H_e =$  *Humedad a extraer*

$H_i =$  *Humedad inicial*

$H_f =$  *Humedad final*

Considerado lo mencionado anteriormente, reemplazamos y obtenemos la humedad a extraer:

$$H_e = 0.15 - 0.07 = 0.08$$

Una vez definida la cantidad de humedad a extraer y considerando la cantidad de kilogramos de los tubos de cartón a deshumidificar, determinamos la cantidad de humedad a extraer de la cámara de secado en [kg/h]:

$$Q = m * H_e$$

Donde:

$$m = \text{Masa de los tubos de carton a secar en } \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

$$Q = \text{Cantidad de agua a extraer en } \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

Como se había mencionado anteriormente, la cantidad de kilogramos de tubos a secar está dada por el 30% de la capacidad actual mensual (190 [tn]) y considerando que:

- Se producirá 25 días al mes.
- La cámara funcionara en un turno de 8 [h].

Considerando lo anterior, tenemos que a las 190 [tn] la deberíamos de dividir por la cantidad de horas de funcionamiento de la cámara de secado al mes y partir de esto se obtiene la cantidad de kilogramos por hora de agua a extraer:

$$Q = 950 \left[ \frac{kg}{h} \right] * 0.08 = 76 \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

### 3.3.1 Selección de cámara de secado

Para la selección de la cámara de secado nos basaremos en el catálogo de la marca “SHUNTEC” (SHUNTEC, 2024), el cual brinda cámaras de distintas dimensiones y capacidades de secado. Para nuestro caso seleccionaremos “Secador de cámara de deshumidificación”, en el cual utiliza el proceso de la bomba de calor mencionado anteriormente con la diferencia que el aire luego de pasar por el material

húmedo y transportar el vapor de agua, esta pasa por un sistema deshumidificador en donde se evapora y drena el agua, permitiendo reaprovechar el calor de este para calentar el aire fresco, generando un precalentamiento de este último. Por lo tanto, se genera un ahorro de consumo de energía del 60% al 70%. Este proceso lo podemos observar en la siguiente ilustración:

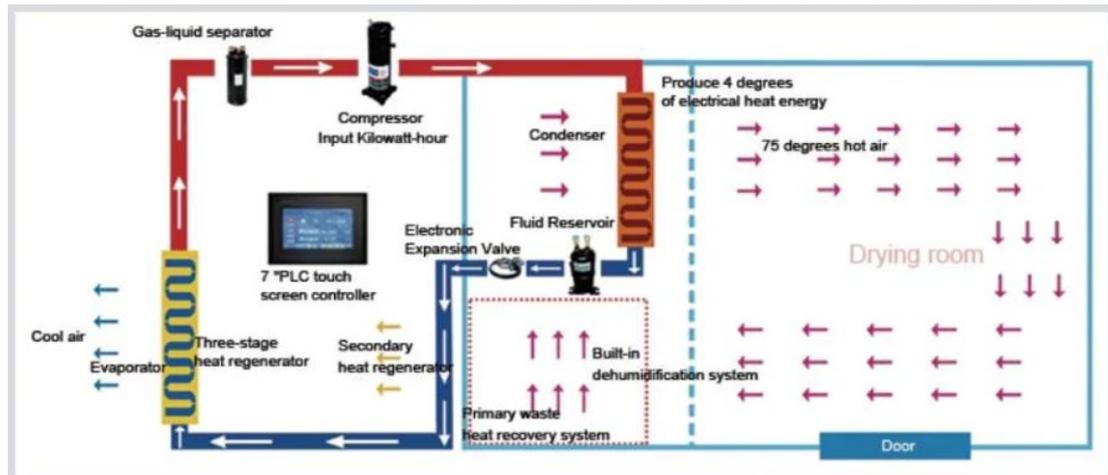


Ilustración 76. Principio de funcionamiento

Con las características mencionadas anteriormente son las entradas que usaremos en dicho catalogo:

Tipo de unidad	JMHPK-XJ	JMHPK-8XC		JMHPK-10XC		JMHPK-16XC	JMHPK-22XC	JMHPK-36XC	JMHPK-50XC	JMHPK-72XC
Capacidad de calefacción nominal	kilovatios	8		10		dieciséis	22	36	50	72
Capacidad de deshumidificación	L/H	5.5		7		15	20	30	45	60
Potencia nominal	kilovatios	2.6		3.86		8.3	10.6	16.8	17.86	28.6
Poder maximo	kilovatios	5.6		6.86		11.3	13.6	22.6	23.86	34.6
Corriente eléctrica nominal	A	12	6	18	8	17	22	34	36	58
Corriente eléctrica máxima	A	26	11	32	14	23	28	46	48	70
Volumen total de aire del ventilador interior	m³/h	3000-6000		3000-8000		5000-10000	7000-12000	10000-16000	12000-18000	20000-36000
Fuente de alimentación	V/Hz	220/50	380/50	220/50	380/50	380/50				
Tipo de compresor	/	Tipo de rotor				Tipo de vórtice				
refrigerante	/	R134A								
ruido dB (A)	/	≤75								
Ambiente de trabajo	/	-15 ~ 43 °C								
La temperatura de secado sonó	/	35-65°C								
TAMAÑO ( L/W/H)	MM	1330*960*1905		1865*1310*1905		3790*1310*2180	5025*1310*2180	5955*1950*2500	5955*1950*2500	7545*1950*2900
Peso neto	KG	380		550		1050	1350	1760	2145	2460

*Ilustración 77. Catalogo Shuntec*

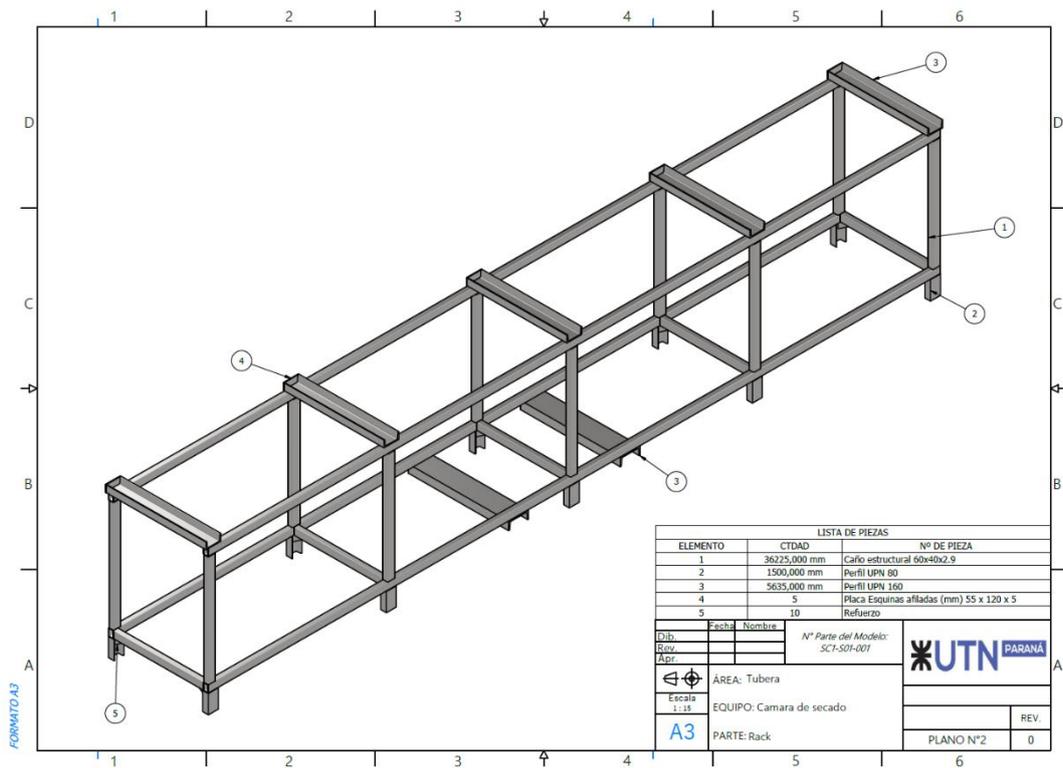
Como podemos observar la cámara posee una capacidad de 60 [L/H], por lo tanto, adoptamos instalar 2 cámaras de secado que permitan secar la cantidad de tubos planteadas y obteniendo un margen por eventualidades o mayor demanda.

### 3.3.2 Diseño de rack de secado

La cámara de secado debe de contar con una estructura que permitan la ubicación de los tubos dentro de la misma de manera segura tal que no se produzcan daños y que facilite la extracción de este luego de proceso de secado, para el diseño de este se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

- Que sea capaz de soportar tubos de 6 metros de largo.
- Que cuente con perfiles para poder manipularlo con el autoelevador.
- Que soporte la estiva de una estructura más sobre esta.

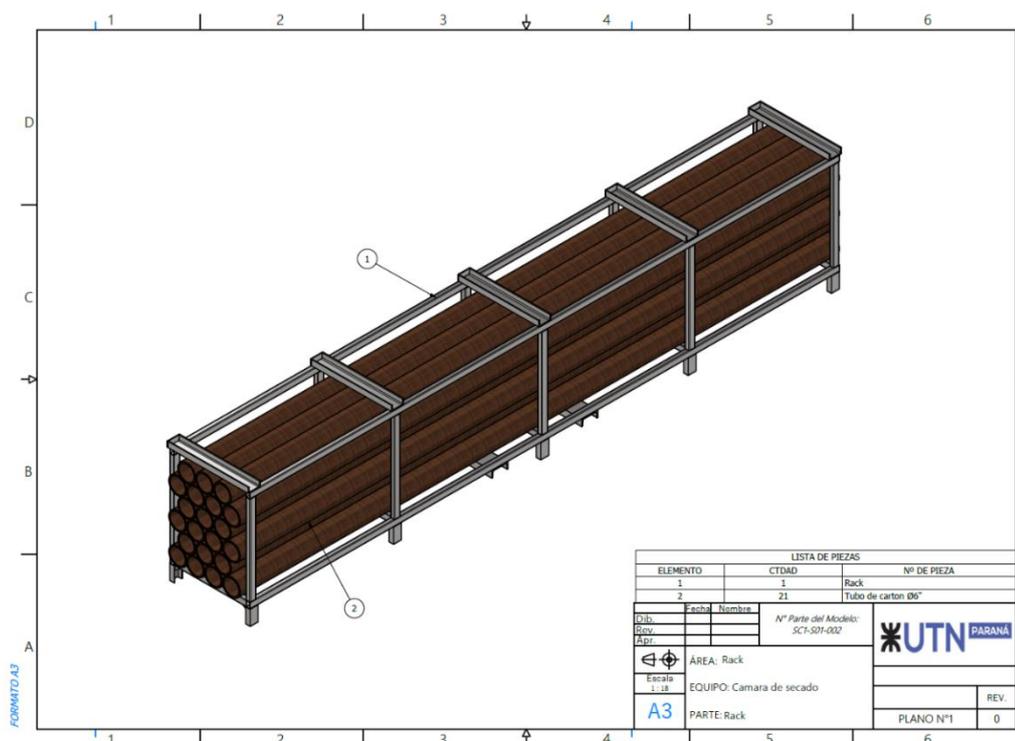
Con lo mencionado anteriormente se tiene las limitantes para su diseño ya que se utiliza el auto elevador para su manipulación su ancho estará acotado para un manejo seguro, su largo esta dado por el de los tubos y su altura por la dimensión de la cámara, teniendo en cuenta esto se plantea el siguiente diseño y se calculará la capacidad de tubos. Como primer diseño planteamos que el rack deberá tener 5.9 [m] de largo, 0.8 de ancho y 1.2 [m] de alto. A continuación, se adjunta una ilustración de la estructura diseñada:



La estructura está conformada por los siguientes materiales:

- Caño estructural 60x40x2.9[mm]
- Perfil UPN 80
- Perfil UPN 160
- Placas esquinas
- Refuerzos

Considerando los tubos de cartón de mayor dimensión ( $\text{Ø}6''$  con un espesor de 15 [mm]), se dispondrán en la estructura para contabilizar la capacidad por rack, esto lo podemos observar en la siguiente imagen:



El rack cuenta con una capacidad 21 tubos de  $\text{Ø}6''$  y a su vez se utilizarán el espacio interior de estos para poder colocar tubos de  $\text{Ø}3''$  y  $\text{Ø}4''$ , por lo tanto, en la estructura contara con una capacidad de 42 tubos y considerando que en la cámara se podrá ingresar 4 rack, se contara con una capacidad de 168 tubos por secado. A continuación, se adjuntan las tablas resumen con las dos opciones posible (ya sea el secado de tubos de  $\text{Ø}6''$  con los de  $\text{Ø}3''$  o de  $\text{Ø}6''$  con los de  $\text{Ø}4''$ ) para una cámara de secado:

<b>Capacidad de cámara de secado (opc. 1)</b>	
<b>Cantidad de tubos de <math>\text{Ø}6</math></b>	84
<b>Cantidad de tubos de <math>\text{Ø}3</math></b>	84
<b>Peso total de tubos</b>	3931,2 [kg]
<b>Contenido de humedad total</b>	314,5 [L]
<b>Cantidad de horas de secado</b>	6,3 [h]

Tabla 51. Capacidad de cámara de secado

<b>Capacidad de cámara de secado (opc. 2)</b>	
<b>Cantidad de tubos de Ø6</b>	84
<b>Cantidad de tubos de Ø4</b>	84
<b>Peso total de tubos</b>	4435,2 [kg]
<b>Contenido de humedad total</b>	354,8 [L]
<b>Cantidad de horas de secado</b>	7,1 [h]

*Tabla 52. Capacidad de cámara de secado*

Concluyendo de que se logra con la capacidad de tubos propuesta de 190[tn] con una jornada de 8[h], en caso de que se requiera una capacidad mayor de secado de tubos se propone realizar horas extras o generar un turno extra para el secado de tubos.

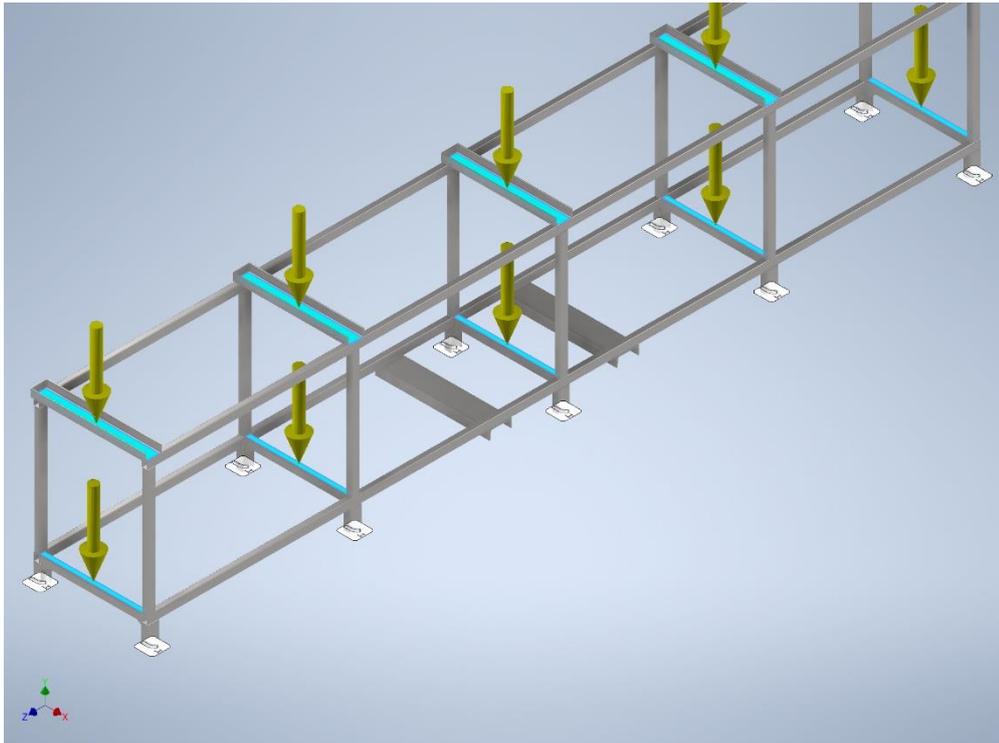
### **3.3.3 Simulación de estructuras**

Para verificar que las estructuras soportaran los esfuerzos que estará sometido se simulara en Inventor las siguientes situaciones:

- Estiva de 2 racks: Se comprobará que la estructura inferior soporte la carga de los tubos y de un rack cargado en la peor condición sobre este.
- Elevación con autoelevador: Se simulará a la estructura cargada con tubos y elevándola desde los soportes para las uñas.

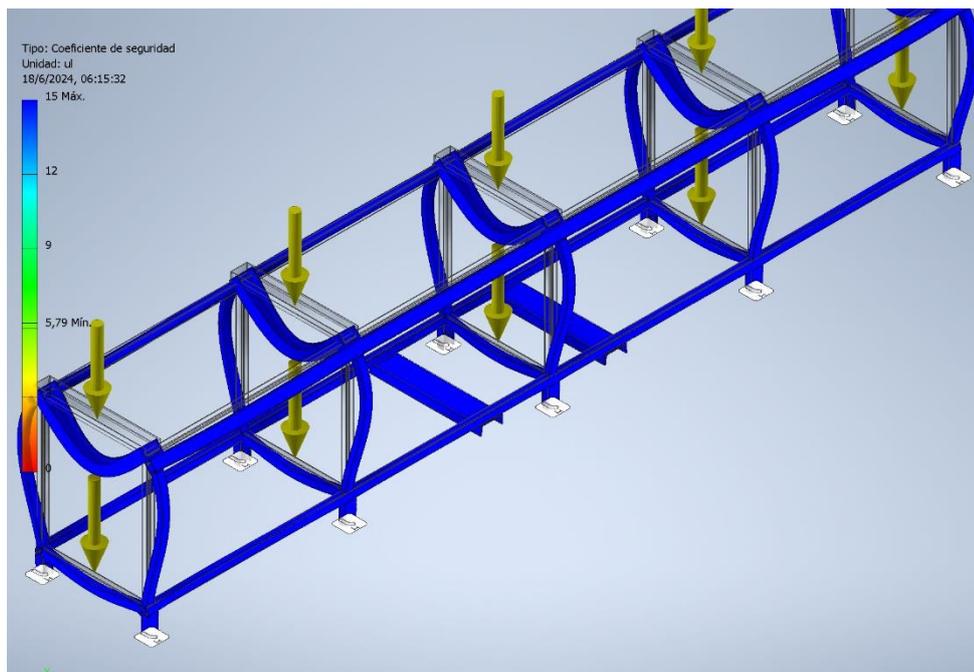
#### **3.3.3.1 Estiva de 2 racks**

Como se mencionó anteriormente, en este punto se considera que la carga de tubos total de un rack es de 1110 [kg] se distribuyen en los 5 apoyos que tiene y además en la parte superior se le suma la carga de un rack completo con tubos el cual tiene un peso total de 1360[kg] y se distribuye en los 5 apoyos superiores, para la simulación también se considera como restricción fija los apoyos de la estructura. A continuación, en la siguiente ilustración se muestra la aplicación de dichas cargas y la restricción mencionada.



*Ilustración 78. Disposición de esfuerzos y restricciones*

Con la carga y restricciones aplicadas, se procede a realizar la simulación de la estructura obteniendo la siguiente distribución de coeficientes de seguridad en la estructura:

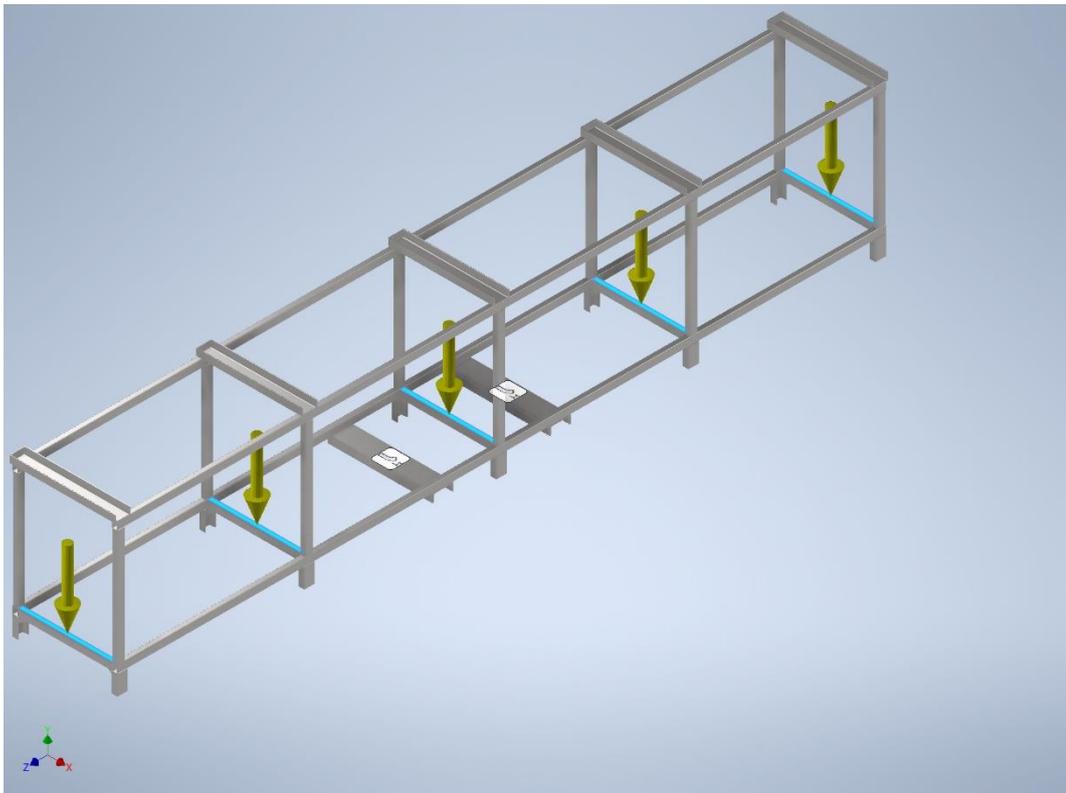


*Ilustración 79. Simulación con coeficiente de seguridad*

Como podemos observar, se obtiene un valor máximo de 15 y un valor mínimo de 5.79, por lo tanto, consideramos que la estructura cumple a los esfuerzos que estará sometido.

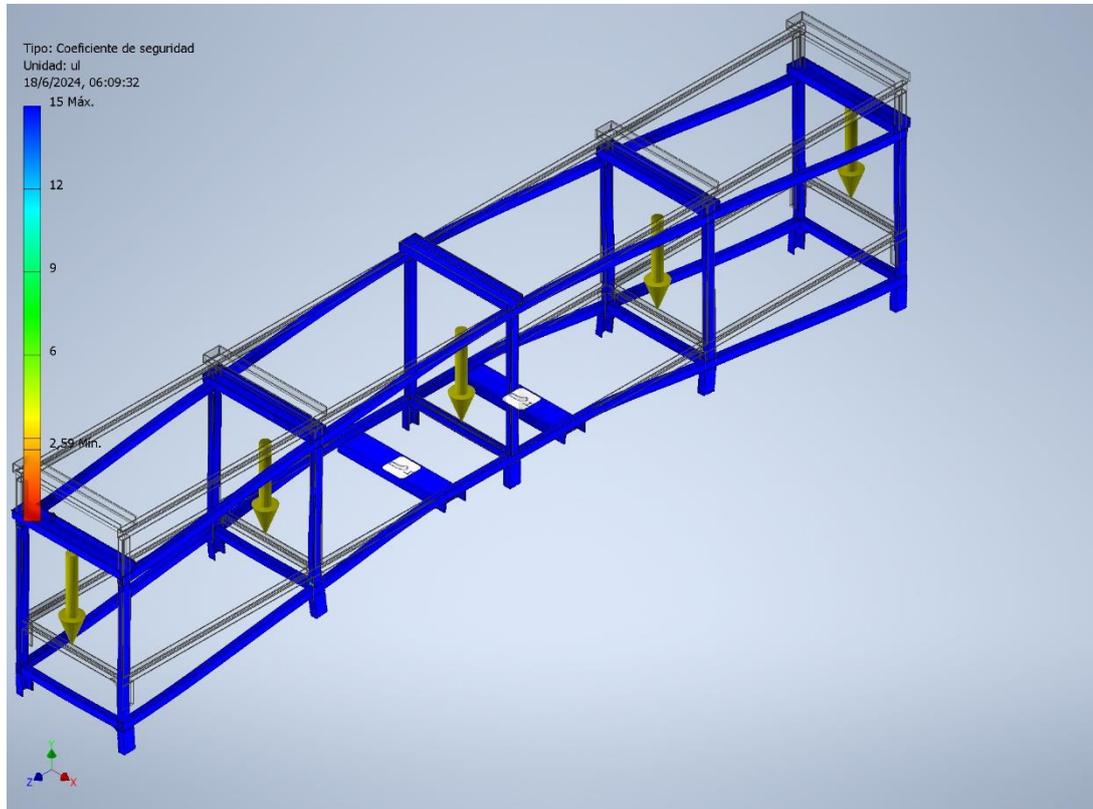
### 3.3.3.2 Elevación con autoelevador

Como se mencionó anteriormente, en este punto se considera que la carga de tubos total de 1110 [kg] se distribuyen en los 5 apoyos que tiene, para la simulación también se considera como restricción fija los apoyos de las uñas del autoelevador en la estructura. A continuación, en la siguiente ilustración se muestra la aplicación de dichas cargas y la restricción mencionada.



*Ilustración 80. Disposición de esfuerzos y restricciones*

Con la carga y restricciones aplicadas, se procede a realizar la simulación de la estructura obteniendo la siguiente distribución de coeficientes de seguridad en la estructura:



*Ilustración 81. Simulación con coeficiente de seguridad*

Como podemos observar, se obtiene un valor máximo de 15 y un valor mínimo de 2.59, esta situación representa una condición más desfavorable que la anterior ya que se encuentra parte de la estructura en voladizo al manipularlo con el auto elevador. Pero concluimos que la estructura cumple a los esfuerzos que estará sometido.

### 3.3.4 Cómputo de materiales

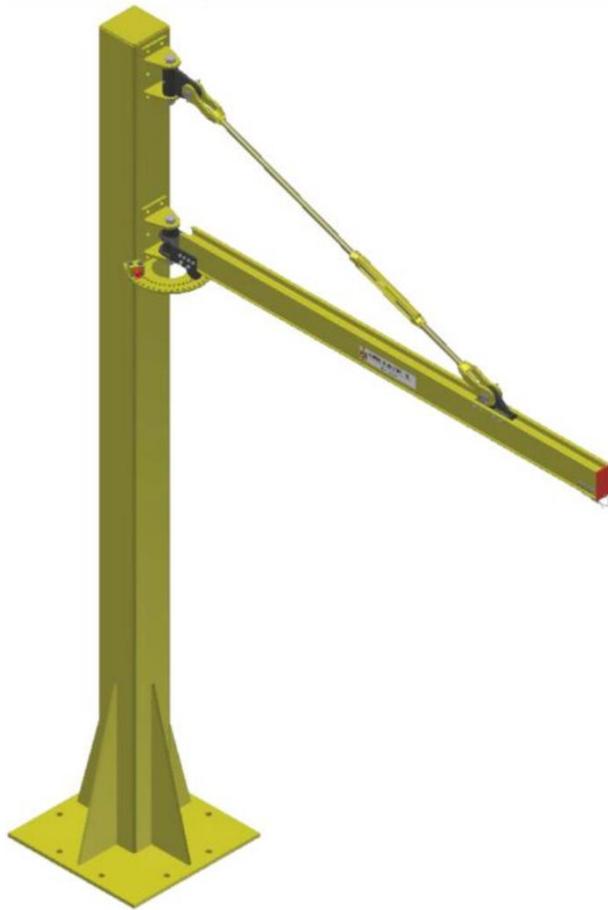
En la siguiente tabla se puede observar los precios unitarios de los rack y cámara de secado, los cuales también se tiene en cuenta los costos de montaje e instalación.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario [u\$d]</b>	<b>Precio total unitario [u\$d]</b>
Cámara de secado	2	13000	26000
Rack	8	1355	10840
<b>Total</b>			<b>36840</b>

### 3.4 Grúa bandera

Nos encontramos con la problemática en que en cada cambio de fabricación de caños de distintos diámetros se requiere cambiar el mandril formador (Ya sea el de Ø3, Ø4 y Ø6 pulgadas), como así también se requiere cargar de rodela al equipo que suministra la capa interior al equipo formador. Por lo tanto, para el caso del montaje del mandril formador por su peso y posición donde se debe montar se es imposible poder montarlo manualmente con el personal, para ello se requiere del autoelevador pero eso conllevaría una manipulación más riesgosa, un aumento en el tiempo de cambio de fabricación y una disminución de tiempo en otras actividades en las cual se requiera el autoelevador. Y para el caso de las rodela, al pesar 80 [kg] y al ser una carga repetitiva (El equipo se le debe suministrar de 2 rodela aproximadamente y se debe reponer una rodela cada 1 hora).

Para simplificar las maniobras en los equipos mencionados, se plantea la instalación de una grúa del tipo. A continuación, se adjunta una imagen a modo ilustrativo.



*Ilustración 82. Grúa bandera*

Como se puede observar, la grúa bandera conlleva partes móviles y fijas, las cuales se deberán a analizar y dimensionar correctamente. A continuación, se mencionan las partes de este:

- Base
- Cartela
- Columna
- Soportes
- Viga
- Cable de acero
- Pernos
- Cáncamos

- Tensor para cable
- Polipasto
- Burlonería

Para el diseño se deberán de tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Radio por cubrir 3[m]
- Peso máximo: 150 [kg]
- Angulo de barrido: 180°

### **3.4.1 Análisis estático**

Para realizar el análisis estático se planteará 2 condiciones, en donde la carga estará situada en distintos puntos respecto a la columna. Estos puntos por analizar son los siguientes:

- $X = 1.5$  [m]
- $X = 3$  [m]

Cabe destacar que al analizar los esfuerzos de la grúa nos encontramos con que se trata de un sistema hiperestático, ya que la viga tiene más restricciones de los necesarios para mantener su equilibrio estático. Lo mencionado hace referencia a que el sistema tiene más incógnitas que ecuaciones de equilibrio para resolverlo, para poder encontrar una solución a dicho problema se deben usar técnicas como el método de las fuerzas, de los desplazamientos o métodos numéricos.

Para simplificar los cálculos consideramos generar una articulación en el empotramiento de la viga con la columna, de esta manera el sistema pasa a ser isostático, en donde las restricciones y a poyos son suficientes para mantener el equilibrio estático.

### 3.4.1.1 Análisis con carga en X = 1.5 [m]

Para comenzar se plantea un diagrama de cuerpo libre en donde se pueden observar las dimensiones, la fuerza de la carga y las reacciones que se presentan.

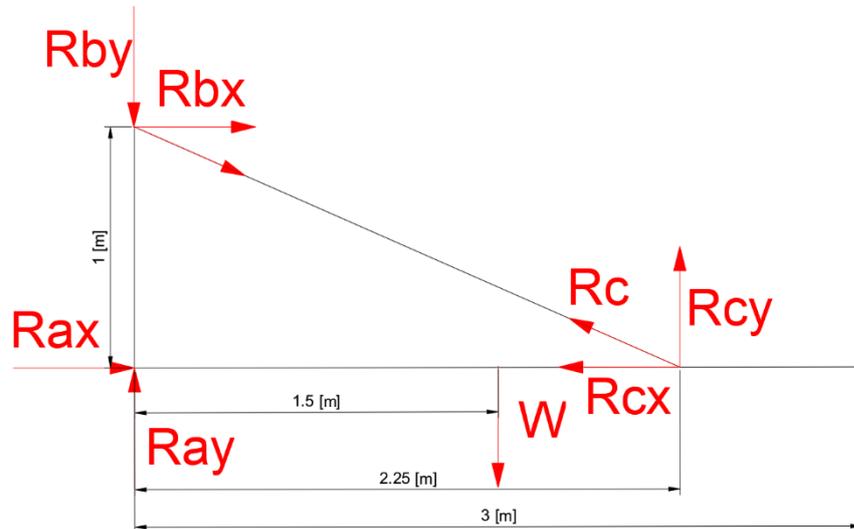


Ilustración 83. Diagrama de cuerpo libre

Se procede a realizar sumatorias de fuerzas y momento para obtener cada una de las reacciones:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum M_a = 0$$

Analizando las fuerzas en X tenemos:

$$Ra_x - Rc_x = 0$$

Analizando las fuerzas en Y tenemos:

$$Ra_y - W + Rc_y = 0$$

Analizando el momento flector en A en sentido horario tenemos:

$$W * 1.5[m] - Rc_y * 2.25[m] = 0$$

Reemplazando:

$$Rc_y = \frac{150[kg] * 1.5[m]}{2.25[m]} = 100[kg]$$

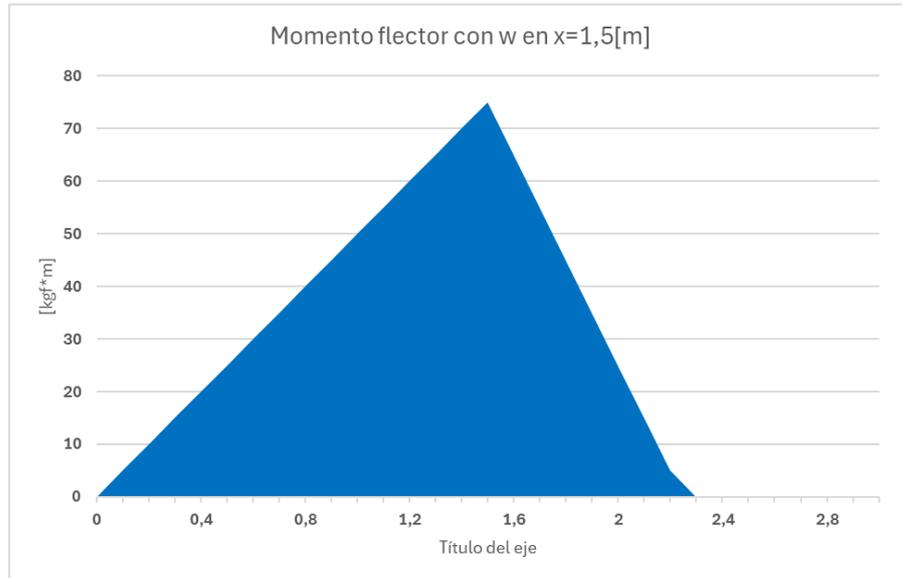
$$Ra_y = 150[kg] - 100[kg] = 50[kg]$$

$$Rc = \frac{Rc_y}{\text{seno}(\theta)} = \frac{100[kg]}{\text{seno}(24^\circ)} = 246.2[kg]$$

$$Rc_x = Rc * \cos(\theta) = 246.2[kg] * \cos(24^\circ) = 225[kg]$$

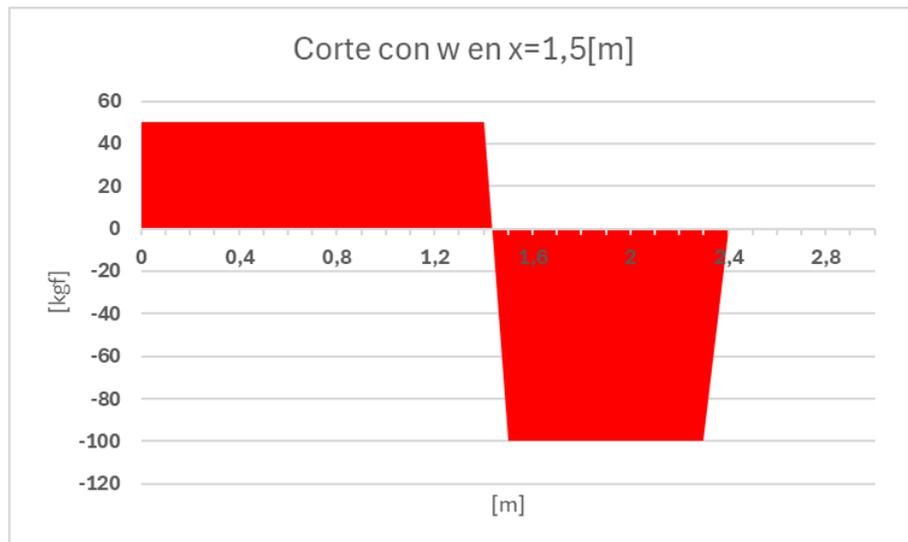
Ya con los esfuerzos calculados se procede a realizar los gráficos de momento flector y esfuerzos cortantes:

Para realizar el diagrama del momento flector, se debe realizar un corte después de la primera reacción de la viga y se consideran solo las fuerzas que aplican a la izquierda del corte, aplicando momento en el punto del corte (La distancia del punto del corte a la fuerza por la fuerza) se obtiene este. Este procedimiento se realiza punto a punto hasta obtener el diagrama completo.



*Ilustración 84. Momento flector*

Para el caso del diagrama del esfuerzo cortante se realiza de manera similar, se realiza un corte justo después de la primera reacción y se suman todas las fuerzas verticales, este procedimiento se realiza punto a punto en toda la viga y de esta manera obtenemos el diagrama. Cabe destacar que cuando el diagrama del esfuerzo cortante cruce el eje X será un momento flector máximo o mínimo.



*Ilustración 85. Diagrama de esfuerzo cortante*

### 3.4.1.2 Análisis con carga en X = 3 [m]

Se procede a realizar los pasos analizados en el punto 3.4.1.1 pero considerando la carga a 3 [m] de la columna. A continuación, se puede observar el diagrama de cuerpo libre.

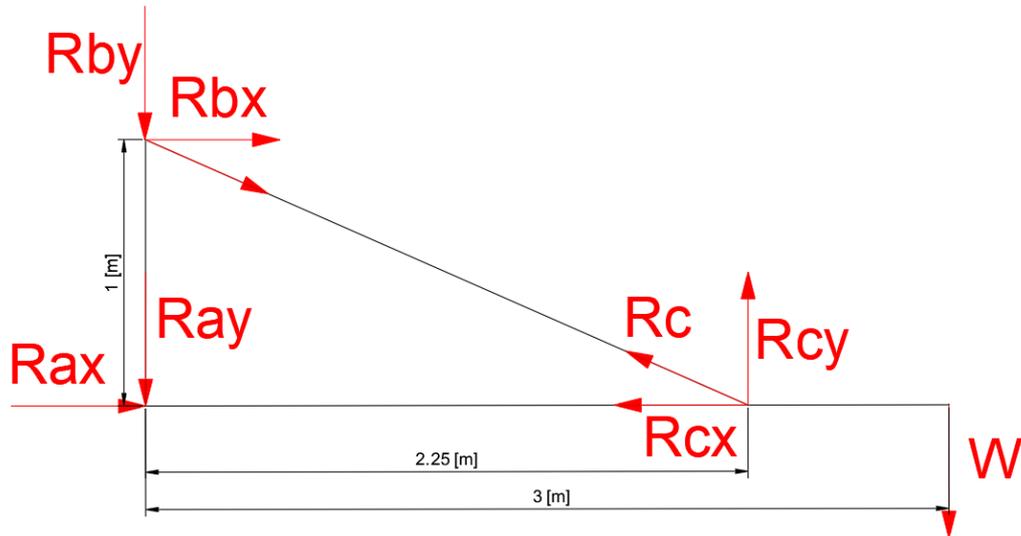


Ilustración 86. Diagrama de cuerpo libre

Se realiza el mismo análisis mencionando en el punto anterior, a continuación, se muestran los valores de los esfuerzos calculados:

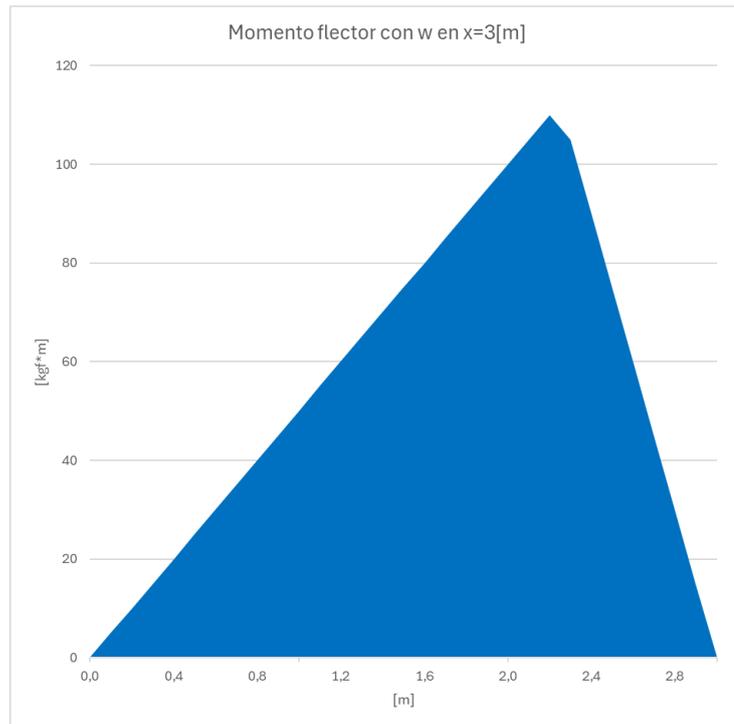
$$R_{c_y} = \frac{150[\text{kg}] * 3[\text{m}]}{2.25[\text{m}]} = 200[\text{kg}]$$

$$R_{a_y} = 200[\text{kg}] - 150[\text{kg}] = 50[\text{kg}]$$

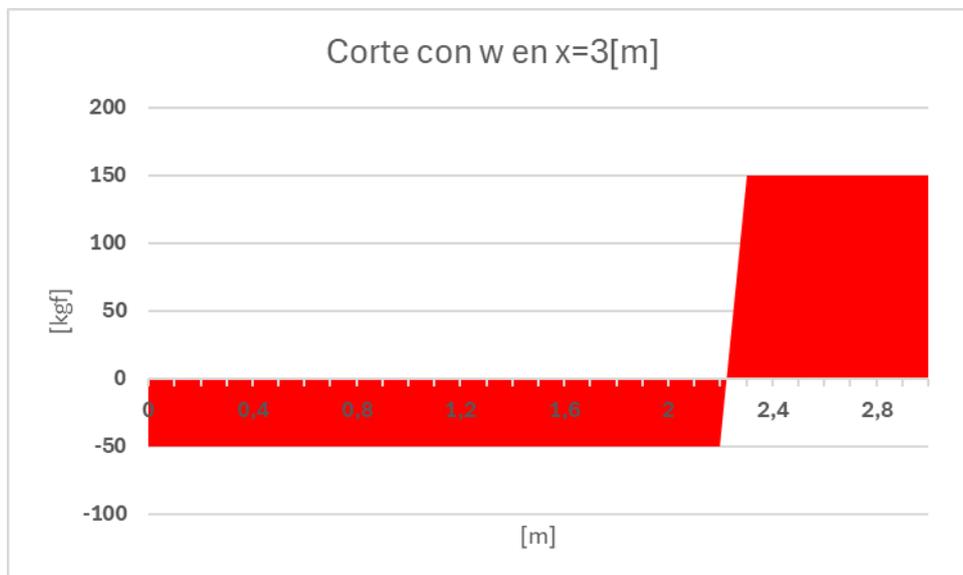
$$R_c = \frac{R_{c_y}}{\text{seno}(\theta)} = \frac{200[\text{kg}]}{\text{seno}(24^\circ)} = 492.4[\text{kg}]$$

$$R_{c_x} = R_c * \text{cos}(\theta) = 492.4[\text{kg}] * \text{cos}(24^\circ) = 450[\text{kg}]$$

Ya con los esfuerzos calculados se procede a realizar los gráficos de momento flector y esfuerzos cortantes:



*Ilustración 87. Diagrama de momento flector*



*Ilustración 88. Diagrama de esfuerzo cortante*

Para finalizar con el análisis de los esfuerzos se realiza una tabla resumen para determinar cuál es las crítico para nuestro diseño.

	Cálculos para la carga ubicada en 3 [m]			Cálculos para la carga ubicada en 1,5 [m]	
<b>Cálculo de reacciones en y</b>	Ray	50	[kg]	50	[kg]
<b>Cálculo de reacciones en x</b>	Rax	450	[kg]	225	[kg]
<b>Cálculo de esfuerzo en el cable</b>	Rc	492.4	[kg]	246.2	[kg]
<b>Componente en y</b>	Rcy	200	[kg]	100	[kg]
<b>Componente en x</b>	Rcx	450	[kg]	225	[kg]
<b>Momento flector máximo</b>	Mf	112.5	[kg*m]	75	[kg*m]
<b>Esfuerzo cortante máximo</b>	T	150	[kg]	117	[kg]

*Tabla 53. Resumen de esfuerzos*

### 3.4.1.3 Dimensionamiento de la viga

Para dimensionar la viga del voladizo se parte de que utilizaremos un perfil IPN F24 (2400 [kg/cm<sup>2</sup>]), por lo tanto, para determinar su dimensión planteamos la siguiente ecuación:

$$\sigma_{adm} = \frac{M_f}{W_x} + \frac{F}{A}$$

$$CS = \frac{\sigma}{\sigma_{adm}}$$

Para una primer calculo se puede optar por dos caminos, seleccionar un perfil y calcular el coeficiente de seguridad o calcular el módulo resistente para determinar el perfil (este último requiere iterar nuevamente para considerar la fuerza de compresión). Por lo tanto, partimos de despejar el módulo resistente Wx para determinar que perfil IPN nos corresponde y para ello debemos determinar el coeficiente de seguridad que debería cumplir, a partir de la norma DIN 15018 la cual

especifica un factor de seguridad mínimo de 4 (Adoptando un coeficiente de seguridad de 8).

$$W_x = \frac{(Mf)}{\left(\frac{\sigma}{CS} - \frac{F}{A}\right)}$$

$$W_x = \frac{(11250[kg * cm])}{\left(\frac{2400 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]}{8}\right)} = 37.5[cm^3]$$

Luego de calcular el módulo resistente, utilizaremos el catálogo de Acindar para seleccionar el perfil que cumpla con lo requerido.

I.P.N.	Dimensiones				Sección	Peso	Valores estáticos					
	h	b	s	t			S	G	J <sub>x</sub>	J <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>
	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/m	cm <sup>4</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
80	80	42	3,9	5,9	7,6	5,9	77,8	6,29	19,5	3,0	3,20	0,91
100	100	50	4,5	6,9	10,6	8,3	171	12,2	34,2	4,88	4,01	1,07
120	120	58	5,1	7,7	14,2	11,2	328	21,5	54,7	7,41	4,81	1,23
140	140	66	5,7	8,6	18,3	14,3	573	35,2	81,9	10,7	5,61	1,40
160	160	74	6,3	9,5	22,8	17,9	935	54,7	117	14,8	6,40	1,55
180	180	82	6,9	10,4	27,9	21,9	1450	81,3	161	19,8	7,20	1,71
200	200	90	7,5	11,3	33,5	26,2	2140	117	214	26,0	8,00	1,87

*Ilustración 89. Catálogo de Acindar*

Recalculamos para considerar los esfuerzos de compresión:

$$W_x = \frac{(11250[kg * cm])}{\left(\frac{2400 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]}{6} - \left(\frac{450[kg]}{14.2[cm^2]}\right)\right)} = 42[cm^3]$$

Para finalizar la selección del perfil, verificamos que soporte los esfuerzos cortantes a partir de la siguiente ecuación:

$$\tau_{adm} = \frac{M_t}{W_p} + \frac{F}{A}$$

$$\tau_{adm} = \frac{200[kg]}{14.2[cm^2]} = 14.1 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$CS = \frac{\tau}{\tau_{adm}} = \frac{1200 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]}{14.1 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]} = 85$$

Como podemos observar, el perfil seleccionado verificar para los esfuerzos cortantes y normales.

Para un cálculo más exacto, se procede a considerar el peso propio de la viga, por lo tanto, se procede a realizar el cálculo para el caso más desfavorable para verificar que el perfil seleccionado cumple con los coeficientes de seguridad.

Se procede a realizar los pasos analizados en el punto 3.4.1.3 pero considerando el peso propio de la viga. A continuación, se puede observar el diagrama de cuerpo libre.

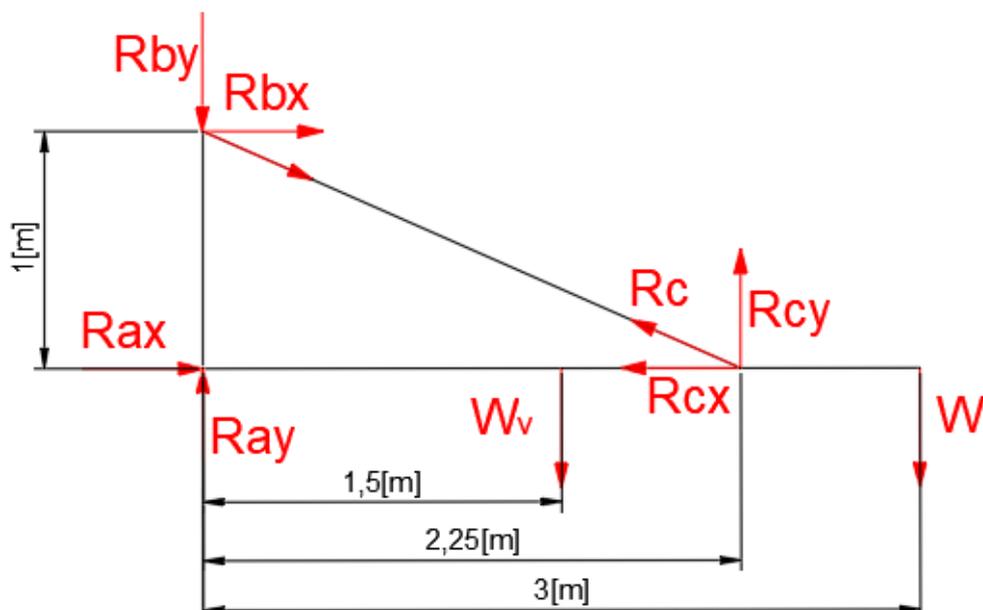


Ilustración 90. Diagrama de cuerpo libre

Para comenzar consideramos el peso de la viga el cual se obtiene del catálogo de Acindar, la misma es de 11.2 [kg/m] y considerando que la misma tiene 3 metros obtenemos el peso de esta. Esta carga como se puede ver en el diagrama de cuerpo libre se aplica en el centro de la misma.

Ya con el peso de la viga a continuación, se muestran los valores de los esfuerzos calculados:

Analizando las fuerzas en X tenemos:

$$Ra_x - Rc_x = 0$$

Analizando las fuerzas en Y tenemos:

$$Ra_y - W - W_V + Rc_y = 0$$

Analizando el momento flector en A en sentido horario tenemos:

$$W * 3[m] + W_V * 1.5[m] - Rc_y * 2.25[m] = 0$$

$$Rc_y = \frac{150[kg] * 3[m] + 11.2 \left[ \frac{kg}{m} \right] * 1.5[m] * 3[m]}{2.25[m]} = 222.4[kg]$$

$$Ra_y = 150[kg] + 11.2 \left[ \frac{kg}{m} \right] * 3[m] - 222.4[kg] = -38.8[kg]$$

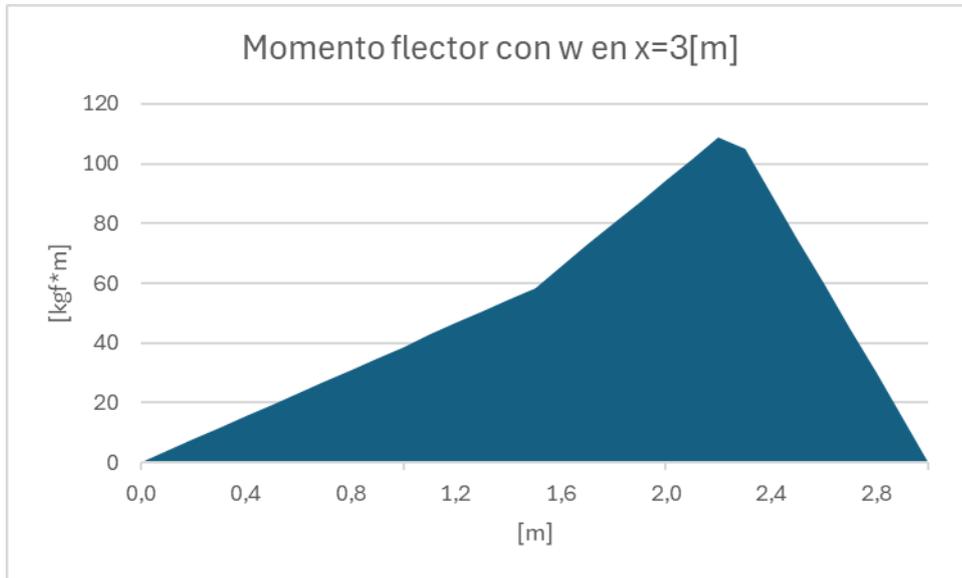
Como podemos ver, la reacción  $Ra_y$  es de sentido contrario a la que se suponía.

A continuación, se procede a calcular la tensión que deberá soportar el cable.

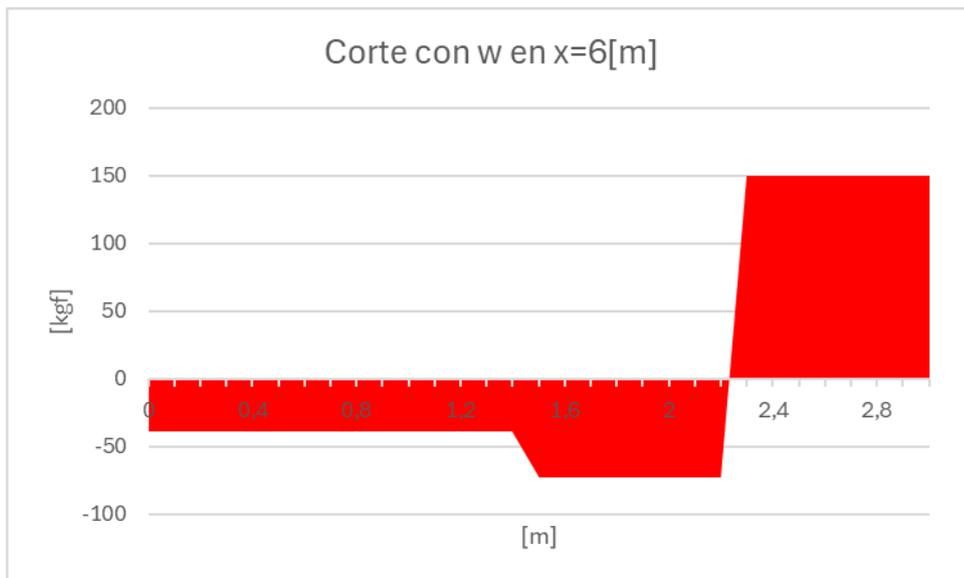
$$Rc = \frac{Rc_y}{\text{seno}(\theta)} = \frac{222.4[kg]}{\text{seno}(24^\circ)} = 546.8 [kg]$$

$$Rc_x = Rc * \cos(\theta) = 546.8[kg] * \cos(24^\circ) = 499.5[kg]$$

Ya con los esfuerzos calculados se procede a realizar los gráficos de momento flector y esfuerzos cortantes:



*Ilustración 91. Diagrama de momento flector*



*Ilustración 92. Diagrama de esfuerzo cortante*

Para finalizar el cálculo de la viga considerando su peso propio, procedemos a recalcular el módulo resistente para verificar que cumpla:

$$W_x = \frac{(12150[kg * cm])}{\left( \frac{2400 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]}{8} - \left( \frac{499.5[kg]}{14.2[cm^2]} \right) \right)} = 42.5[cm^3]$$

Observando la ilustración 61, podemos observar que el perfil seleccionado cuenta con un módulo resistente de  $54.7 [cm^3]$ , siendo mayor al valor calculado.

Para finalizar la selección del perfil, verificamos que soporte los esfuerzos cortantes a partir de la siguiente ecuación:

$$\tau_{adm} = \frac{M_t}{W_p} + \frac{F}{A}$$

$$\tau_{adm} = \frac{222.4[kg]}{14.2[cm^2]} = 15.7 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

$$CS = \frac{\tau}{\tau_{adm}} = \frac{1200 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]}{15.7 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]} = 76.5$$

Como podemos observar, el perfil IPN 120 verificar para los esfuerzos cortantes y normales.

### 3.4.2 Dimensionamiento del cable

Los cables metálicos están compuestos por alambres que son las unidades básicas, estos se enrollan alrededor de un centro en una o más capas, de manera que forman un cordón o torón. Dichos cordones se enrollan alrededor de un centro llamado alma y de esta manera se conforma el cable de acero. Según Faires, recomienda utilizar cable 6 x 37, el cual es un cable extra flexible, no soporta abrasiones grandes, pero si toleran dobleces relativamente pronunciados.

Para la selección del cable tomaremos la peor condición, la cual corresponde con la carga en el extremo opuesto al empotramiento, en donde el esfuerzo que deberá soportar el cable es  $R_c = 499.5$  [kg]. Para determinar el cable se utilizará la siguiente ecuación:

$$N = \frac{F_u}{F_t}$$

Considerando que la norma DIN 15018 recomienda utilizar un factor mínimo de 4 para todos los componentes críticos de la grúa, para nuestro caso adoptaremos un valor de  $N = 8$ . Reemplazando obtendremos la resistencia de rotura:

$$F_u = F_t * N$$

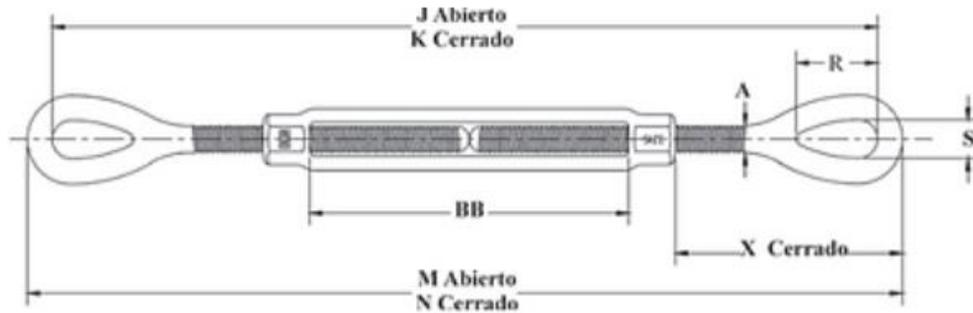
$$F_u = 499.5 \text{ [kg]} * 8 = 3996 \text{ [kg]} = 4 \text{ [Tn]}$$

Con el valor calculado y basándonos en el catálogo de Aceros Proar para un cable de 6x37, bajo norma IRAM 547 y con construcción Warrington Seal, se debe seleccionar el próximo superior que soporte dicha carga, el diámetro del cordón será de 10 [mm] como se puede observar a continuación.

<b>Diámetro cordón</b> (mm)	<b>Carga Mínima Rotura</b> (KN)	<b>Peso específico</b> (Kg/m)
6	18,8	0,124
8	37,4	0,221
10	58,4	0,345
11	70,7	0,417
**13,00	106	0,643
**16,00	161	0,973
**19,00	204	1,372
**22,00	305	1,78
**26,00	426	2,48

*Ilustración 93. Catálogo de Aceros Proar*

Para el tensionado del cable se selecciona un tensor Ojo-Ojo, para ello utilizaremos el esfuerzo calculado para el cable y nos basamos en el catálogo de Steelropes.



Thread Diameter & Take Up (mm)	HG-226 Stock No.	Working Load Limit (t)*	Weight Each (kg)	Dimensions (mm)								
				A	J Open	K Closed	M Open	N Closed	R	S	X Closed	BB
† 6.35 x 102	1031252	.23	.13	6.35	303	202	314	213	20.6	8.64	44.6	103
† 7.94 x 114	1031270	.36	.22	7.94	354	239	368	253	24.1	11.2	55.8	116
† 9.53 x 152	1031298	.54	.34	9.53	446	294	463	311	28.7	13.5	62.9	155
12.7 x 152	1031314	1.00	.78	12.7	506	354	529	376	35.8	18.0	90.4	153
12.7 x 305	1031350	1.00	1.19	12.7	819	514	841	536	35.8	18.0	89.9	314
15.9 x 152	1031378	1.59	1.25	15.9	552	399	577	425	45.7	22.4	110	153
15.9 x 305	1031412	1.59	1.87	15.9	865	560	891	586	45.7	22.4	110	315
19.1 x 152	1031430	2.36	1.91	19.1	590	438	622	470	53.1	25.4	130	156
19.1 x 305	1031476	2.36	2.78	19.1	905	600	937	632	53.1	25.4	129	320
19.1 x 457	1031494	2.36	3.55	19.1	1210	753	1242	785	53.1	25.4	130	471
22.2 x 305	1031519	3.27	4.01	22.2	932	627	970	665	60.5	31.8	147	309
22.2 x 457	1031537	3.27	5.22	22.2	1249	792	1287	830	60.5	31.8	147	473
25.4 x 152	1031555	4.54	4.36	25.4	666	514	711	559	76.2	36.3	165	157
25.4 x 305	1031573	4.54	5.88	25.4	971	666	1016	711	76.2	36.3	165	309
25.4 x 457	1031591	4.54	7.40	25.4	1276	819	1321	864	76.2	36.3	165	462
25.4 x 610	1031617	4.54	9.14	25.4	1596	987	1641	1031	76.2	36.3	164	631

Ilustración 94. Tensor ojo-ojo

### 3.4.3 Dimensionamiento de articulaciones

La grúa bandera se puede generalizar en 2 partes, la columna y la viga, la cual estas se deben unir por articulaciones para poder permitir la movilidad y unión de dichas partes. Por lo tanto, contamos con 3 articulaciones móviles:

- Articulación inferior: Es la que vincula la columna con la viga.
- Articulación superior: Es la que vincula el cable con la columna.
- Articulación en viga: Es la que vincula el cable con la viga.

Para el cálculo de dichas articulaciones debemos de considerar los esfuerzos calculados para la peor condición. Comenzaremos a calcular la articulación inferior mediante las siguientes ecuaciones.

#### **3.4.3.1 Dimensionamiento articulación superior e inferior**

Consideramos conveniente realizar ambas articulaciones iguales para si de esta manera poder utilizar los mismos elementos y así poder disminuir la cantidad de repuestos en stock. Por lo tanto, en el dimensionamiento de las articulaciones debemos considerar los esfuerzos más desfavorables, que para este caso son para la articulación superior. Para comenzar con los cálculos, mencionaremos las partes que intervienen en la misma, los cuales son:

- Soporte de la columna: Es que se encuentra vinculado de manera rígida a la columna.
- Soporte de la viga/cable: Es el que se encuentra vinculado de manera rígida a la viga para la articulación inferior, y para la articulación superior es la que se utiliza para vincular el cable.
- Perno: Es el que vincula el soporte de la columna con el soporte de la viga/cable y permite un pivoteo entre las partes.
- Rodamientos: Son los que permiten el movimiento del soporte de la viga/cable respecto el perno.

Para el diseño del perno, debemos tener en cuenta dos esfuerzos a lo que va a estar sometido, esfuerzos cortantes y de compresión (Aplastamiento). A modo de ejemplo se adjunta la siguiente ilustración para el esfuerzo cortante que estará sometido.

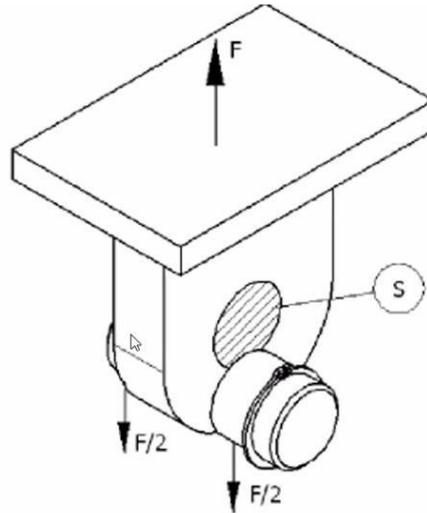


Ilustración 95. Esfuerzo en eje

$$d = \sqrt{\frac{2 * \sqrt{3} * R_{Ax} * CS}{\pi * S_{ys}}}$$

Donde:

- $R_{Ax}$  = Esfuerzo generado por el cable
- $CS$  = Coeficiente de seguridad
- $S_{ys}$  = Resistencia al corte (Para AISI 1045 2074 [ $\text{kg}/\text{cm}^2$ ])

Reemplazando:

$$d = \sqrt{\frac{2 * \sqrt{3} * 499.5[\text{kg}] * 8}{\pi * 2074 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]}} = 1.46[\text{cm}]$$

Como podemos observar, el diámetro del perno es de 1,46 [cm] pero debemos considerar que el perno debe tener un diámetro mayor que funcionara como tope, por lo tanto utilizaremos una la medida normalizada la cual es de 2,54 [cm] (1”) y se la torneara para llevarla a un diámetro adoptado de 1,5 [cm]. Antes de seleccionar

definitivamente dicho diámetro, debemos verificar que soportara los esfuerzos de compresión para esto utilizaremos la siguiente imagen como ejemplo.

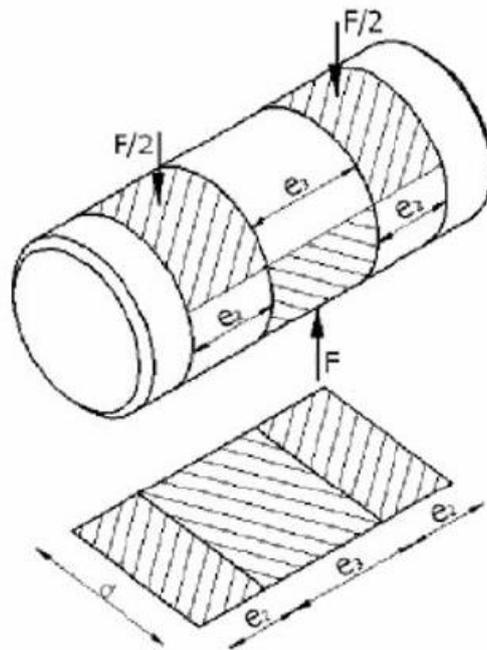


Ilustración 96. Esfuerzo en perno

El perno debe soportar el aplastamiento de la horquilla doble y la horquilla simple. Para poder analizar estos esfuerzos debemos de adoptar las dimensiones de la horquilla simple y doble. A continuación, se adjunta una imagen con el conjunto y sus dimensiones.

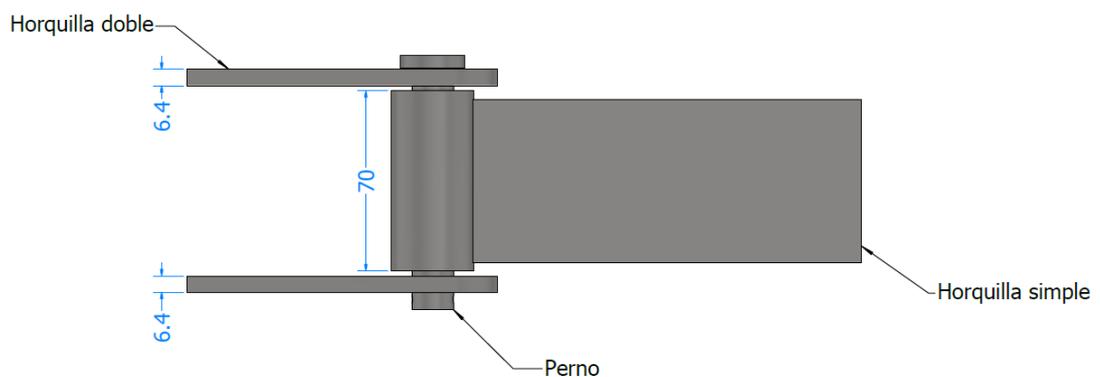


Ilustración 97. Conjunto horquillas-perno

Ya con las medias planteadas, se procede a realizar el cálculo para verificar que el diámetro calculado por esfuerzo cortante verifica a aplastamiento. Comenzamos a calcular el perno respecto a la horquilla doble:

$$d_{hd} = \frac{R_{Ax} * CS}{2 * e_2 * S_y}$$

Donde:

- $R_{Ax}$  = Esfuerzo generado por el cable
- $CS$  = Coeficiente de seguridad
- $S_y$  = Resistencia de fluencia (Para AISI 1045 4148 [kg/cm<sup>2</sup>])
- $e_2$  = Espesor de horquilla doble

Reemplazando:

$$d_{hd} = \frac{499.5[kg] * 8}{2 * 0.64[cm] * 4148 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]} = 0.75[cm]$$

Perno respecto a la horquilla simple:

$$d_{hs} = \frac{R_{Ax} * CS}{e_3 * S_y}$$

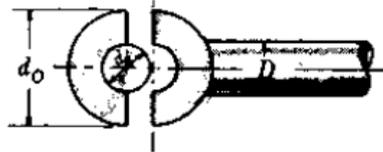
$$d_{hs} = \frac{499.5[kg] * 8}{7[cm] * 4148 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]} = 0.14[cm]$$

El diámetro de perno es el calculado por los esfuerzos córtate y por lo tanto verifica al aplastamiento por la horquilla simple y doble.

## Dimensionamiento de horquilla simple

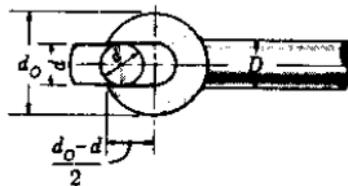
Para analizar correctamente este elemento, debemos de considerar que soporte los siguientes casos:

- Esfuerzo de tracción en el área del ojo:



*Ilustración 98. Esfuerzo de tracción en el área del ojo*

- Esfuerzo de compresión en el ojo debido a la presión de contacto del pasador.
- Esfuerzo de cortante en la horquilla debido al cizallamiento.



*Ilustración 99. Esfuerzo cortante en ojo*

En el análisis del primer punto debemos de considerar el esfuerzo de tracción generado por la viga y la carga, el diámetro del perno, el diámetro exterior de la horquilla con su respectivo ancho, estas variables se engloban en la siguiente ecuación:

$$d_0 = \frac{F * CS}{S_y * b} + d$$

Donde:

$d_0$  = Diámetro exterior de la horquilla simple.

$b$  = Ancho de la horquilla simple.

$d$  = Diámetro del perno.

Reemplazando los valores, obtenemos el diámetro exterior mínimo que debería tener la horquilla:

$$d_0 = \frac{499.5[kg] * 8}{4148 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right] * 7[cm]} + 1.5[cm] = 1,64[cm]$$

Análisis de esfuerzo de compresión en el ojo debido a la presión de contacto del pasador, obtenemos el ancho mínimo:

$$b = \frac{F * CS}{S_y * d}$$

$$b = \frac{499.5[kg] * 8}{4148 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right] * 1.6[cm]} = 0.6[cm]$$

Por último, dimensionamos el diámetro exterior mínimo de la horquilla por esfuerzo cortante debido al cizallamiento:

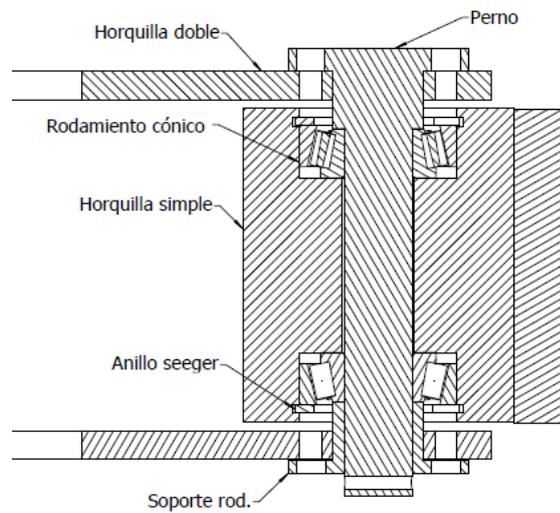
$$d_0 = \frac{F * CS}{S_{ys} * b} + d$$

$$d_0 = \frac{499.5[kg] * 8}{2074 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right] * 7[cm]} + 1.5[cm] = 1,78[cm]$$

Como este valor es menor al del esfuerzo de tracción, se considera este valor como el diámetro exterior mínimo. El diámetro de la horquilla simple estará sujeto a los rodamientos que se seleccionen para el mismo, pero siempre verificando que sea mayor a los diámetros calculados.

### 3.4.4 Rodamientos

Los rodamientos estarán ubicados en la horquilla simple, lo cuales permitirán la movilidad de la viga con respecto al perno, por lo tanto, los rodamientos deberán soportar las cargas axiales y radiales. Para esto seleccionaremos un rodamiento de tipo rodillo cónico, lo cuales poseen una gran capacidad para soportar ambas cargas. A continuación, se adjunta un diseño de lo mencionado.



*Ilustración 100. Disposición de rodamientos*

Para dimensionar el rodamiento debemos de definir los ciclos de funcionamiento para vida especificada, que para una grúa es de L: 12000 [Horas] (FAIRES, 1970).

**TABLA 12.1 DURACIÓN O VIDA ÚTIL DE PROYECTO PARA RODAMIENTOS GIRATORIOS, HORAS [12-4]**

TIPO DE SERVICIO	HORAS (vida 90 %)
Uso poco frecuente: instrumentos, aparatos de demostración, puertas correderas . . . . .	500
Motores de aviación . . . . .	500 a 2000
Uso intermitente, con interrupciones de servicio de importancia secundaria: herramientas de mano, máquinas movidas a mano en general, maquinaria agrícola, aparejos elevadores, grúas de montaje o de fundiciones, máquinas domésticas . . . . .	4000 a 8000
Uso intermitente, donde la seguridad de funcionamiento es importante: dispositivos móviles de trabajo en líneas de montaje, elevadores, grúas y máquinas herramientas poco frecuentemente usadas . . . . .	8000 a 12 000
Servicio de 8 horas, no utilizadas totalmente: transmisiones de engranajes, motores eléctricos. . . . .	12 000 a 20 000
Servicio de 8 horas, totalmente utilizadas: máquinas en general, grúas, soplantes o ventiladores, árboles de transmisión de talleres . . . . .	20 000 a 30 000
Servicio de 24 horas, funcionando continuo: separadores, compresores, bombas, transportadores de rodillos, montacargas o elevadores de minas, motores eléctricos . . . . .	40 000 a 60 000
Servicio de 24 horas, donde la seguridad de funcionamiento es importante: máquinas en plantas de proceso continuo, tales como de papel, celulosa; centrales eléctricas, estaciones de bombeo, máquinas para servicio continuo a bordo de buques . . . . .	100 000 a 200 000

*Ilustración 101. Vida útil para rodamientos*

Además de esto, se debe de determinar la capacidad de carga dinámica del rodamiento, para si de esta manera poder seleccionar el rodamiento en su respectivo catálogo. La carga dinámica P está dada por:

$$P = X * R_{Cx} + Y * R_{Cy}$$

En donde:

- P = Carga dinámica equivalente del rodamiento en [kN]
- X = Factor de carga radial del rodamiento.
- $R_{Cx}$  = Carga radial real del rodamiento [kN].
- Y = Factor de carga axial del rodamiento.

- $R_{Cy}$  = Carga axial real del rodamiento [kN].

Para determinar los factores de carga, comenzamos considerando un rodamiento del mismo diámetro del perno calculado, en este caso se trata de un rodamiento 30202 que posee un diámetro interior de 15 [mm]. A partir de la siguiente tabla brindada por el catálogo de SKF (SKF, 2019) se podrá determinar cómo calcular la carga dinámica equivalente del rodamiento.

Cargas			
	Rodamientos de una hilera	Rodamientos apareados	Rodamientos de dos hileras
<b>Carga mínima</b>	$F_{rm} = 0,02 C$		
Para obtener más información → página 106	Excepto para los rodamientos SKF Explorer: $F_{rm} = 0,017 C$		
<b>Carga dinámica equivalente del rodamiento</b>	$F_a/F_r \leq e \rightarrow P = F_r$ $F_a/F_r > e \rightarrow P = 0,4 F_r + Y F_a^{1)}$	<b>Disposición cara a cara o espalda con espalda</b> $F_a/F_r \leq e \rightarrow P = F_r + Y_1 F_a$ $F_a/F_r > e \rightarrow P = 0,67 F_r + Y_2 F_a$ <b>Disposición en tándem<sup>1)</sup></b> $F_a/F_r \leq e \rightarrow P = F_r$ $F_a/F_r > e \rightarrow P = 0,4 F_r + Y F_a$	$F_a/F_r \leq e \rightarrow P = F_r + Y_1 F_a$ $F_a/F_r > e \rightarrow P = 0,67 F_r + Y_2 F_a$
Para obtener más información → página 91			

*Ilustración 102. Cargas*

Partimos de la relación de las cargas axiales y radiales:

$$e = \frac{2180[N]}{4895[N]} = 0.44$$

Luego debemos de determinar si esta relación es mayor o menor al valor limite  $e$  especificado en los datos de cálculos del rodamiento adoptado, para concluir si se debe considerar la carga axial para el cálculo de  $P$ .

## Datos del cálculo

Clase de rendimiento SKF		SKF Explorer
Capacidad de carga dinámica básica	C	18.5 kN
Capacidad de carga estática básica	C <sub>0</sub>	14.6 kN
Carga límite de fatiga	P <sub>u</sub>	1.43 kN
Velocidad de referencia		17 000 r/min
Velocidad límite		20 000 r/min
Valor límite	e	0.35
Factor de cálculo	Y	1.7
Factor de cálculo	Y <sub>0</sub>	0.9

### *Ilustración 103. Datos de cálculo*

Como podemos observar el valor límite  $e$  es menor que el valor calculado, por lo tanto debemos considerar la carga axial con su respectivo factor de carga.

$$P = 0.67 * R_{Cx} + 1.7 * R_{Cy}$$

$$P = 0.67 * 4.9[kN] + 1.7 * 2.18[kN] = 7[kN]$$

Para concluir que el rodamiento adoptado es el correcto, procedemos a determinar la vida nominal básica en la cual se considera únicamente la carga y la velocidad, que según la normativa ISO 281 está dada por:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^p$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 * n} * L_{10}$$

Donde:

- $L_{10}$  = Vida nominal básica en millones de revoluciones.
- $L_{10h}$  = Vida nominal básica en horas de funcionamiento.
- $C$  = capacidad de carga dinámica en kN.
- $P$  = Carga dinámica equivalente del rodamiento en kN.
- $n$  = velocidad de giro [r.p.m].
- $p$  = exponente de la ecuación de la vida (10/3 para rodamiento de rodillos).

Reemplazando tenemos:

$$L_{10} = \frac{60 * 0.2[rpm] * 12000[h]}{10^6} = 0.144 \text{ [millones de rev.]}$$

Despejando la capacidad de carga dinámica para luego compararla con la del rodamiento.

$$C = 7[kN] * \sqrt[10]{0.144[\text{millones de rev.}]} = 3.9[kN]$$

Por último, se debe verificar que soporte la carga estática equivalente del rodamiento, para la cual considerando la siguiente expresión brindada por SKF.

Carga estática equivalente del rodamiento	$P_0 = 0,5 F_r + Y_0 F_a$ <sup>1)</sup>	Disposición cara a cara o espalda con espalda $P_0 = F_r + Y_0 F_a$ $P_0 < F_r \rightarrow P_0 = F_r$	$P_0 = F_r + Y_0 F_a$
	$P_0 < F_r \rightarrow P_0 = F_r$		$P_0 < F_r \rightarrow P_0 = F_r$
Para obtener más información → página 105		Disposición en tándem <sup>1)</sup> $P_0 = 0,5 F_r + Y_0 F_a$	

Ilustración 104. Carga estática equivalente

$$P_0 = R_{Cx} + 1.7 * R_{Cy}$$

$$P_0 = 4.9[kN] + 1.7 * 2.18[kN] = 8.6[kN]$$

El rodamiento adoptado cumple con la carga dinámica y estática equivalente.

### 3.4.5 Dimensionamiento de columna

La columna es el alma de la grúa bandera y es la encargada de soportar los esfuerzos de compresión y momento flector, a continuación, adjuntamos un diagrama de la grúa con todos los esfuerzos que intervienen:

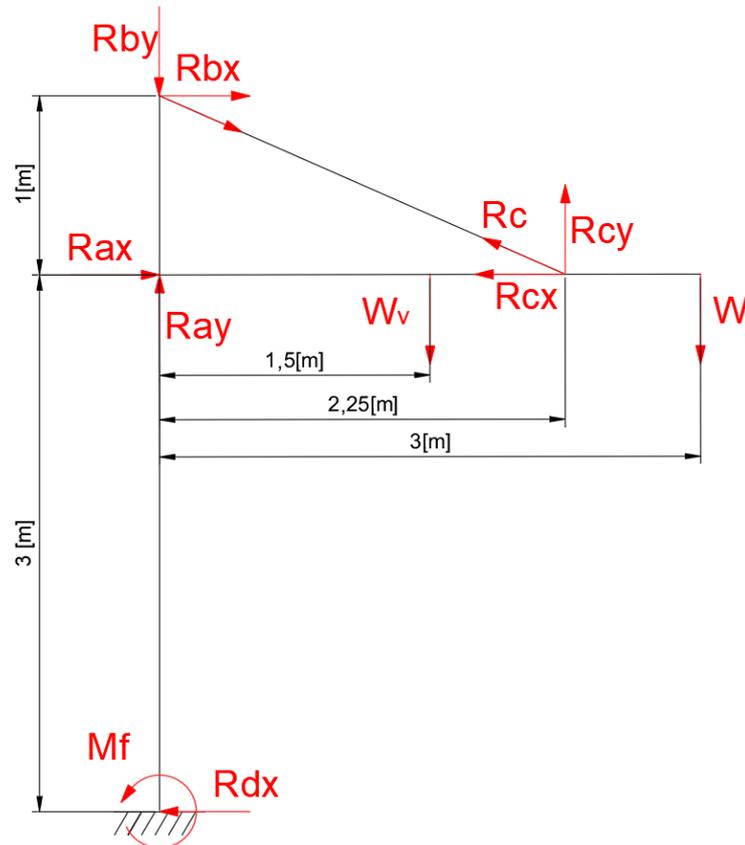


Ilustración 105. Diagrama de esfuerzos

Para poder verificar que la columna soportará a los esfuerzos que estará sometida, comenzamos calculando el grado de esbeltez el cual depende de la longitud de la columna y el radio de giro de la sección transversal:

$$\text{Esbeltez} = \frac{L_e}{K}$$

L= Longitud de la columna

K= Radio de giro del área de la sección transversal.

En donde el K depende del diámetro exterior e interior, si seleccionamos un tubo de Ø10” con un espesor de 15,1 [mm] (Sch 80), lo cual podemos observar en la siguiente ilustración:

DIMENSIONES Y PESOS TEORICOS - TUBOS ASTM A-53													
DIAMETRO NOMINAL	DIAMETRO EXTERIOR	ESPEORES NOMINALES Y PESOS											
		NUMERO DE "SCHEDULE" (CEDULA)											
		20		30		40		60		80		100	
PULG	mm	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m	mm	Kg/m
1/8	10,30					1,73	0,36			2,41	0,46		
1/4	13,70					2,24	0,63			3,02	0,89		
3/8	17,10					2,31	0,85			3,20	1,10		
1/2	21,30					2,77	1,26			3,73	1,62		
3/4	26,70					2,87	1,68			3,91	2,19		
1	33,40					3,38	2,50			4,55	3,23		
1 1/4	42,20					3,56	3,38			4,85	4,46		
1 1/2	48,30					3,68	4,05			5,08	5,40		
2	60,30					3,91	5,43			5,54	7,47		
2 1/2	73,00					5,16	8,62			7,01	11,40		
3	88,90					5,49	11,28			7,62	15,25		
3 1/2	101,60					5,74	13,56			8,08	18,62		
4	114,30					6,02	16,06			8,56	22,29		
5	141,30					6,55	21,76			9,52	30,92		
6	168,30					7,11	28,23			10,97	42,52		
8	219,10	6,35	33,28	7,04	36,76	8,18	42,49	10,31	53,07	12,70	64,57	15,09	75,79
10	273,00	6,35	41,73	7,80	50,96	9,27	60,24	12,70	81,50	15,09	95,80	18,26	114,50

Ilustración 106. Tabla de tubos sin costura

Con estos valores reemplazamos en la siguiente formula:

$$K = \sqrt{\frac{D_o^2 + D_i^2}{16}}$$

$$K = \sqrt{\frac{(27.3[cm])^2 + (24.28[cm])^2}{16}} = 9.13[cm]$$

Luego, obtenemos la longitud efectiva para columna con extremo empotrado y el otro extremo libre:

$$L_e = 2 * 400[cm] = 800[cm]$$

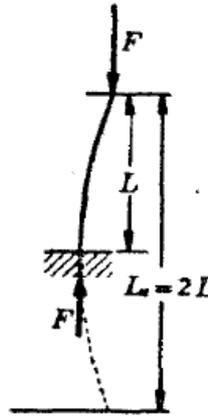


Ilustración 107. Diagrama de pandeo

Con los valores obtenidos, procedemos a calcular el grado de esbeltez:

$$Esbeltez = \frac{800[cm]}{7.46[cm]} = 87.6$$

Como el valor está comprendido en  $30 < \frac{L_e}{K} < 120$ , podemos aplicar la ecuación de J.B. Johnson, el cual es para columnas cortas en donde la carga de ruptura esta da por:

$$F_c = S_y * A * \left[ 1 - \frac{S_y * \left( \frac{L_e}{K} \right)^2}{4 * \pi^2 * E} \right]$$

Donde el área está dada por la siguiente relación:

$$A = \frac{(D_o - D_i)^2}{2} * \pi$$

$$A = \frac{(27.3[cm] - 24.28[cm])^2}{2} * \pi = 14.32[cm^2]$$

Considerando que el material del caño es un tipo de acero F-24 el cual posee una tensión de fluencia de  $2400 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$  y que el modulo de elasticidad es de  $2.1 * 10^6 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$ , obtenemos la carga de rotura:

$$F_c = 2400 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right] * 14.32 [cm^2] * \left[ 1 - \frac{2400 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right] * (87.6 [cm])^2}{4 * \pi^2 * 2.1 * 10^6 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]} \right] = 26726 [kg]$$

Esta carga es mucho mayor a la que estará sometida la columna, por lo tanto, el próximo paso a verificar es que soporte los esfuerzos normales. Para estos esfuerzos utilizaremos la ecuación de Von Mises:

$$\sigma_{adm} = \frac{M_f}{W_x} + \frac{F}{A}$$

En donde el módulo resistente  $W_x$  para un cilindro hueco es:

$$W_x = \frac{\pi}{32} * \left( \frac{D_0^4 - D_i^4}{D_0} \right)$$

$$W_x = \frac{\pi}{32} * \left( \frac{(27.3 [cm])^4 - (24.28 [cm])^4}{27.3 [cm]} \right) = 747.35 [cm]^3$$

Con este valor y los esfuerzos calculados en los pasos anteriores calculamos la tensión admisible:

$$\sigma_{adm} = \frac{3.5 * 10^5 [kg * cm]}{747.35 [cm]^3} + \frac{235.8 [kg]}{14.32 [cm^2]} = 480.7 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]$$

Y el coeficiente de seguridad estará dado por la relación entre la tensión de fluencia del material y la tensión admisible:

$$CS = \frac{2400 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]}{480.7 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]} = 5$$

Como podemos observar, la columna soportará los esfuerzos que estará sometido y el coeficiente es acorde a la aplicación.

### 3.4.6 Dimensionamiento de la base

Para el cálculo de los esfuerzos que deberán soportar los tornillos deberemos de tener en cuenta que tendremos una combinación de esfuerzos normales y cortantes, en donde las reacciones de la viga y el cable nos generarán un momento flector en la base, como así también esfuerzos de corte. La base, en dirección de la fuerza aplicada, tendrá un punto C en el que se generará el giro de esta.

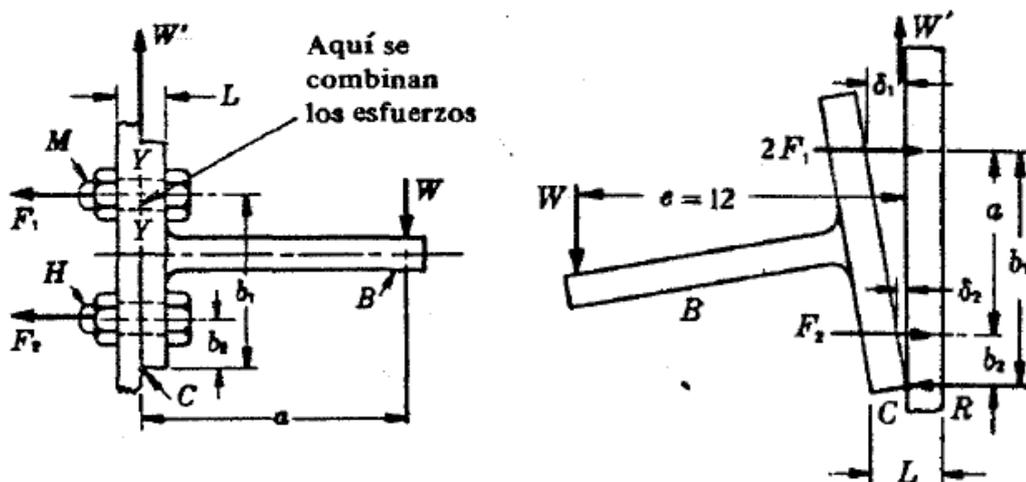
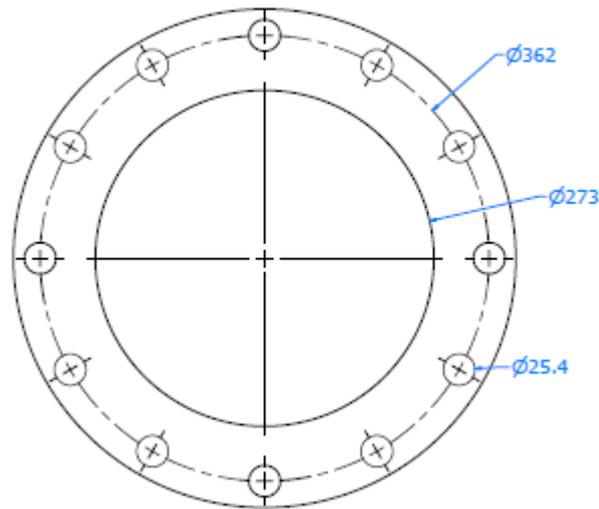


Ilustración 108. Unión abulonada

Considerando la imagen anterior, seleccionamos una brida de 10 pulgadas de diámetro exterior Slip-on Acero Astm A105 la cual tiene las dimensiones siguientes:



*Ilustración 109. Dimensiones de brida*

Igualando el momento generado por la carga a la fuerza de tracción que deberá resistir el bulón por la distancia del centro de la columna al punto c, despejando podremos obtener el esfuerzo de tracción al que estará sometido el bulón:

$$Mf_c = Mf_t$$

$$F_t = \frac{Mf_c}{L_{t-c}}$$

$$F_t = \frac{3.5 * 10^5 [kg * cm]}{20.2 [cm]} = 17326 [kg]$$

Tracción inicial y par de apriete

$$T = C * D * F_i$$

Donde:

T representa el torque en [kg\*cm]

D es el diámetro del bulón en [cm]

F<sub>i</sub> es la precarga de apriete en [kg]

C es un coeficiente de par el cual es de 0.2 para bulones sin lubricar y 0.15 lubricados

De esta expresión debemos determinar la precarga de apriete F<sub>i</sub>, pero para ello primeramente necesitamos conocer el torque T, una vez obtenida, Fairies recomienda apretar el perno hasta 0.9\*S<sub>p</sub>, por lo tanto seleccionamos el material de nuestro bulón, el cual tendrá un diámetro de 1” y un largo de 3”, para una primera iteración a partir de la tabla 5.2 seleccionamos el tipo de bulón:

**TABLA 5.2 RESISTENCIAS MÍNIMAS DE PERNOS  
(ESPECIFICACIONES NORMALIZADAS SELECCIONADAS)**

GRADO	TAMAÑOS, INCL.		s <sub>p</sub>		s <sub>u</sub>		s <sub>y</sub>		
	mm	pulg	kg/cm <sup>2</sup>	ksi	kg/cm <sup>2</sup>	ksi	kg/cm <sup>2</sup>	ksi	
SAE Grado 2	6,35- 19,05	1/4-3/4	3867	55	4 851	69			
	22,22- 25,40	7/8-1	3656	52	4 500	64			
	28,57- 38,10	1 1/8-1 1/2	1968	28	3 867	55			
SAE Grado 5 ASTM A325	6,35- 19,05	1/4-3/4	5976	85	8 437	120	6187	88	
	22,22- 25,40	7/8-1	5484	78	8 085	115	5694	81	
	28,57- 38,10	1 1/8-1 1/2	5202	74	7 381	105	5413	77	
ASTM 354	BB {	6,35- 63,50	1/4-2 1/2	5624	80	7 381	105	5835	83
		63,50-101,60	2 1/2-4	5273	75	7 030	100	5483	78
	BC {	6,35- 63,50	1/4-2 1/2	7381	105	8 788	125	7662	109
		63,50-101,60	2 1/2-4	6679	95	8 085	115	6960	99
BD	6,35- 38,10	1/4-1 1/2	8437	120	10 546	150	8788	125	

*Ilustración 110. Resistencias de pernos*

Para un perno SAE grado 5 lubricado y 1" de diámetro a partir de la siguiente tabla hallamos el torque:

ASTM A449 / SAE Grade 5						
Diámetro	Paso	Carga de Prueba (lbs)	Fuerza de Apriete (lbs)	Torque (ft lbs)		
				Lubricado	Galv	Negro
1/4	20	2,700	2,025	4	11	8
5/16	18	4,450	3,338	9	11	8
3/8	16	6,600	4,950	15	39	31
7/16	14	9,050	6,788	25	62	49
1/2	13	12,050	9,038	38	94	75
9/16	12	15,450	11,588	54	136	109
5/8	11	19,200	14,400	75	188	150
3/4	10	28,400	21,300	133	333	266
7/8	9	39,250	29,438	215	537	429
1	8	51,500	38,625	322	805	644

Ilustración 111. Torque para bulones grado 5

Reemplazando en la ecuación de Maney obtenemos  $F_i$ :

$$F_i = \frac{T}{C * D} = \frac{44.5[Kgm] * 100[\frac{cm}{m}]}{0.15 * 2.54[cm]} = 8850[kg]$$

A partir de las siguientes expresiones determinamos el esfuerzo al que estará sometido el perno más exigido por el momento máximo, el cual es el perno A.

$$K = \frac{Mf_c}{(2 * L_D^2 + 2 * L_C^2 + 2 * L_B^2 + L_A^2)}$$

$$K = \frac{3.5 * 10^5[kg * cm]}{(2 * (20.2[cm])^2 + 2 * (29.3[cm])^2 + 2 * (36[cm])^2 + (38.3[cm])^2)}$$

$$= 53 \left[ \frac{kg}{cm} \right]$$

$$F_a = K * L_a = 53 \left[ \frac{kg}{cm} \right] * 38.3[cm] = 2030[kg]$$

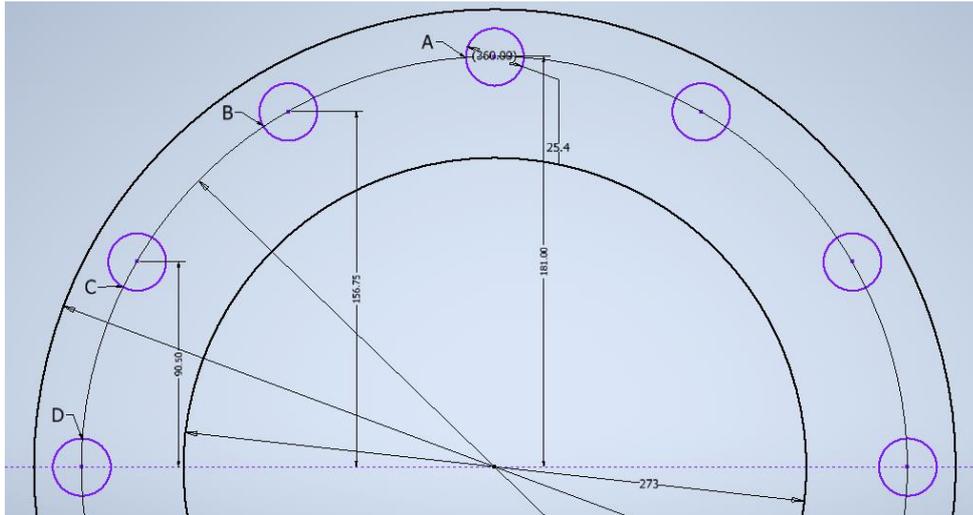


Ilustración 112. Distancias de brida

Constantes elásticas del bulón  $k_b$  y de las piezas unidas  $k_c$ :

$$k_b = \frac{A_b * E_b}{L_b} = \frac{\left( \pi * \left( \frac{2.22 [cm]}{2} \right)^2 \right) * 2.1 * 10^6 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]}{7.62 [cm]} = 1066744 \left[ \frac{kg}{cm} \right]$$

$$k_c = \frac{A_c * E_c}{L_c} = \frac{\left( \frac{\pi * D_e^2}{4} - \frac{\pi * D^2}{4} \right) * E_c}{L_c}$$

$$\frac{\left( \frac{\pi * \left( 3.81 + \frac{7.62}{2} [cm] \right)^2}{4} - \frac{\pi * (2.54 [cm])^2}{4} \right) * 2.1 * 10^6 \left[ \frac{kg}{cm^2} \right]}{7.62 [cm]} = 11171503 \left[ \frac{kg}{cm} \right]$$

Calculamos la carga total aplicada al perno más exigido:

$$F_T = F_i + \left( \frac{k_b}{k_b + k_c} \right) F_a$$

$$F_T = 8850 [kg] + \left( \frac{1066744 \left[ \frac{kg}{cm} \right]}{1066744 \left[ \frac{kg}{cm} \right] + 11171503 \left[ \frac{kg}{cm} \right]} \right) * 2030 [kg]$$

$$F_T = 9027[kg]$$

Verificamos el coeficiente de seguridad:

$$\sigma_{adm} = \frac{M_f}{W_x} + \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{14350[kg]}{\pi * \left(\frac{2.22[cm]}{2}\right)^2} = 2332 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]$$

$$CS = \frac{5694 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]}{2332 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]} = 2.4$$

### 3.4.7 Selección de polipasto

Seleccionamos un polipasto eléctrico de la marca Gan-Mar modelo 125/250 con carro para que se pueda desplazar a través de la viga, el cual tiene una fuerza portante con reducción de 250 [kg] y un largo del cable de 11 metros.



Ilustración 113. Polipasto

Por otra parte, para disminuir los riesgos y facilitar la manipulación de los mandriles correspondientes a la formadora de tubos de cartón, seleccionaremos un elevador magnético de la marca Argencort para izaje de piezas, el cual va montado en el gancho del polipasto. Posee una capacidad de carga para barras redondas de 1000 [kg] y un rango de diámetro de 70 a 500 [mm].



*Ilustración 114. Elevador magnético*

### 3.4.8 Cómputo y presupuesto de materiales

Descripción	Cantidad	Precio unitario [u\$d]	Precio total unitario [u\$d]
Polipasto	1	830	830
Elevador magnético	1	1160	1160
Brida 10"	1	308	308
Cable de acero 10 mm	3	6.3	19
Rodamiento skf 30202	2	13.5	27
Tensor ojo-ojo	1	19.5	19.5
Bulón 1"	12	3.8	46
Kg de acero	450	2.7	1215
Mano de obra	1	1200	1200
		<b>Total</b>	<b>4824.5</b>

*Tabla 54. Cómputo y presupuesto de materiales*

### **3.5 Diseño eléctrico**

La instalación eléctrica de una industria comprende todos aquellos elementos de conducción, medición, protección y maniobra necesarios para permitir la distribución y utilización de la energía eléctrica de manera segura y eficiente en un espacio definido.

Para seleccionar correctamente cada uno de estos elementos es necesario llevar a cabo diversos desarrollos de diseño y cálculo en función de las necesidades operativas del usuario. Como referencia de diseño se deben tomar las especificaciones que dictan las respectivas normativas, tanto nacionales como internacionales.

En lo que respecta al diseño de la instalación eléctrica de la fábrica tubera, el mismo comprenderá las siguientes etapas:

1. Diseño eléctrico en Media Tensión (13.2 kV)
2. Diseño eléctrico en Baja Tensión (0.40-0.22 kV)

#### **3.5.1 Diseño eléctrico en Media Tensión (13.2 kV)**

Dado que la aparamenta de MT ya fue seleccionada en el ítem **2.2.1.3.1 Selección de equipamiento auxiliar**, se llevará a cabo una explicación más detallada de los tipos de celdas que se pueden encontrar en el mercado, cuáles son sus funciones, para que se utilizan, y se fundamentará la selección del tablero de MT.

#### **Aparamenta de MT**

En lo que respecta a la aparamenta de MT, existe una variedad determinada y ampliamente conocida en el mercado. Básicamente la aparamenta de MT se puede clasificar según su funcionalidad:

- **Seccionamiento:** que consiste en aislar una parte de la red para trabajar en ella, con seguridad total.
- **Mando:** que consiste en abrir o cerrar un circuito en sus condiciones normales de explotación.
- **Protección:** que consiste en aislar una parte de la red en situación anormal.

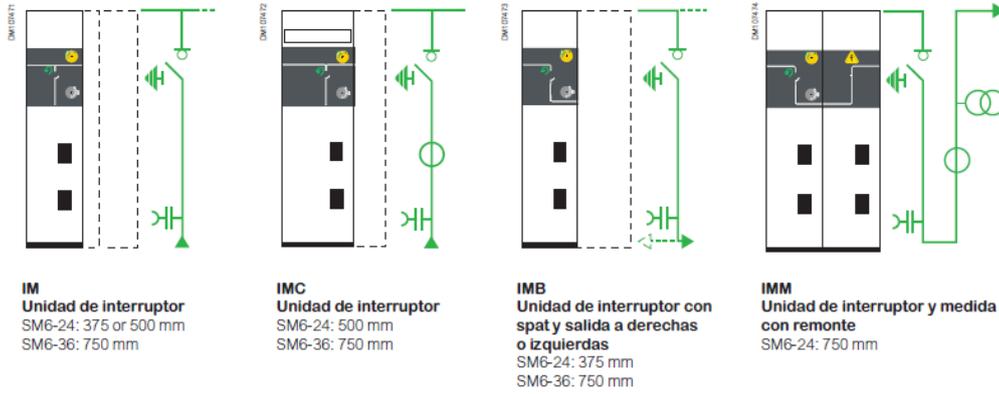
Para cumplir estas funcionalidades, se diseñan y fabrican aparatos de MT que pueden cumplir una o más de una función a la vez. La imagen presentada a continuación, corresponde al Cuaderno Técnico N°155 de Schneider (Christian Puret, 1995) muestra un agrupamiento de los aparatos de MT por función y por equipo (en este caso para la marca Schneider).

aparato MT	seccionador	interruptor	interruptor automático	interruptor seccionador	int. aut. desenchufable	fusible
función						
seccionamiento	■			■	■	
mando		■	■	■	■	
protección			■		■	■

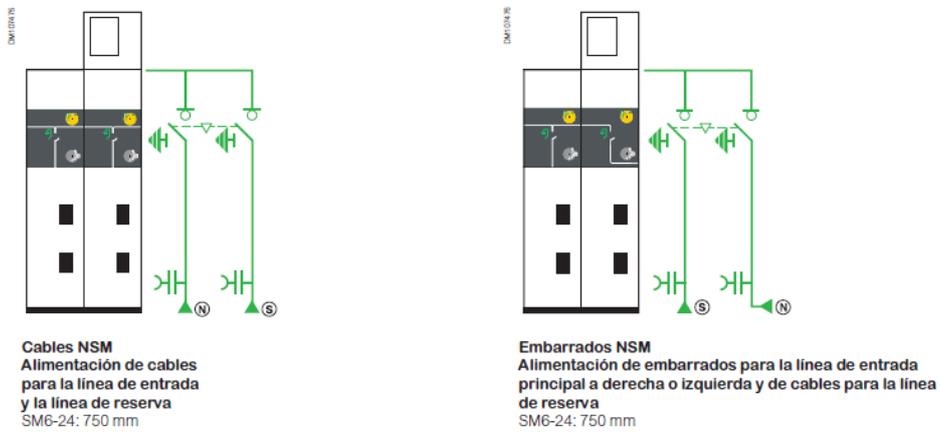
*Ilustración 115. Aparatos de MT Schneider*

Además de estas funciones básicas, en lo que respecta a la línea de productos de Schneider, más específicamente en la línea de Celdas del tipo SM6, existen una gran variedad de funciones específicas. Algunas de ellas se muestran en su catálogo **SM6 Solución modular** del año 2022, las cuales se presentan a continuación:

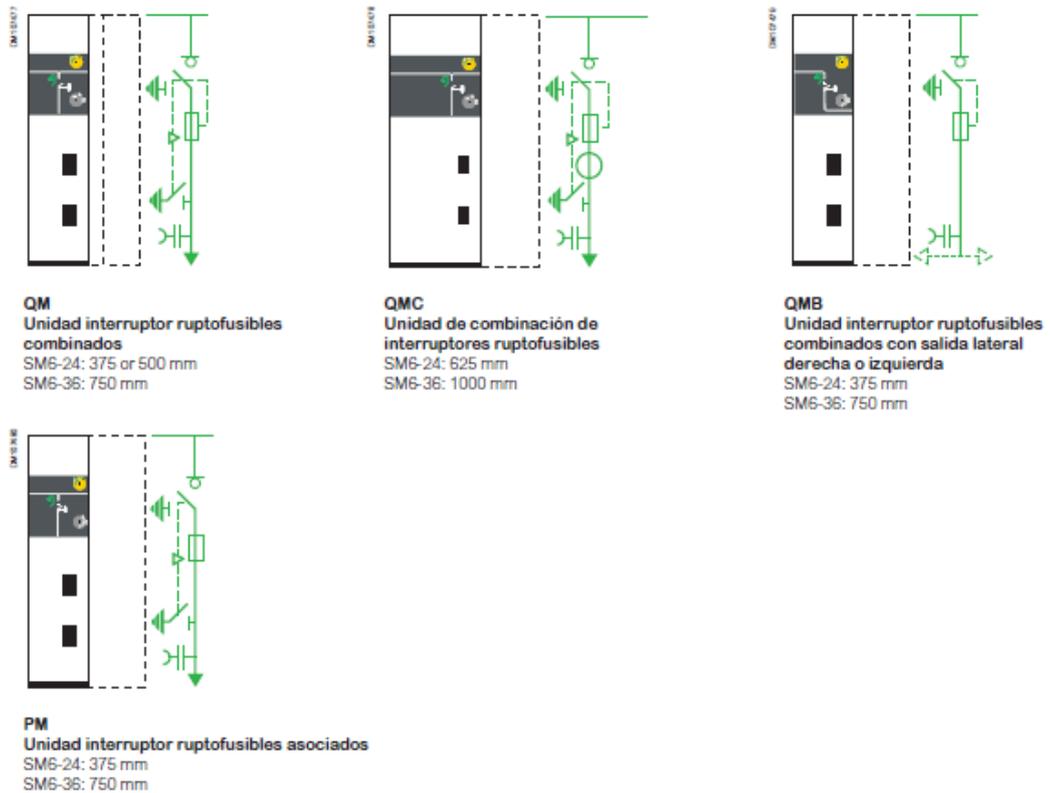
## Interruptor



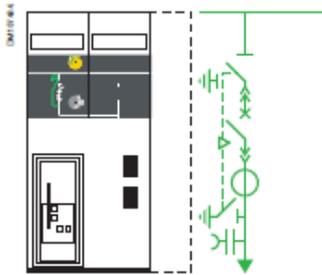
## Sistema de transferencia automática



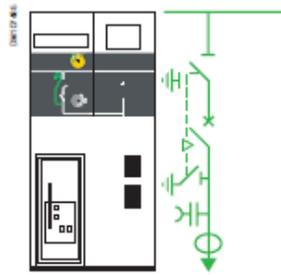
## Interruptor ruptofusible



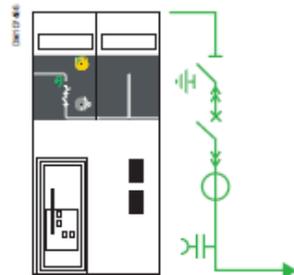
## Interrupor automático en SF6



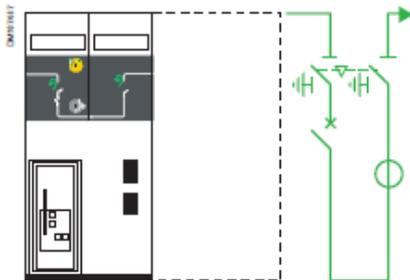
**Unidad de interruptor automático extraíble de aislamiento simple**  
SM6-24: 750 mm



**DM1-S**  
Unidad de interruptor automático desconectable de aislamiento simple con protección autónoma  
SM6-24: 750 mm

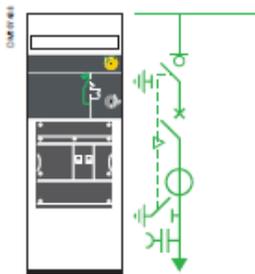


**DM1-Z**  
Unidad de interruptor automático extraíble de aislamiento simple a derecha de línea de salida  
SM6-24: 750 mm

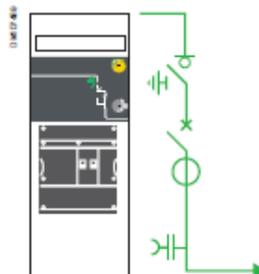


**DM2**  
Unidad de interruptor automático desconectable de aislamiento doble a derecha o izquierda de línea de salida  
SM6-24: 750 mm  
SM6-36: 1500 mm

## Interrupor automático en vacío

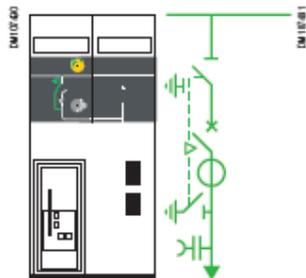


**DMV-A**  
Unidad de interruptor automático de aislamiento simple  
SM6-24: 625 mm

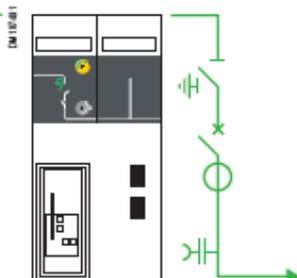


**DMV-D**  
Unidad de interruptor automático de aislamiento simple a derecha de línea de salida  
SM6-24: 625 mm

## Interrupor automático en vacío

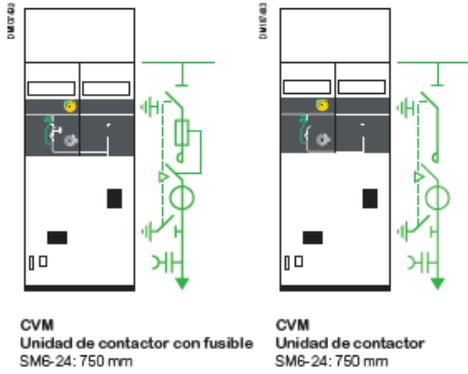


**DMVL-A**  
Unidad de interruptor automático desconectable de aislamiento simple  
SM6-24: 750 mm



**DMVL-D**  
Unidad de interruptor automático desconectable de aislamiento simple a derecha de línea de salida  
SM6-24: 750 mm

### Contactor en vacío (arranque directo)



### Función de medida

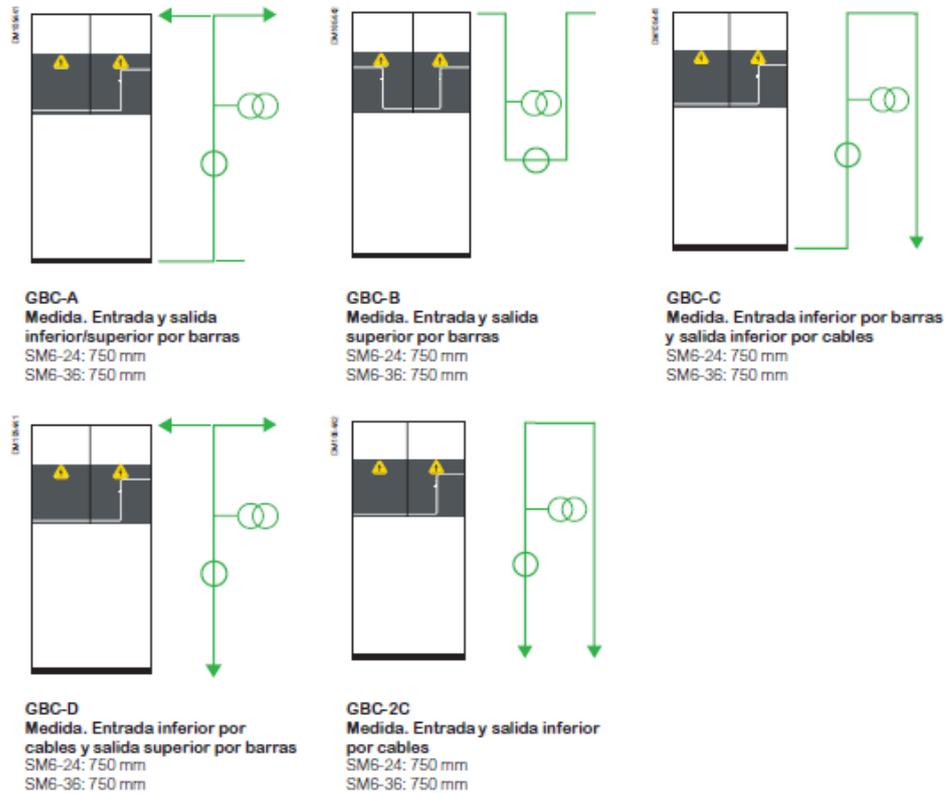
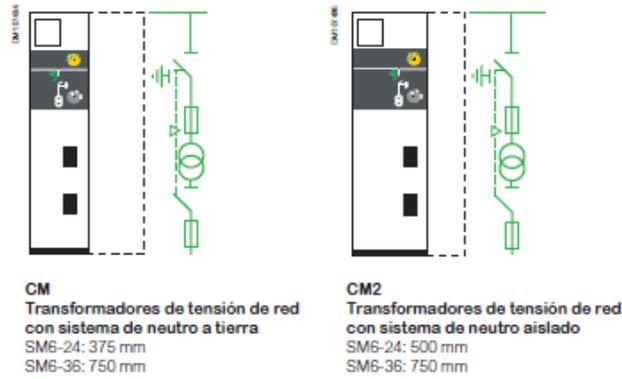


Ilustración 118. Celdas de MT Schneider III

## Unidades para otras funciones

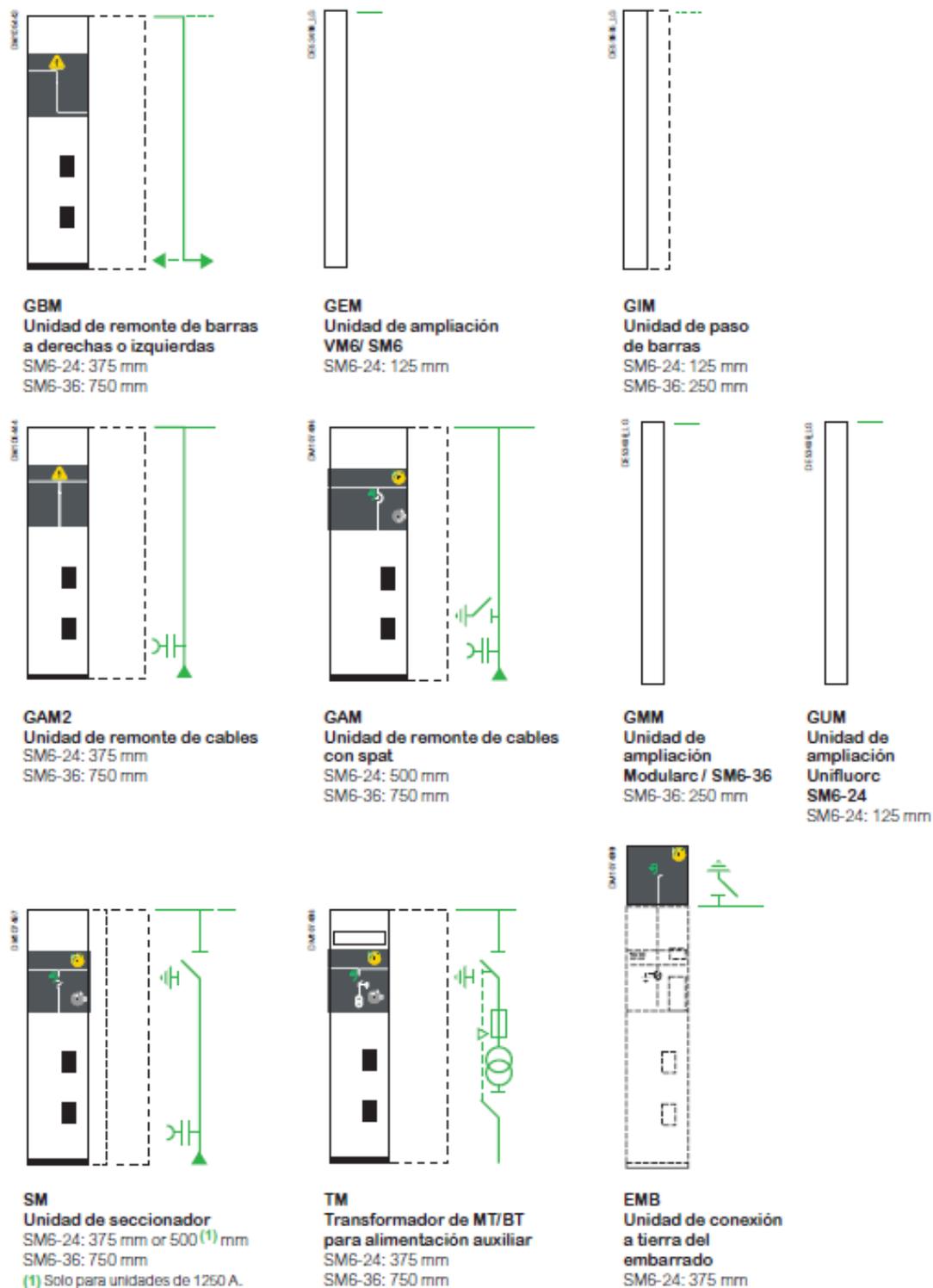


Ilustración 119. Celdas de MT Schneider IV

## Fundamentos de selección de celdas

Para seleccionar correctamente las celdas que se adecuan de mejor manera a nuestra necesidad, es necesario comprender en líneas generales como están compuestos los tableros de MT que contienen a estas celdas. Generalmente en estos tableros se utiliza un determinado tipo de celda para acometer con los cables de alimentación, es decir, no todas admiten la entrada de cables conductores, generalmente admiten salida, pero no entrada.

Entre las celdas que admiten entrada de alimentación mediante cables conductores están las de tipo **IM** (Interruptor bajo carga), **SM** (Seccionador) o **GAM** (Unidad de remonte), entre otras. Es decir que se deben utilizar cualquiera de estos tipos de celdas para iniciar el conformado del tablero de MT.

Para nuestro caso, se opta por avanzar con una celda seccionadora del tipo **IM**, dado que esta permite tanto el ingreso de cables conductores por su parte inferior como también el seccionamiento del tablero, lo que nos brinda versatilidad a la hora de necesitar realizar una intervención en el mismo. En la **Ilustración 120** se muestra la celda **IM-375**, para más información consultar Anexo B1.

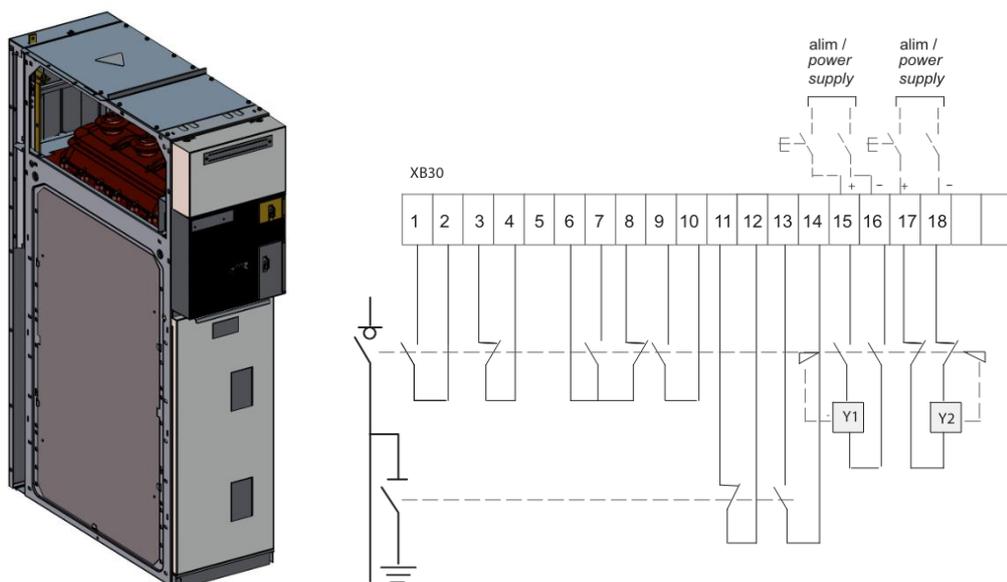


Ilustración 120. Celda Seccionadora IM-375

En lo que respecta a protección, la línea de celdas que presentan la protección más completa son los interruptores automáticos (**DMXX**) dado que vienen equipados con unidades de disparo programables, como la unidad SEPAM, Relés Easergy P5 y Relés VIP. A continuación, se presenta una tabla extraída del **Catalogo SM6 Solución modular**, donde se muestran las diferentes opciones de protección para instalaciones de MT:

Selección en función  
de la gama de relé

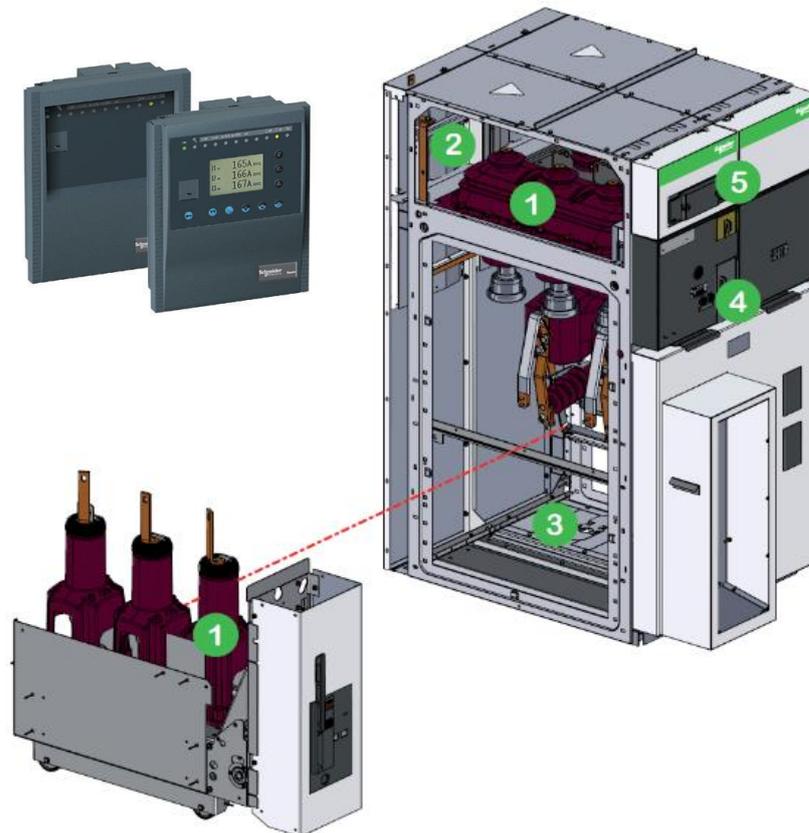
Protección	Código	Tipo de relé de protección						
		Easergy P3	Sepam				VIP	
			serie 20	serie 40	serie 60	serie 80	45	400/410
Sobreintensidad trifásica	50 - 51	•	•	•	•	•	• (2)	• (1)
Intensidad homopolar	50N - 51N	•	•	•	•	•	• (3)	• (1)
Defecto a tierra direccional	67N			•	•	•		
Mínima tensión	27			•	•	•		
Máxima tensión	59			•	•	•		
Imagen térmica	49	•	•	•	•	•		
Máxima tensión residual	59N			•	•	•		
Desequilibrio	46	•	•	•	•	•		
Arranque largo y rotor bloqueado	51LR	•	•	•	•	•		
Número máximo de arranques	66	•	•	•	•	•		
Mínima intensidad por fase	37	•	•	•	•	•		
Comunicación		•	•	•	•	•		

(1) Curvas de disparo DT, EI, SI, VI y RI.  
(2) Curva inversa adecuada a la protección de transformador.  
(3) Curva de disparo DT.

*Ilustración 121. Relés de protección para celdas de MT Schneider*

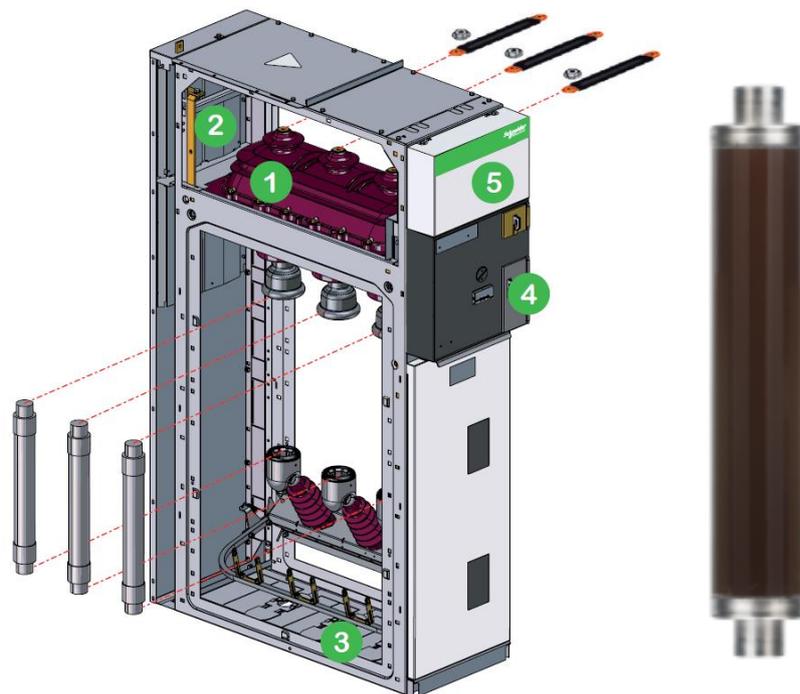
Claramente las prestaciones de las unidades de disparo de la serie VIP son limitadas, y por lo tanto el equipo es más económico, sin embargo, debemos tener en cuenta que existirá una celda interruptora fusible protegiendo al transformador ante sobreintensidades a través de los fusibles, con lo cual aguas arriba de esta celda es conveniente tener una protección más abarcativa. Es por esto que se decide seleccionar un módulo de protección Easergy SEPAM Serie 40, que estará colocado en la Celda Interruptora DM1A. Este módulo contiene, entre varias de sus funciones, la de proteger la red de MT ante cortocircuitos trifásicos, homopolares, valores mínimos y máximos de tensión de alimentación, desequilibrio entre fases, imagen térmica, etc. Todos esos parámetros son programables, y a su vez pueden ser monitoreados remotamente dado que este módulo permite la vinculación de señales de cableado duro

a través de sus salidas a relé (contacto seco) y por comunicaciones a través del protocolo MODBUS TCP/IP (acorde a IEC 61850). En la **Ilustración 122** se muestra la Celda Interruptora Automática DM1A y su respectivo módulo de protección SEPAM.



*Ilustración 122. Celda Interruptora DM1A-750 y Unidad SEPAM*

Para las celdas de salida a cargas de MT se preseleccionaron las celdas interruptoras fusibles **QM-375**, luego de una evaluación comparativa con el resto de la línea SM6, resultaron ser las más prácticas y económicas, dado que permiten la protección ante sobre corrientes limitada por la intensidad de ruptura del fusible. Se seleccionarán dos celdas de este tipo, una para alimentar el transformador de 630 kVA (el cambio de potencia de 500 kVA a 630 kVA se detallará más adelante) y se contemplará una de reserva. En la **Ilustración 123** se presenta una imagen ilustrativa de la celda **QM** y sus respectivos fusibles.



*Ilustración 123. Celda Interruptora fusible QM-375 y fusible*

En lo que respecta a la selección de los fusibles, el calibre de los mismos para las unidades de protección SM6, como **PM**, **QM**, **QMB** y **QMC** dependen, entre otras cosas, de los siguientes criterios:

- Tensión de servicio [kV].
- Potencia del transformador [kVA].
- Tecnología del fusible (fabricante).

Se pueden instalar diferentes tipos de fusibles con percutor de media carga:

- Fusibles Solefuse conforme a la norma UTE NCF 64.210.
- Fusibles Fusarc CF conforme a la recomendación de IEC 60.282.1, con dimensiones acordes con la norma DIN 43.625.

Para seleccionar adecuadamente el calibre, recurrimos a la **Tabla de selección de fusibles** brindada por el fabricante Schneider en su catálogo **SM6 Solución modular**, teniendo en cuenta los parámetros antes mencionados.

Tipo de fusible	Tensión de servicio (kV)	Potencia del transformador (kVA)														Tensión asignada (kV)			
		25	50	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	
<b>Solefuse (norma UTE NFC 13.100. 64.210)</b>																			
5.5	6.3	16	31.5	31.5	63	63	63	63	63	63	63								7.2
10	6.3	6.3	16	16	31.5	31.5	31.5	63	63	63	63								7.2
15	6.3	6.3	16	16	16	16	16	43	43	43	43	43	63						24
20	6.3	6.3	6.3	16	16	16	16	16	43	43	43	43	43	63					24
<b>Solefuse (caso general, norma UTE NFC 13.200)</b>																			
3.3	16	16	31.5	31.5	31.5	63	63	100	100										7.2
5.5	6.3	16	16	31.5	31.5	63	63	63	80	80	100	125							7.2
6.6	6.3	16	16	16	31.5	31.5	43	43	63	80	100	125	125						12
10	6.3	6.3	16	16	16	31.5	31.5	31.5	43	43	63	80	80	100					12
13.8	6.3	6.3	6.3	16	16	16	16	31.5	31.5	31.5	43	63	63	80					17.5
15	6.3	6.3	16	16	16	16	16	31.5	31.5	31.5	43	43	63	80					24
20	6.3	6.3	6.3	6.3	16	16	16	16	31.5	31.5	31.5	43	43	63					24
22	6.3	6.3	6.3	6.3	16	16	16	16	31.5	31.5	31.5	43	43	63					24
<b>Fusarc CF and SIBA (1) (caso general para celdas QM, QMB y QMC conforme a IEC 62271-105)</b>																			
3.3	16	25	40	50	50	80	80	100	125	125	160 <sup>(1)</sup>	200 <sup>(1)</sup>							7.2
5	10	16	31.5	40	40	50	63	80	80	125	125	160 <sup>(1)</sup>							7.2
5.5	10	16	31.5	31.5	40	50	50	63	80	100	125	125	160 <sup>(1)</sup>	160 <sup>(1)</sup>					7.2
6	10	16	25	31.5	40	50	50	63	80	80	125	125	160 <sup>(1)</sup>	160 <sup>(1)</sup>					7.2
6.6	10	16	25	31.5	40	50	50	63	80	80	100	125	125	160 <sup>(1)</sup>					7.2
10	6.3	10	16	20	25	31.5	40	50	50	63	80	80	100	100	125 <sup>(1)</sup>	200 <sup>(1)</sup>			12
11	6.3	10	16	20	25	25	31.5	40	50	50	63	80	100	100	125 <sup>(1)</sup>	160 <sup>(1)</sup>			12
13.8	6.3	10	16	16	20	25	31.5	31.5	40	50	50	63	80	80	100 <sup>(1)</sup>	125 <sup>(1)</sup>	125 <sup>(1)</sup>		17.5
15	6.3	10	10	16	16	20	25	31.5	40	50	50	63	80	80	100 <sup>(1)</sup>	125 <sup>(1)</sup>	125 <sup>(1)</sup>		17.5
20	6.3	6.3	10	10	16	16	25	25	31.5	40	40	50	50	63	80	100 <sup>(1)</sup>	125 <sup>(1)</sup>		24
22	6.3	6.3	10	10	16	20	25	25	31.5	40	40	50	50	63	80	80	100 <sup>(1)</sup>		24
<b>Fusarc para transformadores secos (2)</b>																			
30					10		10	16	20	25	31.5	31.5	50	50	63	63			36
31.5					10		10	16	20	25	25	31.5	50	50	63	63			36
33					6.3		10	16	20	25	25	31.5	40	50	50	63			36
34.5					6.3		10	16	20	25	25	31.5	40	50	50	63			36
<b>Fusarc CF para transformadores de aceite (2)</b>																			
30					10		10	16	20	25	31.5	31.5	40	40	50	63			36
31.5					10		10	16	20	25	31.5	31.5	40	40	50	63			36
33					10		10	16	20	25	25	31.5	31.5	40	40	50			36
34.5					10		10	16	20	25	25	31.5	31.5	40	40	50			36

(1) Fusibles SIBA.  
(2) Esta tabla de selección ha sido elaborada de conformidad con las características técnicas de France Transfo. Las características de transformadores y fusibles pueden cambiar en función del fabricante y las normas.

⚠️ Consúltanos en lo referente a sobrecargas y funcionamiento por encima de 40 °C para transformadores de aceite.

**Tabla 55. Selección de fusibles de MT**

Para una tensión de servicio de 13,2 kV y una potencia del transformador de 630 kVA, el fusible adecuado es el correspondiente a la línea **Fusarc CF** de calibre **50 [A]** cuya tensión asignada es de **17.5 [kV]**.

### 3.5.1.1 Tablero de MT (13.2kV)

Definidos todos los tipos de celdas a utilizar en la instalación, es posible plantear variantes en lo que respecta al conformado del Tablero de MT. A los fines de realizar una comparativa, se proponen 2 (dos) opciones de conformado del tablero, posteriormente se evaluará cada opción para determinar cuál es la más conveniente.

## Opción 1 – Tablero IM-DM2-QM-QM

La opción 1 es construir un solo recinto para ubicar un único tablero de MT conformado por las siguientes celdas:

- **Celda N°1:** Tipo **IM-375** para la entrada de alimentación por cables conductores y seccionamiento.
- **Celda N°2:** Tipo **DM2-750** equipada con un relé de protección **Easergy SEPAM 40** para la protección general programable de todo el circuito de MT, con alimentación y salida de potencia por barras laterales.
- **Celda N°3:** Tipo **QM-375** para la protección ante sobrecargas y cortocircuitos, con alimentación por barras laterales y salidas por cables conductores, destinada a alimentar el transformador principal de 630 kVA.
- **Celda N°4:** Tipo **QM-375** con las mismas características que la anterior, estará prevista para reserva equipada.

En la **Ilustración 124** y **125** se muestra un diagrama de conexión unifilar y topográfico del tablero de MT – Opción 1, respectivamente.

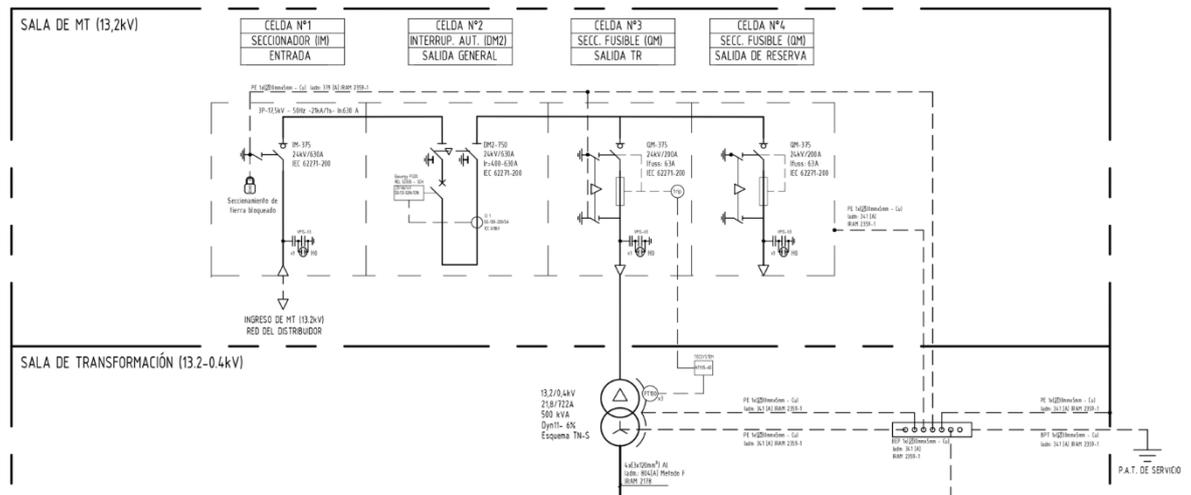
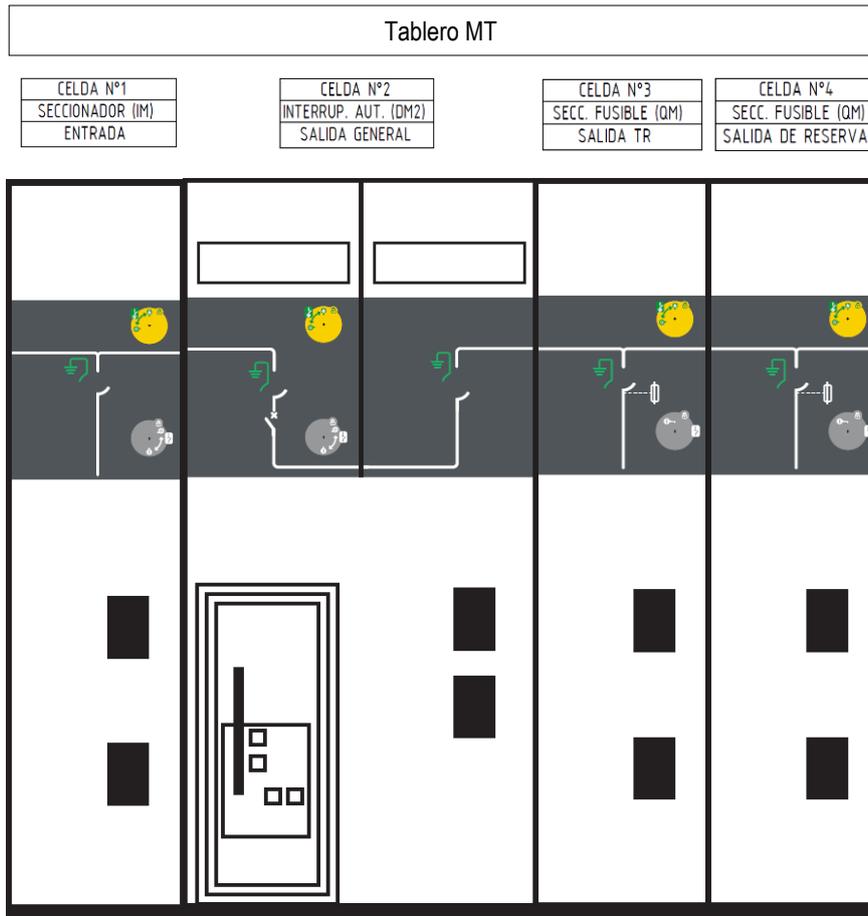


Ilustración 124. Diagrama unifilar MT - Opción 1



*Ilustración 125. Diagrama topográfico - Opción 1*

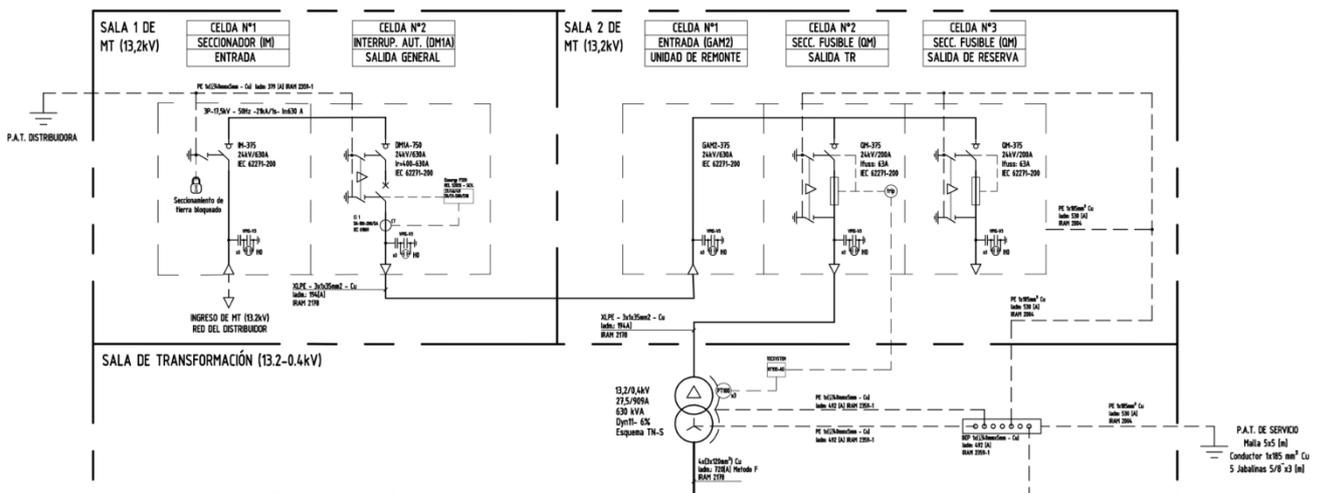
### **Opción 2 – Tablero N°1 IM-DM2 + Tablero N°2 GAM2-QM-QM**

La opción 2 es construir dos Salas de MT, donde la Sala 1 será para la acometida de alimentación por parte del distribuidor eléctrico, y estará conformado por el **Tablero N°1**, mientras que la Sala 2 estará adyacente a la sala del transformador y conformado por el **Tablero N°2**. Ambos tableros estarán conformados de la siguiente manera:

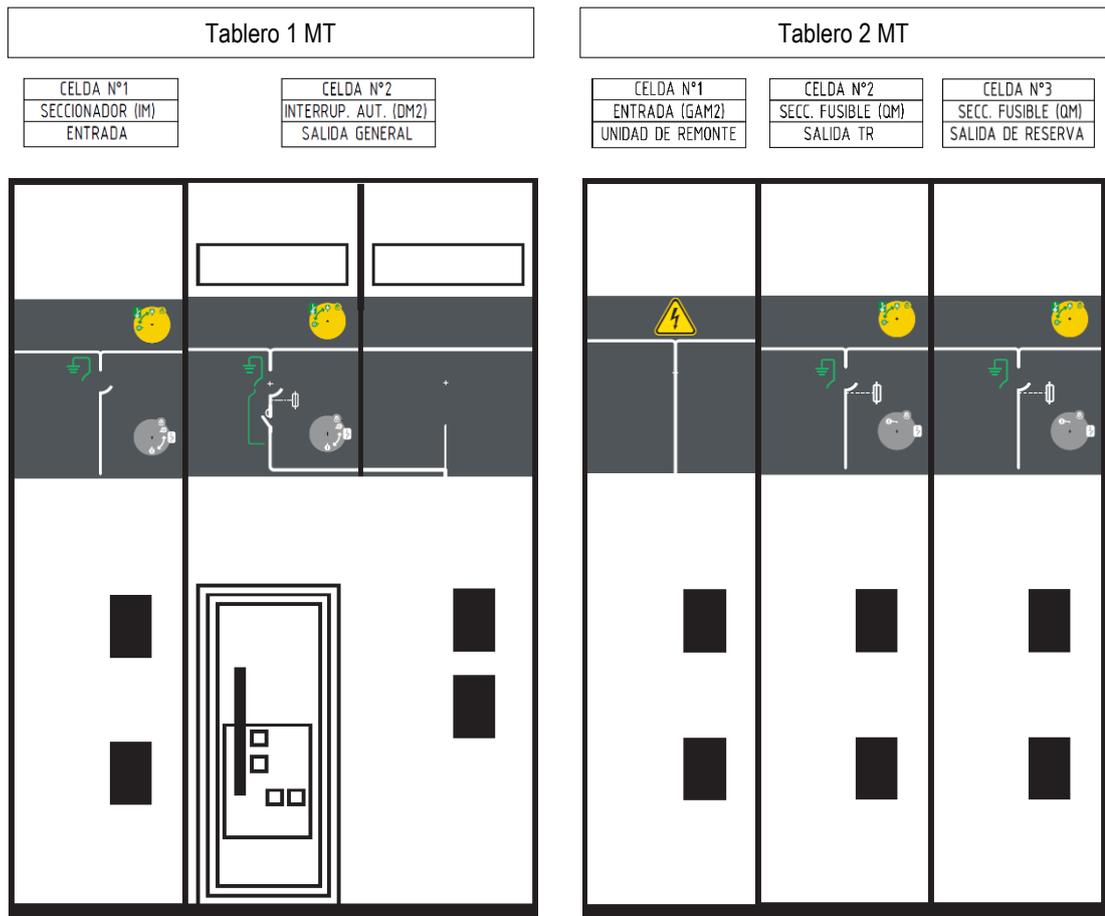
- **Tablero N°1**
  - **Celda N°1:** Tipo **IM-375** para la entrada de alimentación por cables conductores y seccionamiento.

- **Celda N°2:** Tipo **DM1A-750** equipada con un relé de protección **Easergy SEPAM 40** para la protección general programable de todo el circuito de MT, con alimentación por barras laterales y salida por cables conductores.
- **Tablero N°2**
  - **Celda N°1:** Tipo **GAM2-375**, para la entrada de alimentación por cables conductores.
  - **Celda N°2:** Tipo **QM-375** para la protección ante sobrecargas y cortocircuitos, con alimentación por barras laterales y salidas por cables conductores, destinada a alimentar el transformador principal de 630 kVA.
  - **Celda N°3:** Tipo **QM** con las mismas características que la anterior, estará prevista para reserva equipada.

En la **Ilustración 126** y **127** se muestra un diagrama de conexión unifilar y topográfico de los tableros de MT – Opción 2, respectivamente.



*Ilustración 126. Diagrama unifilar MT - Opción 2*



*Ilustración 127. Diagrama topográfico - Opción 2*

### Comparación y selección del Tablero de MT

Para realizar una comparativa fehaciente de ambas opciones, se las evaluará en igualdad de condiciones desde el punto de vista operativo y económico.

- **Evaluación operativa/económica**

Con el fin de describir en detalle el funcionamiento operativo de cada opción, en la **Ilustración 128** se presenta una imagen satelital del predio donde estará instalada la Fábrica Tubera, marcando en color rojo donde estarán ubicados los tableros de MT en cuestión.



*Ilustración 128. Imagen satelital – Salas de MT*

Concretamente, en el punto de referencia **A** estará ubicado el único tablero de MT de la **Opción 1**, cuya Sala de MT estará adyacente a la sala donde el distribuidor ENERSA dispone sus celdas de MT para que el usuario se conecte en 13.2 kV.

Desde **A** se realizará un tendido subterráneo de conductores de aproximadamente 128 m, que vinculará la Celda N°3 (QM) de la opción 1 con los bornes del transformador de 630 kVA (en el medio fusibles de MT) ubicado en el punto de referencia **B**.

Por otra parte, lo que se plantea en la **Opción 2** es ubicar el Tablero N°1 en el punto de referencia **A** y realizar el mismo tendido subterráneo mencionado anteriormente hasta el punto **B**, donde se colocará el Tablero N°2.

○ **Ventajas y desventajas operativas**

Ventajas de la **Opción 1:**

- ✓ Posibilidad de extender el tablero para más salidas que estarán protegidas por la Celda N°2 (DM2).
- ✓ Posibilidad de intervenir el tablero completo seccionando la Celda N°1 (IM).
- ✓ Permite intervenir el circuito aguas abajo de la Celda N°3 (QM) sin desenergizar la Celda N°4 (QM).

Desventajas de la **Opción 1:**

- ✗ Si se necesitara intervenir el tablero para mantenimiento, quedará sin energía toda la planta.
- ✗ Ningún elemento de maniobra cercano al transformador de potencia.

Ventajas de la **Opción 2:**

- ✓ Posibilidad de extender ambos tableros para más salidas que estarán protegidas por la Celda N°2 (DM1A).
- ✓ En caso de extensión del tablero N°2, la nueva celda a colocar estará más cercana a la fábrica, no así si se quisiera extender el Tablero N°1.
- ✓ Elementos de maniobra cercanos a las cargas (transformador, otra carga en MT, etc.).
- ✓ Permite intervenir el circuito aguas abajo de la Celda N°2 (QM) sin desenergizar la Celda N°3 (QM).

### Desventajas de la **Opción 2:**

- Si se necesita hacer una intervención en el Tablero N°2 se debe desenergizar toda la planta.

### ○ **Ventajas y desventajas económicas**

#### Ventajas de la **Opción 1:**

- Esta opción implica fabricar 1 (una) sola Sala de MT (menos costo civil).
- No se requiere la celda GAM2 para acometer al segundo tablero (menos costo).
- Al tener 1 (un) único tablero de MT, se requiere 1 (un) solo juego de cerramientos laterales. (menos costo).

#### Desventajas de la **Opción 1:**

- Requerirá realizar 1 (un) tendido subterráneo por cada celda que eventualmente se desee agregar al único tablero de MT. (más costo).

#### Ventajas de la **Opción 2:**

- Requiere 1 (un) único tendido subterráneo para alimentar el Tablero N°2, cuya intensidad admisible del conductor empleado (1x35mm<sup>2</sup> 13.2 kV Cu) es suficiente para alimentar hasta 4 celdas fusibles en el Tablero N°2 limitadas por fusibles de 50 [A], implica menor costo de cable y tendido.

Desventajas de la **Opción 2:**

- ☒ Implica construir 2 (dos) Salas de MT (Mayor costo civil).
- ☒ Requiere 1 (una) celda GAM2 para acometer al Tablero N°2 (Mayor costo).
- ☒ Requiere 2 (dos) juegos de cerramientos laterales por el hecho de contar con 2 (dos) tableros de MT.

En la **Tabla 56** se presenta un presupuesto definitivo para ambas opciones.

<b>Presupuesto Opción 1 – Tablero MT IM-DM2-QM-QM</b>				
Código Proveedor	Descripción	Cant.	Precio unitario U\$D	Subtotal U\$D
SM61N3JHA6Z610000	Celda SM6 IM-375 24kV	1	6957,76	6957,76
SM61DSKA2RB4010	Celda SM6 DM2 24kV	1	34643,1	34643,1
SM61Q3JHK6Z671000	Celda SM6 QM-375 24kV	2	8325,74	16651,48
SM61AC0GJ5R900000	Kit cerramientos SM6	1	1352,09	1352,09
20229050	Conductor 1x35mm <sup>2</sup> Cu 13.2kV	1000	32,75	32750
-	Obra civil Sala de MT	1	2991,09	2991,09
<b>Total Opción 1:</b>				<b>95345,52</b>

<b>Presupuesto Opción 2 – Tablero N°1 IM-DM1A + Tablero N°2 GAM2-QM-QM</b>				
Código Proveedor	Descripción	Cant.	Precio unitario U\$D	Subtotal U\$D
SM61N3JHA6Z610000	Celda SM6 IM-375 24kV	1	6957,76	6957,76
SM61D1JHG6W671410	Celda SM6 DM1A 24kV	1	30852,2	30852,2
SM61G2JHJ6R600000	Celda SM6 GAM2 24kV	1	3824,17	3824,17
SM61Q3JHK6Z671000	Celda SM6 QM-375 24kV	2	8325,74	16651,48
SM61AC0GJ5R900000	Kit cerramientos SM6	2	1352,09	2704,18
20229050	Conductor 1x35mm <sup>2</sup> Cu 13.2kV	500	32,75	16375
-	Obra civil Sala de MT	2	2991,09	5982,18
<b>Total Opción 2:</b>				<b>83346,97</b>

*Tabla 56. Comparativa económica de celdas MT*

- **Elección definitiva**

Desde el plano económico, existe una diferencia notable a favor de la **Opción 2**, la cual presenta un ahorro del **13%** respecto a la Opción 1, lo cual se traduce en términos de dinero a **U\$D 11998,55**.

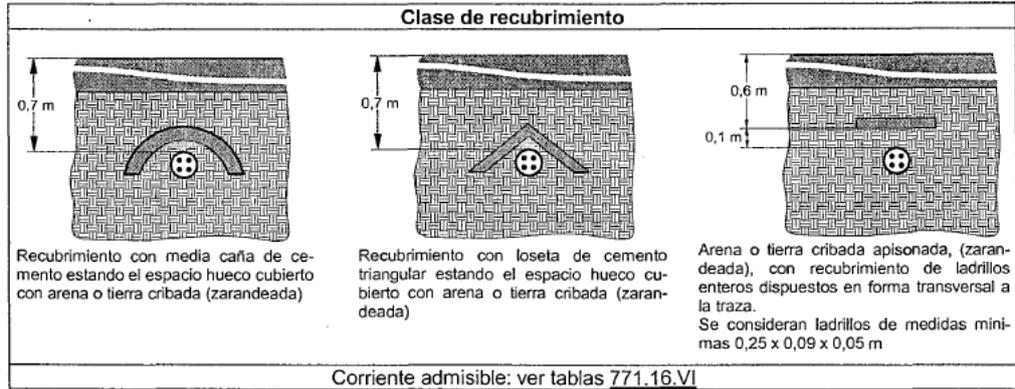
Con respecto al análisis operativo, cualquiera de las soluciones presenta virtudes y defectos similares, siendo la **Opción 2** la más versátil debido a que se encuentra a pie del transformador, y eventualmente si se deseara más versatilidad se puede cambiar la celda GAM2 por una IM que permitiría trabajar el Tablero N°2 sin necesidad de operar el Tablero N°1, con lo cual el análisis operativo indica que la **Opción 2** es la que presenta mejores características para su utilización.

Se concluye entonces, que desde los planos económico y operativo, la **Opción 2** es la que resulta más adecuada para los fines operativos de la planta.

- **Tendido eléctrico de media tensión**

En lo que respecta al diseño de las conexiones entre tableros de MT, el mismo será mediante un tendido subterráneo, y se basa en el punto **771.12.4.2.1** de la normativa **AEA 90364-5**, la cual establece que *“el fondo de la zanja será una superficie firme, lisa, libre de discontinuidades y sin piedras. Los cables se dispondrán, respetando los radios de curvatura mínimos correspondientes, a una profundidad mínima de 0,70 m respecto de la superficie del terreno.*

*Como protección contra el deterioro mecánico, se utilizarán ladrillos o cubiertas dispuestos en la forma indicada en la figura siguiente:*



*En caso de utilizarse cables con armadura metálica la armadura debe ser puesta a tierra como mínima en ambos extremos. Asimismo, se deberá colocar una cinta de advertencia (roja o roja y blanca con el texto "PELIGRO ELECTRICO" y el símbolo de la Norma IRAM 10005-1, correspondiente al símbolo 8.3.6. de ISO 3864), a 20 cm. de la superficie y en todo el desarrollo longitudinal de la zanja." (AEA 90364-5, 2006)*

### **Ensayo de aislación del conductor.**

Para finalizar la sección de media tensión se decidió mencionar el procedimiento para realizar el ensayo y prueba de resistencia de aislamiento, ya que se considera de gran importancia operativa y de seguridad. Para ellos nos basaremos en la norma IRAM 2325:1992.

Cabe destacar que las condiciones dieléctricas de los materiales aislantes se van degradando progresivamente durante la utilización, esto se debe a un proceso de envejecimiento ocasionado por el transcurso del tiempo, pero este proceso de degradación se puede ver acelerado debido a calentamientos o enfriamientos excesivos, daños mecánicos, vibraciones, suciedad, humedad, entre otros.

Al realizar este ensayo se deben de tener en consideración las siguientes precauciones de seguridad para poder conservar la integridad tanto del personal que realice el ensayo como la del equipo, las cuales son las siguientes:

- Verificar la ausencia de tensión mediante.
- Aunque se realice el paso anterior, es conveniente cortocircuitar y poner a tierra las partes de los conductores entre las que se medirá la aislación (como mínimo 15 minutos).
- Si los conductores se encuentran tensionados, se procederá a realizar la desconexión de la energía y luego se deberá realizar una descarga de la energía electrostática almacenada en la aislación mediante resistores apropiados (este paso se debe realizar luego de cada ensayo).

El ensayo de mencionado lo realiza el fabricante antes de despacharlo, pero luego de su transporte e instalación el cable puede sufrir algún daño o tratamiento inadecuado, por lo tanto, es de práctica común realizar dicho ensayo luego de montar el cable.

El ensayo se realiza con una fuente de tensión continua ya que el equipo para realizarlo es relativamente pequeño y liviano para su transporte y realizar el ensayo en campo. En cambio, si se quisiera realizarlo con tensión alterna, se debería de contar con de gran tamaño y peso. Otra ventaja de utilizar tensión c. c. es que la aislación en buen estado se deteriora muy lentamente, por lo que la duración del ensayo no es de gran importancia en este sentido.

A continuación, se adjunta la tabla de tensiones a aplicar en el ensayo dependiendo la tensión que trabajara en cable como así también si el ensayo corresponde para un cable recién instalado o para realizar mantenimiento.

TENSIONES DE ENSAYO "EN EL CAMPO" PARA CABLES CON TENSIONES  
NOMINALES DE HASTA 132 kV SEGÚN LAS NORMAS IRAM

$U_N$ (valor eficaz)	Tensiones del cable			Tensiones de ensayo c.c. (*)		
	$U_0$ (valor eficaz)	$U$ (valor eficaz)	$U_{1a}$ (valor de cresta)	Valor para instalación (por 1º vez)	Valor para mantenimiento	Valor máximo admisible (**)
(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)	(kV)
3,3	2,3	3,3	40	13	9	28
6,6	3,8 5,2	6,6 6,6	60 65	19 22	14 17	42 46
13,2	7,6	13,2	85	32	24	60
33	10,5 19	13,2 33	110 170	44 80	33 60	77 120
66***						
132	76 76	132 132	450 550	305 305	230 230	315 385

El equipo de ensayo debe de cumplir con las siguientes características:

- Poder satisfacer la tensión para el ensayo y contar con un margen adicional.
- La polaridad de la tensión de ensayo será negativa.
- El incremento de la tensión deberá poder ser continua o bien en pequeños escalones.
- Poder realizar una regulación satisfactoria de la tensión de salida.
- Suministrar una tensión de salida en vacío lo suficientemente filtrada para obtener una tensión continua aceptablemente pura.
- Debe contar con una corriente continua de intensidad suficiente para cargar electrostáticamente el cable a ensayar en un tiempo razonable.

Para realizar el ensayo se debe realizar el siguiente procedimiento preparación del cable de media tensión:

1. Retirar 20 [cm] de la cubierta externa



*Ilustración 129. Extracción de cubierta externa*

2. Reunir la pantalla de hilos en un solo grupo para trabajar sobre la superficie y la segunda capa semi-conductora.



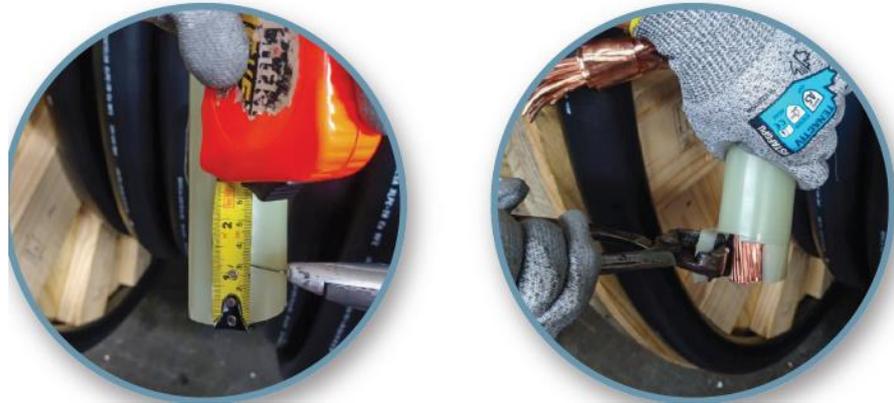
*Ilustración 130. Pantalla de hilos*

3. Retirar 15 [cm] de la segunda capa semi-conductora, verificando de no dañar el aislamiento.



*Ilustración 131. Segunda capa semi-conductora*

- Retirar 3 [cm] de aislante y primera capa semi-conductora.



*Ilustración 132. Primera capa semi-conductora*

- Por último, se debe conectar el terminal positivo a la pantalla del conductor y el terminal negro al conductor.



*Ilustración 133. Conexión de equipo de ensayo*

Luego de realizar la preparación del conductor, y como se mencionó en el último paso el electrodo de tierra del equipo de ensayo se debe conectar a la pantalla metálica del cable y a la tierra local si la hubiera, los terminales de los cables no conectados a tierra deben tener su pantalla metálica conectada a tierra local, mientras que el electrodo de ensayo de alta tensión se conecta al conductor que será ensayado.

Cabe mencionar que, si se trata de un conductor multipolar sin pantallas individuales, cada conductor debe ser ensayado separadamente, con los conductores restantes conectados todos a tierra.

Luego de realizar el procedimiento de preparación del cable y conexionado, se debe establecer la tensión a aplicar y el tiempo en el que se realizara (Teniendo en cuenta que la tensión inicial no debe exceder en 1,8 veces la tensión nominal a frecuencia industrial).

Para interpretar los resultados del ensayo se debe de tener en cuenta que la resistencia de aislación y las condiciones que se encuentran varían tan ampliamente que resulta engañoso encontrar valores absolutos tabulados de resistencia, lo que se debe realizar es la comparación de los valores de resistencia de aislación medidos periódicamente con aquellos obtenidos cuando el sistema de cable fue instalado. También se realiza la comparación de las resistencias de aislación calculada para cada una de las fases para determinar una anomalía en la aislación de uno o más conductores del cable, para ello se puede considerar que existe una probable anomalía cuando existe una diferencia de 3 a 1 entre las relaciones de resistencias de aislación. Otra consideración que hay que tener en cuenta al realizar el ensayo, es que si este se realiza con saltos de tensión, es realizar el grafico de la resistencia de aislación en función de la tensión, siendo efectivamente más sensible para detectar la aproximación de una corriente de falla por avalancha, ya que, una disminución sustancial de la resistencia de aislación con el incremento de la tensión aplicada hace referencia a que se aproxima una falla por avalancha.

### **3.5.2 Diseño eléctrico en Baja Tensión (0.4 kV)**

Para diseñar de forma ordenada toda la instalación de BT, en la **Tabla 57** se presenta un listado con todas las cargas que se deben alimentar y proteger, ordenados por área a la que pertenecen, mientras que en la **Tabla 58** se presenta el mismo listado de cargas agrupados por tablero.

Área	Cargas eléctricas		Datos eléctricos			
	Nº	Descripción de carga	kW	V [V]	Cos φ	I [A]
Equipamiento industrial	1	Motor principal Tubera	30	400	0,81	53,5
	2	Motor cortadora de tubos en línea	1,5	400	0,82	2,64
	3	Motor porta bobina	1,1	400	0,82	1,94
	4	Motor para mod. Angulo	1,1	400	0,82	1,94
	5	Pre calentador de adhesivo + calentador interior y exterior	23,4	400	0,95	35,55
	6	Motor cortadora de tubos fuera de línea	5,7	400	0,82	10
	7	Servomotor avance cortadora	0,85	400	0,9	1.36
	8	Rebobinadora (cortadora)	11	400	0,81	19,6
	9	Rebobinadora (bomba hidráulica)	2,5	400	0,82	4,4
	10	Bomba principal Red contra incendio 100 HP	75	400	0,85	127,36
	11	Bomba jockey - Red contra incendio 5,5 HP	5,5	400	0,82	7,26
	12	Compresor	37	400	0,84	63,58
	13	Secador enfriador de aire	1,4	400	0,83	2,43
	14	Iluminación	8,7	220	0,96	39,24
	15	Cámara de secado	57,2	400	0,83	99,47
	16	Grúa bandera	1	400	0,82	1,76
Equipamiento laboratorio	17	Computadora (x2)	1	220	0,85	3,86
	18	A/A para temperatura controlada	2	220	0,96	9,47
	19	Máquina para ensayo	15	400	0,87	24,98
	20	Iluminación	1	220	0,96	4,73
Oficinas	21	Computadora (x5)	4	220	0,85	10,7
	22	A/A (x3)	6	220	0,96	28,41
	23	Impresoras	1,5	220	0,95	9,57
	24	Iluminación	2	220	0,96	9,47
<b>Carga total [A]</b>						<b>528</b>
<b>Capacidad del trafo:</b>						<b>58,08%</b>

Tabla 57. Tabla de cargas en BT

Área	Cargas		Agrupada por salida de TGBT	
	Nº	Descripción de carga	Nº Tablero	Corriente activa total [A]
Equipamiento industrial	1	Motor principal Tubera	Tablero Nº1 Tubera	95,5
	2	Motor cortadora de tubos en línea		
	3	Motor porta bobina		
	4	Motor para mod. Angulo		
	5	Pre calentador de adhesivo + calentador interior y exterior		
	6	Motor cortadora de tubos fuera de línea	Tablero Nº2 Cortadora fuera de línea	11,4
	7	Servomotor avance cortadora		
	8	Rebobinadora (cortadora)	Tablero Nº3 Rebobinadora	24
	9	Rebobinadora (bomba hidráulica)		
	10	Bomba principal Red contra incendio 100 HP	Tablero Nº4 Red contra incendio	134,6
	11	Bomba jockey - Red contra incendio 5,5 HP		
	12	Compresor	Tablero Nº5 Sistema neumático	66
	13	Secador enfriador de aire		
	14	Iluminación	Tablero Nº6 Iluminación	39,24
	15	Cámara de secado	Tablero Nº7	99,5
	16	Grúa bandera	Tablero Nº8	1,8
Equipamiento laboratorio	17	Computadora	Tablero Nº9 Laboratorio	34,4
	18	A/A para temperatura controlada		
	19	Máquina para ensayo		
	20	Iluminación		
Oficinas	21	Computadora (x7)	Tablero Nº10 Oficinas	21,4
	22	A/A (x3)		
	23	Impresoras		
	24	Iluminación		

Tabla 58. Resumen de cargas en BT

Definidas y agrupadas las cargas, se procede a diseñar toda la instalación eléctrica de la planta, la cual comprende:

- **Ubicación física y montaje de tableros:** que refiere a seleccionar el lugar estratégico que represente la mejor opción desde el punto de vista operativo y económico, como así también de qué manera serán montados los tableros en sus respectivas ubicaciones.
- **Tendido y canalización de conductores eléctricos:** comprende todos aquellos aspectos relacionados al recorrido que tendrán todos los cables conductores de la instalación, tanto de potencia como de control. Concretamente se debe determinar la mejor opción de canalización para realizar estos tendidos.
- **Diagrama eléctrico unifilar:** que consiste en una representación gráfica simplificada de un sistema eléctrico, donde se muestra la conexión y disposición de los componentes principales en una sola línea. En lugar de mostrar cada detalle de manera exhaustiva, un diagrama unifilar se centra en la representación de los elementos esenciales del sistema, como las fuentes de energía, los conductores principales, los interruptores y los dispositivos de protección. Este tipo de diagrama es útil para comprender la configuración general de un sistema y su funcionamiento básico, sin abrumar con detalles innecesarios.
- **Diagramas topográficos de tableros:** los cuales tienen como objetivo brindar una visualización gráfica detallada de todos los componentes que contiene cada uno de los tableros y de qué manera se disponen dentro de la envolvente. Estos diagramas permiten evaluar la capacidad física del tablero, como también

brindar al responsable de construirlo una representación detallada de cómo debe quedar el mismo una vez finalizada la construcción.

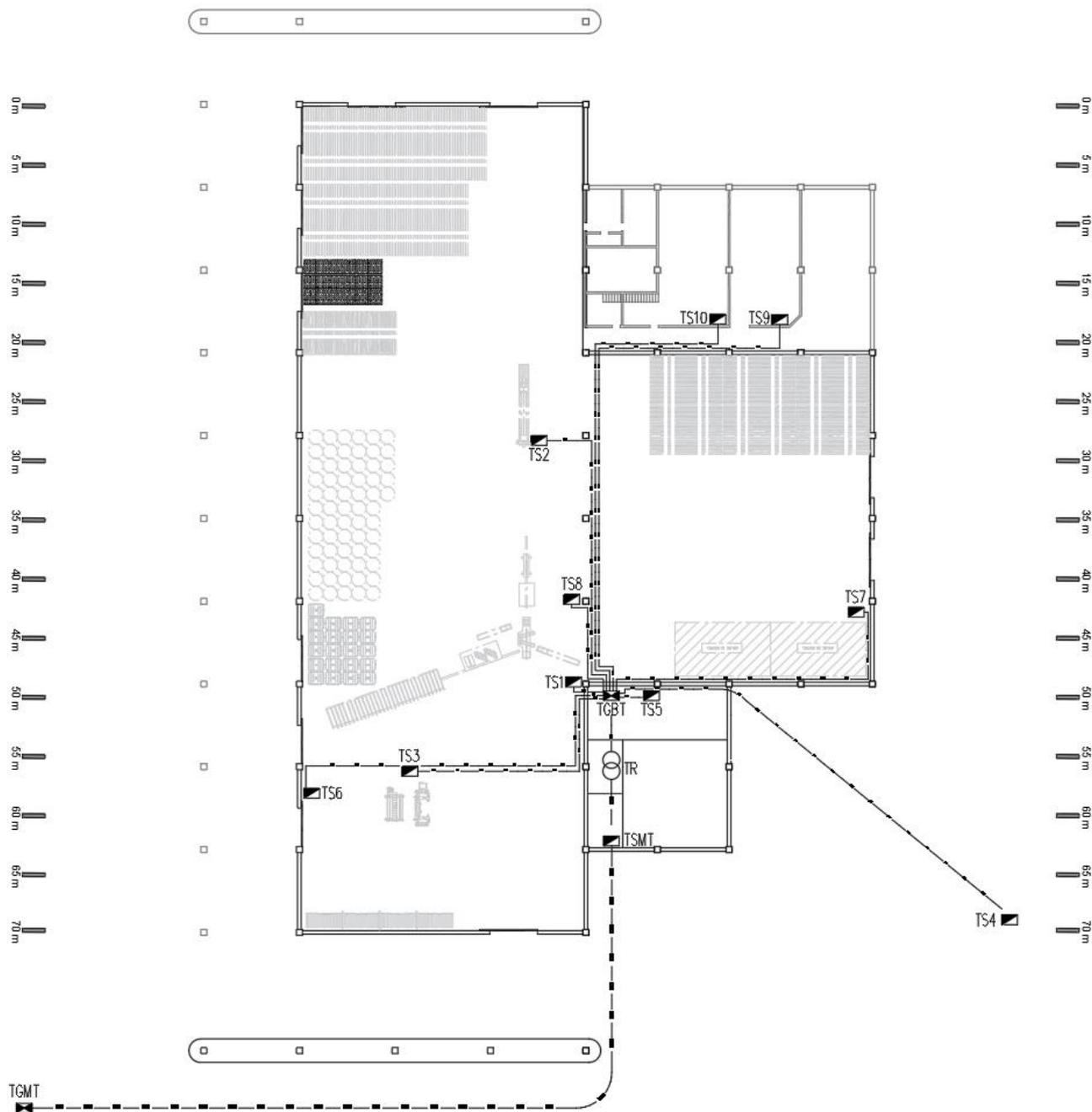
### **3.5.2.1 Tablero General de Baja Tensión (TGBT)**

El TGBT es un equipo fundamental en toda instalación eléctrica de BT debido a que es el primer cuadro eléctrico que existe aguas abajo del transformador. Este tablero es quien contiene a todos los componentes eléctricos de protección y maniobra que son cabecera de cada carga, y tiene como objetivo alimentar a toda la instalación eléctrica de baja tensión, como así también brindar protección, medición y/o maniobra a las diferentes cargas individuales que alimenta.

Para el diseño del TGBT de la Fábrica Tubera, y considerando todos los tableros seccionales que se deben alimentar, se propone de forma tentativa lo siguiente:

- **Ubicación física y montaje de tableros**

Acorde a las ubicaciones definidas en **2.2.1.6 Layout**, se presenta la ubicación definitiva de todos los tableros (general y seccionales) de la planta en la **Ilustración 134**, cuyo criterio de ubicación fue encontrar la mejor comodidad de operación para el usuario al momento de necesitar intervenir el respectivo tablero en cuestión.



*Ilustración 134. Ubicación de tableros eléctricos*

En lo que respecta al montaje de los tableros, los mismos serán amurados a la pared a través de tarugos y perfiles tipo C, o bien directamente amurados a la pared, como se indica en la **Ilustración 135**, teniendo previstas tapas desmontables en su parte superior para la entrada y salida de cables conductores por cañerías.



*Ilustración 135. Montaje de tableros eléctricos*

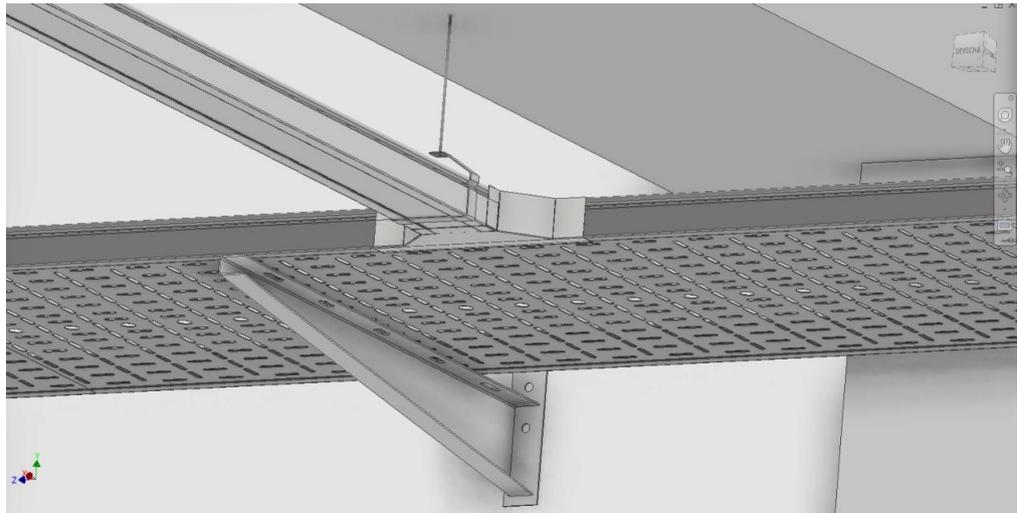
- **Tendido y canalización de conductores eléctricos**

El diseño del tendido eléctrico para toda la instalación estará dado, lógicamente, por las características civiles de la misma.

Considerando que, además de tener que planificar el tendido de todos los circuitos de potencia mostrados en la **Ilustración 134**, debemos tener en cuenta también los tendidos de la central de incendio (Ítem **3.2.13.1**) y de los circuitos de iluminación, cuyo desarrollo se presentará más adelante. Dicho esto, la opción más viable es realizar tendidos de bandejas metálicas en todo el perímetro de la planta, y transversalmente por todas las vigas de las mismas, tal y como se presenta en la **Ilustración 138**.

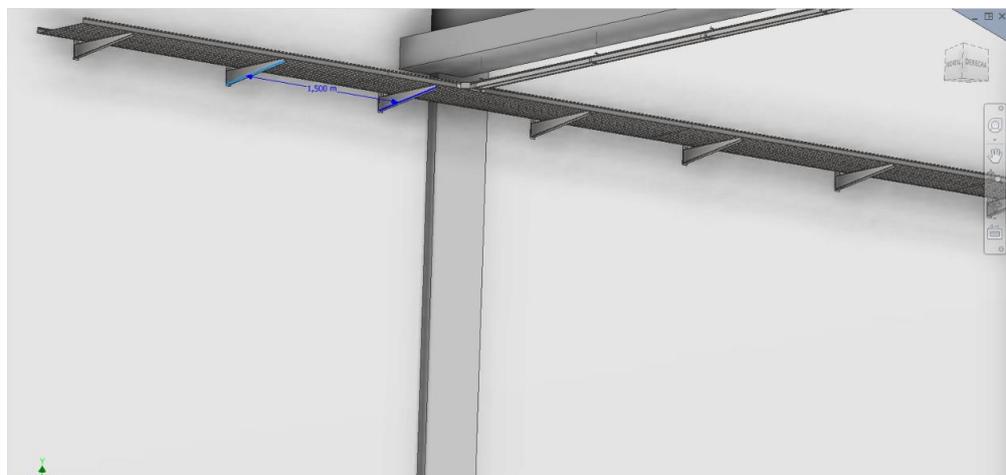
Se utilizarán bandejas metálicas de tipo perforada, de ancho 600 [mm] y ala 90 [mm] para todo el perímetro de la planta, mientras que para los tramos transversales que estarán colocadas en las viguetas, se prevé utilizar bandejas de ancho 100 [mm] y misma ala que las anteriores.

Las bandejas metálicas de 600 [mm] que estarán colocadas en el perímetro de la planta estarán soportadas a través de ménsulas reforzadas que provee el fabricante de las mismas, mientras que las bandejas de 100 [mm] estarán suspendidas mediante accesorios especiales sostenidos por varillas roscadas, las cuales estarán amuradas a las viguetas del techo (Ver **Ilustración 136**).



*Ilustración 136. Sujeción de bandejas metálicas*

Acorde a las indicaciones que exige la normativa AEA 90364, por cada tramo recto de 3 [m] de bandeja se deben colocar al menos dos ménsulas de sujeción, separadas como máximo 1,5 [m], tal como se ve en la **Ilustración 137**.



*Ilustración 137. Tendido de bandejas metálicas*

En la **Tabla 59** se presenta un resumen donde se define el tipo de canalización de cada circuito eléctrico.

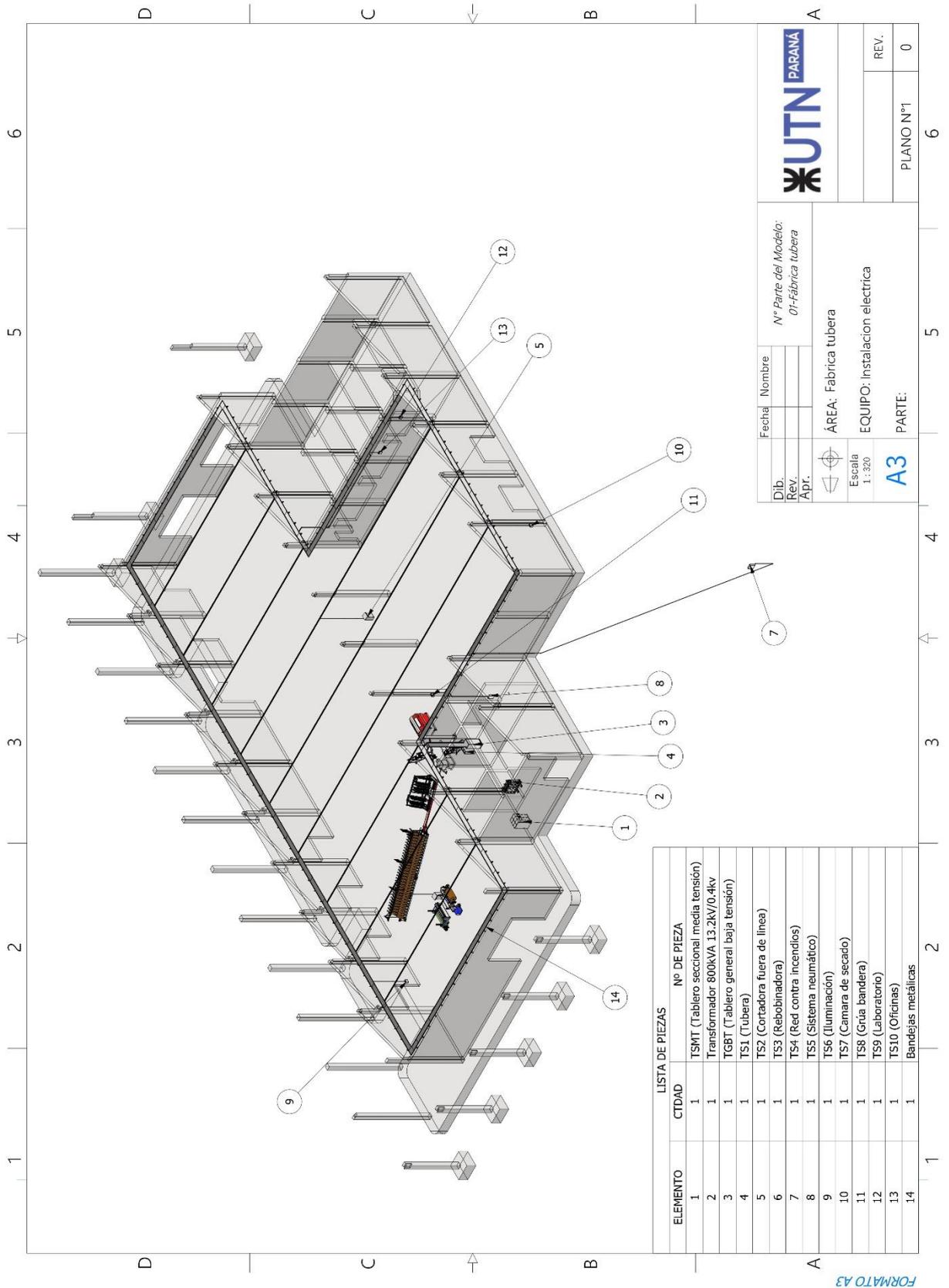


Ilustración 138. Tendido eléctrico de la fábrica

Origen	Destino	Tag de mazo	Tipo de canalización	Distancia lineal [m]
TGMT	TSMT	TGMT - TSMT	Subterráneo (caño enterrado)	150
TSMT	TR	TSMT-TR	Bandeja metálica perforada	20
TR	TGBT	TR-TGBT	Bandeja metálica perforada	20
TGBT	TS1	TGBT-TS1	Bandeja metálica perforada	15
TGBT	TS2	TGBT-TS2	Bandeja metálica perforada	85
TGBT	TS3	TGBT-TS3	Bandeja metálica perforada	35
TGBT	TS4	TGBT-TS4	Subterráneo (caño enterrado)	70
TGBT	TS5	TGBT-TS5	Bandeja metálica perforada	20
TGBT	TS6	TGBT-TS6	Bandeja metálica perforada	50
TGBT	TS7	TGBT-TS7	Bandeja metálica perforada	42
TGBT	TS8	TGBT-TS8	Bandeja metálica perforada	70
TGBT	TS9	TGBT-TS9	Bandeja metálica perforada	110
TGBT	TS10	TGBT-TS10	Bandeja metálica perforada	107

*Tabla 59. Canalizaciones de baja tensión*

Nota: la bajada desde la bandeja metálica perforada hacia cada tablero de baja tensión seccional se realizará mediante cañería metálica de diámetro acorde.

- **Diagrama eléctrico unifilar**

Previo a presentar el diagrama unifilar detallado de la distribución de baja tensión, es preciso mencionar que, al estar en la etapa de diseño, toda la aparamenta es seleccionada según el criterio de tensión y corriente nominales y poder de corte estimado. En la etapa de cálculo (**3.6 Cálculo eléctrico**) se verificarán todas las características de la aparamenta seleccionada, y en los casos donde no se verifique algún parámetro, se rediseñará la selección del mismo.

En la **Tabla 60** se presenta un resumen de los equipos de protección y maniobra seleccionados para alimentar todas las cargas aguas abajo del TGBT. Todos estos componentes estarán montados en el interior de dicho tablero, y su vinculación eléctrica se detallará en el diagrama topográfico del mismo.

Tipo de componente	Carga que alimenta	Características principales	Tag	Imagen ilustrativa
Interruptor automático	TS1-TS2-TS3-TS4-TS5-TS6-TS7-TS8-TS9-TS10	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> NS1000 4x1000A 50kA Micrologic 5.0 (33072) <b>Código fabricante:</b> 33244 <b>In:</b> 1000A <b>Ir:</b> 0,4-1xIn <b>Im:</b> 1,5-10xIr	Q01	
Relé de monitoreo de tensión	-	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> Relés de control Harmony <b>Código fabricante:</b> RM35TF30 <b>Un:</b> 220-480V <b>Ur:</b> 176...528 V	R01	
Guardamotor	Pilotos de tensión V1-V2-V3	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> Tesys Deca 0.63-1A pulsador <b>Código fabricante:</b> GV2ME05 <b>In:</b> 1A <b>Ir:</b> 0,63-1xIn	GM01	
Interruptor automático	TS1	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> CVS160 4x160A 25kA TMD125 4P3D <b>Código fabricante:</b> LV516312 <b>In:</b> 160A <b>Ir:</b> 87,5-125A	Q02	
Interruptor termomagnético	TS2	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> Acti9 iC60L 4x16A curva C 25 kA <b>Código fabricante:</b> A9F94416 <b>In:</b> 16A	TM01	
Interruptor automático	TS3	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> CVS100 4x100A 25kA TMD32 4P3D <b>Código fabricante:</b> LV510312 <b>In:</b> 100A <b>Ir:</b> 22,4-32A	Q03	
Interruptor automático	TS4	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> CVS160 4x160A 25kA TMD160 4P3D <b>Código fabricante:</b> LV516313 <b>In:</b> 160A <b>Ir:</b> 112-160A	Q04	

Interruptor automático	TS5	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> CVS100 4x100A 25kA TMD80 4P3D <b>Código fabricante:</b> LV510316 <b>In:</b> 100A <b>Ir:</b> 56-80A	Q05	
Interruptor automático	TS6	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> CVS100 4x100A 25kA TMD63 4P3D <b>Código fabricante:</b> LV510315 <b>In:</b> 100A <b>Ir:</b> 44,1-63A	Q06	
Interruptor automático	TS7	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> CVS160 4x160A 25kA TMD125 4P3D <b>Código fabricante:</b> LV516312 <b>In:</b> 160A <b>Ir:</b> 56-80A	Q07	
Guardamotor	TS8	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> Tesys Deca 4-6,3A pulsador 100 kA <b>Código fabricante:</b> GV2ME103 <b>In:</b> 6,3A <b>Ir:</b> 0,63-1xIn	GM02	
Interruptor diferencial	TS9	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> Acti9 iLD 4P 40A tipo AC 300mA <b>Código fabricante:</b> A9R74440 <b>In:</b> 40A	ID01	
Interruptor termomagnético		<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> Acti9 iC60L 4P 40A curva C 25 kA <b>Código fabricante:</b> A9F94440 <b>In:</b> 40A	TM02	
Interruptor diferencial	TS10	<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> Acti9 iLD 4P 32A tipo AC 300mA <b>Código fabricante:</b> A9R74432 <b>In:</b> 32A	ID02	
Interruptor termomagnético		<b>Marca:</b> Schneider <b>Modelo:</b> Acti9 iC60L 4P 32A curva C 25 kA <b>Código fabricante:</b> A9F94432 <b>In:</b> 32A	TM03	

Tabla 60. Resumen de aparatos de protección y maniobra



### 3.5.2.2 Tableros seccionales

El alcance de diseño se limita solamente al tablero TGBT. En lo que respecta a cada tablero seccional, como los mismos son parte de la provisión por parte de los proveedores de las máquinas, como lo es el caso de la máquina tubera, máquina rebobinadora, cámara de secado, entre otros, no serán parte del diseño en este documento, se considerarán como cargas finales, las cuales serán maniobradas y protegidas por la aparamenta instalada en el TGBT.

## 3.6 Cálculo eléctrico

### 3.6.1 Cálculo de conductor MT

Para dimensionar el conductor debemos de tener en consideración tres criterios según intensidad máxima admisible, caída de tensión y por intensidad de cortocircuito. Partimos de calcular la corriente nominal que circulará por el conductor que está conectado a un transformador de 630[kVA] a una tensión de 13.2[kV] (además consideramos la futura instalación de un transformador de la misma capacidad), procedemos a calcular la corriente que circulará por el mismo a su potencia nominal:

$$I_{nom.} = \frac{P}{\sqrt{3} * U}$$

$$I_{nom.} = \frac{630000[V\cdot A]}{\sqrt{3} * 13200[V]} = 27.5[A]$$

Luego de calcular la corriente nominal del transformador, se la debe de afectar por factores de corrección de intensidad, donde se debe de tener en cuenta los siguientes factores:

- Temperatura ambiente ( $K_T$ )

- Resistividad térmica ( $K_R$ )
- Agrupamiento ( $K_A$ )
- Profundidad ( $K_p$ )

A partir de las tablas que brinda Prysmian (Group, 2018) se procede a obtener los coeficientes de corrección, para ello partimos también de los datos que brinda la ordenanza N° 5950 (Reglamento de instalaciones eléctricas – Paraná) y las condiciones de cómo será el tendido de nuestro conductor.

- Temperatura del terreno: 25 [°C]
- Resistividad del terreno 70 [(°C \* cm)/W]
- Tendido subterráneo en tubo a una profundidad de 0.8[m]

Partimos de seleccionar el factor de corrección por temperatura:

Temperatura ambiente $\Theta_t$ , en °C								
10	15	20	25	30	35	40	45	50
1,09	1,06	1,03	1,00	0,97	0,94	0,90	0,87	0,83

*Ilustración 140. Factor por temperatura ambiente*

$$K_T = 1$$

El factor que afecta a la capacidad de disipación térmica del conductor está determinado tanto por la resistividad térmica del terreno como por la sección transversal del conductor. En consecuencia, se adopta una sección de 35 [mm<sup>2</sup>], además, debido a que el valor de la resistividad térmica del terreno supera los valores disponibles en las tablas estándar, es necesario realizar una interpolación el valor de 2.5 y 3 para determinar el valor exacto.

Tipo de instalación	Sección del conductor mm <sup>2</sup>	Resistividad térmica del terreno, K·m/W						
		0,8	0,9	1,0	1,5	2,0	2,5	3
Cables en interior de tubos enterrados 	25	1,12	1,10	1,08	1,00	0,93	0,88	0,83
	35	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,88	0,83
	50	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,83
	70	1,13	1,11	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	95	1,14	1,12	1,09	1,00	0,93	0,87	0,82
	120	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	150	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	185	1,14	1,12	1,10	1,00	0,93	0,87	0,82
	240	1,15	1,12	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	300	1,15	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81
	400	1,16	1,13	1,10	1,00	0,92	0,86	0,81

Ilustración 141. Factor de resistividad térmica del terreno

$$K_R = y_0 + \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} * (y_1 - y_0)$$

Reemplazando obtenemos el factor correspondiente a la resistividad del terreno

$$K_R = 0,88 + \frac{7 \left[ \frac{K * m}{W} \right] - 2,5 \left[ \frac{K * m}{W} \right]}{3 \left[ \frac{K * m}{W} \right] - 2,5 \left[ \frac{K * m}{W} \right]} * (0,83 - 0,88) = 0,43$$

El factor de corrección por agrupamiento es crucial ya que debe evaluarse cuando los conductores están dispuestos en proximidad unos con otros. Esta proximidad puede afectar significativamente la capacidad de los conductores para disipar el calor generado por la corriente eléctrica que transportan. Cuando los conductores están agrupados, la acumulación de calor puede llevar a un aumento de la temperatura, lo que podría comprometer la integridad del sistema y su funcionamiento eficiente.

		Factor de corrección								
Tipo de instalación	Separación de los ternos	Número de ternos en la zanja								
		2	3	4	5	6	7	8	9	10
 Cables bajo tubo	En contacto (d = 0 cm)	0,80	0,70	0,64	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,49
	d = 0,2 m	0,83	0,75	0,70	0,67	0,64	0,62	0,60	0,59	0,58
	d = 0,4 m	0,87	0,80	0,77	0,74	0,72	0,71	0,70	0,69	0,68
	d = 0,6 m	0,89	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	-
	d = 0,8 m	0,90	0,86	0,84	0,82	0,81	-	-	-	-

*Ilustración 142. Factor de agrupamiento*

Observando la tabla y considerando nuestro caso, el factor de corrección por agrupación  $K_A$  es igual a 1 debido a que se cuenta con una sola terna de conductores dentro del tubo, por lo tanto, no se debe considerar la influencia de otros conductores adyacentes que afecten la disipación del calor.

Y por último, consideramos el factor que considera a que profundidad se encuentra enterrado nuestro conductor, para ello partimos de que el cable se encuentra en un tubo a una profundidad de 0.8[m] y que es una sección menor a 185 mm<sup>2</sup>.

Profundidad (m)	Cables directamente enterrados de sección		Cables bajo tubo de sección	
	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>	≤ 185 mm <sup>2</sup>	> 185 mm <sup>2</sup>
0,50	1,06	1,09	1,06	1,08
0,60	1,04	1,07	1,04	1,06
0,80	1,02	1,03	1,02	1,03
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1,25	0,98	0,98	0,98	0,98
1,50	0,97	0,96	0,97	0,96
1,75	0,96	0,94	0,96	0,95
2,00	0,95	0,93	0,95	0,94
2,50	0,93	0,91	0,93	0,92
3,00	0,92	0,89	0,92	0,91

*Ilustración 143. Factor de profundidad*

$$K_p = 1.02$$

En resumen, los valores de los factores de corrección son los siguientes:

$$K_T = 1 \quad K_R = 0.43$$

$$K_A = 1 \quad K_P = 1.02$$

A partir de estos valores se pueden tomar 2 caminos, dividir la corriente de diseño por estos factores para sobredimensionarla y corroborar que el conductor soporte dicha corriente o multiplicar estos factores a la corriente admisible del conductor, generando que la capacidad de este disminuya.

A partir de estos valores, se pueden seguir dos enfoques técnicos distintos para garantizar la capacidad del conductor:

- Corriente de diseño: Este enfoque consiste en dividir la corriente de diseño por los factores de corrección determinados. Al realizar esto, se obtiene una corriente de diseño ajustada y sobredimensionada, asegurando que el conductor sea capaz de soportar de manera segura la corriente bajo las condiciones especificadas.
- Corriente admisible del conductor: En este enfoque, se multiplica los factores de corrección por la corriente admisible nominal del conductor generando que la capacidad de corriente del conductor se vea reducida y ajustada según las condiciones de funcionamiento.

Por lo tanto, procedemos a afectar la corriente de diseño por dichos factores:

$$I' = \frac{I_d}{K_T * K_R * K_A * K_P}$$

$$I' = \frac{27.5[A] * 2}{1 * 0.43 * 1 * 1.02} = 125.4 [A]$$

Partiendo de lo calculado, nos dirigimos al catálogo de Prysmian y verificamos que el conductor adoptado soporte la corriente.

Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Tensión asignada					
	(Temperatura máxima en el conductor 90 °C 1,8/3 kV a 18/30 kV)					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<b>Conductores de Cu</b>						
10	-	-	-	-	-	-
16	115	105	100	91	98	90
25	155	140	130	120	125	115
35	185	170	155	145	150	140
50	220	205	180	170	175	160
70	275	255	225	205	220	200
95	335	305	265	245	260	235
120	385	345	300	280	290	265
150	435	395	340	315	325	300
185	500	445	380	355	370	335
240	590	525	440	415	425	395
300	680	600	490	460	475	445
400	790	-	560	520	-	-
500	930	-	635	605	-	-
630	1095	-	715	675	-	-

*Ilustración 144. Catálogo de conductores*

Como podemos observar se verifica la siguiente condición:

$$I' < I_{adm}$$

$$125.4 [A] < 140[A]$$

Finalizado el cálculo de la intensidad máxima admisible, se procede a verificar la caída de tensión, en donde se tendrá en cuenta parámetros tales como la tensión, la longitud, la resistencia y reactancia del conductor. Lo cual se calcula a partir de la siguiente formula:

$$\delta = \sqrt{3} * L * I * (R * \cos(\varphi) + X * \text{sen}(\varphi))$$

Donde:

$\delta$  = Caída de tensión en [V]

$L$  = Longitud de la línea en [km]

$I$  = Intensidad de corriente que recorre la línea en [A]

$R$  = Resistencia del conductor en [ $\Omega$ /km]

$X$  = Reactancia del conductor en [ $\Omega$ /km]

Para los valores de la resistencia y reactancia utilizaremos los datos brindados por Prysmian en su catálogo:

Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Resistencia máxima en c.a. y a 90 °C en $\Omega$ /km			
	Cables Unipolares 		Cables Tripolares 	
	Cu	Al	Cu	Al
10	2.310	-	2.346	-
16	1.455	2.392	1.479	2.431
25	0.918	1.513	0.936	1.542
35	0.663	1.093	0.675	1.112
50	0.490	0.800	0.499	0.0822
70	0.339	0.558	0.345	0.568
95	0.245	0.403	0.249	0.410
120	0.195	0.321	0.197	0.324
150	0.159	0.262	0.161	0.265
185	0.127	0.209	0.129	0.212
240	0.098	0.161	0.099	0.163
300	0.078	0.128	-	-
400	0.062	0.102	-	-
500	0.051	0.084	-	-

*Ilustración 145. Resistencia del conductor*

Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Reactancia inductiva X en $\Omega$ /km por fase						
	Tensión asignada del cable						
	1,8/3 kV	3,6/6 kV	6/10 kV	8,7/15 kV	12/20 kV	15/25 kV	18/30 kV
<b>Tres cables unipolares en contacto mutuo</b>							
10	0,136	0,141	-	-	-	-	-
16	0,126	0,130	0,143	-	-	-	-
25	0,117	0,121	0,134	0,141	-	-	-
35	0,111	0,115	0,128	0,135	0,146	-	-
50	0,106	0,109	0,122	0,128	0,138	0,144	0,149
70	0,100	0,103	0,115	0,120	0,130	0,136	0,141
95	0,095	0,098	0,110	0,115	0,125	0,129	0,134
120	0,092	0,095	0,106	0,111	0,120	0,123	0,127
150	0,090	0,092	0,102	0,108	0,117	0,120	0,126
185	0,088	0,091	0,100	0,104	0,112	0,118	0,120
240	0,085	0,088	0,097	0,101	0,108	0,116	0,116
300	0,083	0,087	0,093	0,097	0,104	0,108	0,111
400	0,081	0,085	0,091	0,095	0,101	0,104	0,108
500	0,080	0,084	0,089	0,092	0,099	0,100	0,105
<b>Un cable tripolar</b>							
10	0,115	0,122	-	-	-	-	-
16	0,107	0,113	0,127	-	-	-	-
25	0,100	0,105	0,118	0,127	-	-	-
35	0,095	0,100	0,112	0,120	0,126	-	-
50	0,091	0,095	0,106	0,114	0,120	0,127	0,133
70	0,086	0,090	0,100	0,107	0,113	0,119	0,125
95	0,083	0,087	0,096	0,102	0,107	0,114	0,119
120	0,081	0,084	0,093	0,098	0,103	0,109	0,114
150	0,079	0,082	0,090	0,096	0,101	0,106	0,111
185	0,079	0,081	0,089	0,094	0,098	0,103	0,108
240	0,076	0,079	0,085	0,090	0,094	0,099	0,103

Ilustración 146. Reactancia del conductor

$$\delta = \sqrt{3} * 0.170[km] * 55[A] * \left( 0.675 \left[ \frac{\Omega}{km} \right] * 0.86 + 0.12 \left[ \frac{\Omega}{km} \right] * 0.5 \right) = 10.5[V]$$

$$\frac{\delta}{U} = \frac{10.5[V]}{13200[V]} = 0.08\%$$

Como podemos observar la caída de tensión cumple, ya que el valor es menor al 5%.

Por último, verificamos que la sección del conductor seleccionado es suficiente para soportar la corriente de cortocircuito, para ello deberemos de conocer la potencia de cortocircuito, la duración, la tensión y la densidad de corriente del conductor en [A/mm<sup>2</sup>]. A partir de la siguiente formula se calcula lo planteado:

$$S_{cc} = \sqrt{3} * U * I_{cc}$$

Donde:

$I_{cc}$  = Potencia de corto en [kVA].

$U$  = Tensión [V].

$I_{cc}$  = Intensidad de cortocircuito en [A].

Despejando  $I_{cc}$ :

$$I_{cc} = \frac{\sqrt{3} * U}{S_{cc}}$$

Reemplazando:

Obtenida la intensidad de cortocircuito se debe de calcular que la sección de conductor lo soporte, por lo tanto, utilizando la tabla de Prysmian en donde se obtiene la densidad de corriente del conductor a partir de la duración del cortocircuito y la sección del conductor.

Tipo de aislamiento	$\Delta\Theta^*$ (K)	Duración del cortocircuito, $t_{cc}$ , en segundos									
		0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
HLPE (cu)	160	452	319	261	202	184	143	116	101	90	82
HLPE (Al)	160	298	211	172	133	122	94	77	66	59	54

*Ilustración 147. Densidad máxima admisible de cortocircuito*

Verificamos que la corriente que soporta el conductor sea mayor a la corriente de cortocircuito:

$$I_{cc} = 452 \left[ \frac{A}{mm^2} \right] * 35 [mm^2] = 15820 [A]$$

Otra manera de obtener el cortocircuito que soporta el conductor es utilizando la siguiente ecuación que brinda el catálogo de Prysmian:

$$I_{cc} = \frac{K * S}{\sqrt{t}}$$

Donde:

$I_{cc}$  = Corriente de cortocircuito admisible en el conductor.

$K$  = Constante que depende de la naturaleza del conductor y su aislamiento. Este valor coincide con la corriente de cortocircuito para  $t = 1$  [s], para nuestro caso 143 en  $[A * \frac{1}{s^2}]$

$S$  = Sección del conductor en  $[mm^2]$

Reemplazando:

$$I_{cc} = \frac{143 \left[ A * \frac{s^{\frac{1}{2}}}{mm^2} \right] * 35 [mm^2]}{\sqrt{0.1 [s]}} = 15827.2 [A]$$

Como observamos, el valor es similar al obtenido por tabla.

Por último se verifica que la pantalla del conductor soporte la corriente de cortocircuito fase-tierra, para ello utilizaremos la siguiente tabla de Prysmian la cual indica intensidad que soportan los conductores con pantalla de hilos de Cu:

Pantalla hilos Cu sin obturación longitudinal									
Sección nominal (mm <sup>2</sup> )	Duración del cortocircuito en segundos								
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	1,5	2	2,5	3
16 (36x0,76 mm)	7,76	5,64	4,71	3,78	2,85	2,44	2,20	2,04	1,92
25 (32x1,01 mm)	12,0	8,65	7,19	5,72	4,25	3,60	3,21	2,96	2,76
35 (44x1,01 mm)	16,5	11,9	9,88	7,86	5,84	4,95	4,42	4,06	3,80
50 (41x1,25 mm)	23,3	16,8	13,9	11,0	8,06	6,78	6,03	5,52	5,14

Los datos relacionados en esta tabla han sido calculados de acuerdo con la norma IEC 60949.

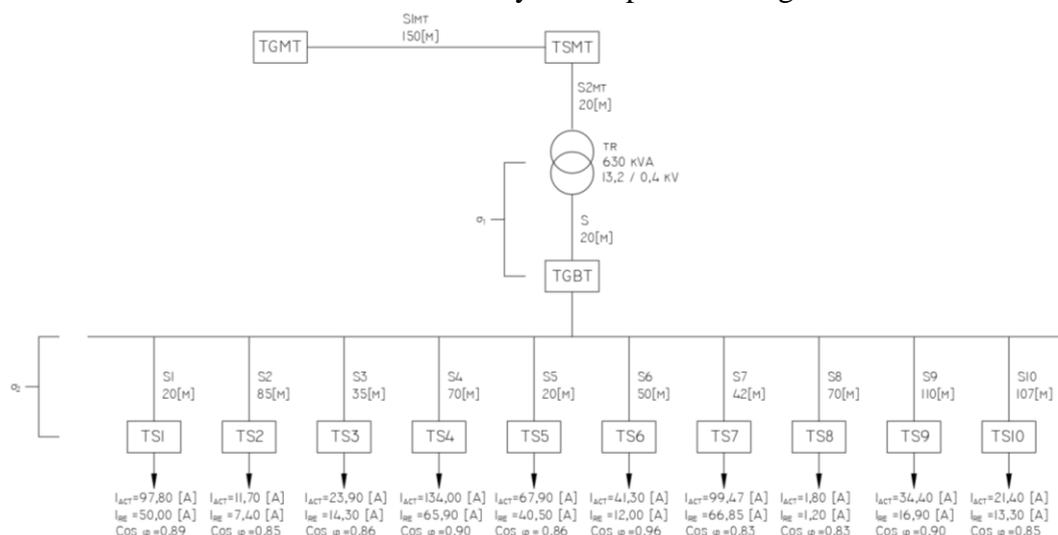
La tabla indica que para un conductor de 35 [mm<sup>2</sup>] y una duración del cortocircuito de 0,1[s], este soportará 16,5 [kA], siendo mayor a la corriente de cortocircuito que conducirá por él. Esta corriente de cortocircuito brindada por la empresa que brinda el servicio eléctrico es de 3[kA].

### 3.6.2 Cálculo de conductores de BT

Para el dimensionamiento de los conductores de baja tensión se tendrán en consideración los criterios mencionados en el desarrollo del cálculo de conductor de media tensión los cuales son los siguientes:

- Por caída de tensión: Este criterio garantiza que la caída de tensión entre el origen y el punto de consumo no exceda los límites establecidos (5% para motores y 3% para iluminación).
- Por intensidad máxima admisible: Este criterio se basa en la capacidad del conductor para soportar la corriente máxima sin superar su temperatura de operación, considerando los factores de instalación.
- Por intensidad de cortocircuito: Este criterio asegura que el conductor pueda soportar las fuerzas electromagnéticas y térmicas durante el tiempo que tardan en actuar las protecciones.

En la **Ilustración 148**, se presenta un diagrama unifilar simplificado en el cual se muestra el diseño del circuito de baja tensión, incluyendo las longitudes de los conductores hacia los distintos tableros y sus respectivas cargas eléctricas.



*Ilustración 148. Diagrama unifilar para cables de BT*

Para comenzar con el dimensionamiento del conductor S (Sección correspondiente del transformador al tablero de baja tensión “TGBT”) realizamos una tabla resumen con las corrientes correspondiente a cada tablero seccional y sus longitudes al TGBT.

Tableros	Corrientes [Aac]	Longitudes [m]	Cos (φ)
TS1	95,5	15	0,87
TS2	11,4	85	0,83
TS3	24,0	35	0,81
TS4	134,6	70	0,85
TS5	66,0	20	0,84
TS6	39,2	50	0,96
TS7	69,6	42	0,83
TS8	1,8	70	0,82
TS9	34,4	110	0,90
TS10	21,4	107	0,85

*Tabla 61. Cargas de tableros*

A partir de estos valores utilizaremos la expresión para calcular la caída de tensión admisible en el conductor S.

$$\delta_1 = \frac{\Delta}{1 + \sqrt{\frac{A_2 * l_2^2 + A_3 * l_3^2 + \dots + A_n * l_n^2}{A_1 * l_1^2}}} - \delta_{L1}$$

Donde:

$\delta_1$  = Caída de tensión admisible en la sección S en [V].

$\Delta$  = Caída de tensión proyectada para el circuito en [V].

$A_n$  = Momento eléctrico en [A.m].

$l_n$  = Longitud del conductor en [m].

$\delta_{L1}$  = Caída de tensión inductiva [V].

Reemplazando los valores de tabla resumen de los tableros, se calcula la caída de tensión admisible entre el transformador y el TGBT, se presentan los valores obtenidos **Tabla 62**.

<b>Cálculo de conductor por caída de tensión Sección S</b>			
<b>Concepto</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Distancia	L	20	m
Reactancia del conductor	$x'$	0,00008	$\Omega / m$
Momento eléctrico reactivo	$\Sigma i \sin \phi \times L$	5866,79	A.m
Momento eléctrico activo	$\Sigma i \cos(\phi) \times L$	9957,19	A.m
Caída de tensión inductiva	$\delta L$	0,83	V
caída de tensión proyectada.	$\Delta$	20	V
Caída de tensión de Traf. a TG.	$\delta_1$	4,26	V
Sección del conductor	S	88	mm <sup>2</sup>

*Tabla 62. Cálculo de  $\delta_1$*

Luego de determinar la sección por caída de tensión, como mencionamos al principio, se debe verificar que el conductor soporte la intensidad máxima la cual es de 498 [A]. En la **Ilustración 149** se presenta un extracto del catálogo de conductores de baja tensión de Prismyan, en el cual, seleccionando el conductor próximo superior al calculado, se obtendrá la corriente admisible de este.

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Método B1 y B2 Caño Embutido en pared Caño a la vista		Método C Bandeja no perforada o de fondo sólido		Método E Bandeja perforada	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1,5	14	13	17	15	19	16
2,5	20	17	23	21	26	22
4	26	23	31	28	35	30
6	33	30	40	36	44	37
10	45	40	55	50	61	52
16	60	54	74	66	82	70
25	78	70	97	84	104	88
35	97	86	120	104	129	110
50	-	103	146	125	157	133
70	-	130	185	160	202	170
95	-	156	224	194	245	207
120	-	179	260	225	285	240
150	-	-	299	260	330	278
185	-	-	341	297	378	317
240	-	-	401	350	447	374
300	-	-	461	403	516	432

*Ilustración 149. Corriente admisible en conductores - Método E*

Observando el catálogo, la corriente admisible para un conductor tetrapolar en bandeja perforada es de 207 [A], no cumpliendo con la corriente nominal que circulara por el tablero de TGBT, por lo tanto, plantearemos utilizar 3 conductores unipolares de 120[mm<sup>2</sup>] por fase (con neutro en misma configuración), obteniendo una corriente admisible de 720 [A]. Utilizando esta disposición obtendremos un sobredimensionamiento del 44% en caso de que se requieran futuras ampliaciones o cargas no contempladas, además, adicionando un conductor adicional de 120 [mm<sup>2</sup>] por fase se cubriría la capacidad nominal del transformador.

Definido el conductor se recalcula la caída de tensión  $\delta_1$  para así obtener la caída de tensión restante  $\delta_2$  disponible para el cálculo de conductores de los tableros seccionales, teniendo en cuenta que en el futuro se agregara más carga por lo tanto consideramos la corriente admisible del conductor.

Recalculo de caída de tensión			
Caída de tensión en primer tramo	$\delta_1$	2,04	[V]
Caída de tensión secc. restantes	$\delta_2$	17,96	[V]

Tabla 63. Recalculo de caída de tensión

A partir de la caída de tensión  $\delta_2$  procedemos a calcular los conductores que serán tendidos desde el TGBT hasta los tableros seccionales, para los cuales en un principio se deberá calcular los momentos eléctricos activos y reactivos, cuyos valores serán necesarios para calcular la caída de tensión en cada tramo.

En **Tabla 64** y **Tabla 65** se presentan los cálculos de momentos eléctricos activos y reactivos, respectivamente, considerando las cargas y distancias para cada caso.

Momentos eléctricos activos			
Tramo	Carga [A]	Distancia [m]	Momento eléctrico [A.m]
TGBT-TS1	95,52	15	1432,86
	$\sum I \times L$		1432,86
TGBT-TS2	11,40	85	968,69
	$\sum I \times L$		968,69
TGBT-TS3	24,00	35	840,07
	$\sum I \times L$		840,07
TGBT-TS4	134,62	70	9423,23
	$\sum I \times L$		9423,23
TGBT-TS5	66,01	20	1320,24
	$\sum I \times L$		1320,24
TGBT-TS6	39,24	50	1962,09
	$\sum I \times L$		1962,09
TGBT-TS7	69,56	42	2921,53
	$\sum I \times L$		2921,53
TGBT-TS8	1,76	70	123,21
	$\sum I \times L$		123,21
TGBT-TS9	34,36	110	3779,10
	$\sum I \times L$		3779,10
TGBT-TS10	21,39	107	2288,77
	$\sum I \times L$		2288,77

Tabla 64. Momentos eléctricos activos

<b>Momentos eléctricos reactivos</b>			
<b>Tramo</b>	<b>Carga [A]</b>	<b>Distancia [m]</b>	<b>Momento eléctrico [A.m]</b>
<b>TGBT-TS1</b>	54,93	15	824,02
	$\sum I \times L$		824,02
<b>TGBT-TS2</b>	7,66	85	651,39
	$\sum I \times L$		651,39
<b>TGBT-TS3</b>	17,26	35	604,20
	$\sum I \times L$		604,20
<b>TGBT-TS4</b>	84,00	70	5879,77
	$\sum I \times L$		5879,77
<b>TGBT-TS5</b>	42,70	20	854,06
	$\sum I \times L$		854,06
<b>TGBT-TS6</b>	11,45	50	572,28
	$\sum I \times L$		572,28
<b>TGBT-TS7</b>	46,74	42	1963,28
	$\sum I \times L$		1963,28
<b>TGBT-TS8</b>	1,23	70	86,00
	$\sum I \times L$		86,00
<b>TGBT-TS9</b>	16,87	110	1855,20
	$\sum I \times L$		1855,20
<b>TGBT-TS10</b>	13,26	107	1418,45
	$\sum I \times L$		1418,45

*Tabla 65. Momentos eléctricos reactivos*

Definidos los momentos eléctricos, se procede a calcular la sección  $S_n$  para cada tramo  $n$ , a través de las siguientes expresiones:

$$S_n = \frac{\sqrt{3} \times \rho}{\delta_n - \delta_{L_n}} \times \sum i_n \times \cos(\varphi)_n \times L_n$$

Donde:

$\rho$  = Resistividad del cobre [ $\Omega \cdot mm^2/m$ ]

$\delta_n$  = Caída de tensión admisible disponible para tramo  $n$  [V]

$\delta_{L_n}$  = Caída de tensión inductiva en tramo  $n$  [V].

$i_n \times \cos(\varphi)_n$  = Momento eléctrico activo en [A.m].

$L_n =$  Longitud del conductor de tramo n en [m]

La caída de tensión inductiva  $\delta_{L_n}$  se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$\delta_{L_n} = \sqrt{3} \times x' \times \sum i_n \times \text{sen}(\varphi)_n \times L_n$$

$x' =$  Reactancia del conductor [ $\Omega/km$ ]

$i_n \times \text{sen}(\varphi)_n =$  Momento eléctrico reactivo en [A.m].

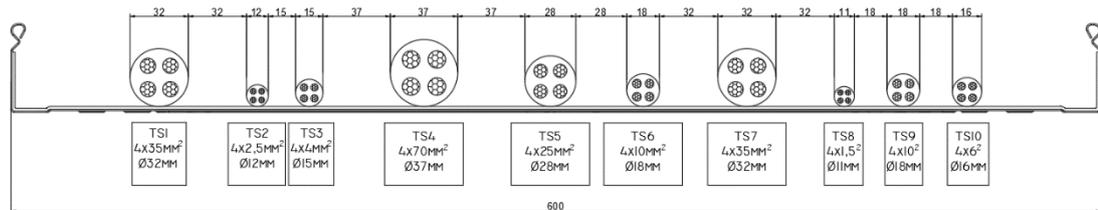
$L_n =$  Longitud del conductor de tramo n en [m]

Antes de presentar todos los cálculos para seleccionar la sección de los conductores para todos los circuitos, se deben tomar en cuenta algunas consideraciones sobre la **corriente admisible** que pueden soportar. Al momento de evaluar esta característica, se debe tener en cuenta la manera en la cual el conductor disipa calor al ambiente, es decir, si existiesen muchos conductores cargados en un mismo tramo de bandeja metálica, dependiendo su interdistancia, es muy probable que su corriente admisible de catálogo se vea disminuida por esta razón.

Para analizar esto, la norma AEA 90364 (AEA 90364-5, 2006) establece una serie de tablas que permiten calcular un coeficiente de agrupamiento de conductores, este factor lo que considera es la reducción de la corriente admisible de cada conductor debido a la disipación de calor cuando éstos se encuentran agrupados en una misma bandeja.

Para simplificar el análisis, se considerará solo el tramo de bandeja que se encuentra más ocupado en la instalación, en este caso el tramo más comprometido es el tramo vertical que va desde el TGBT hacia la red perimetral de bandejas metálicas.

Antes de entrar a las tablas de la norma, en la **Ilustración 150** se muestra una vista en corte de este tramo, con todos los conductores representados a escala.



*Ilustración 150. Agrupamiento de conductores*

El agrupamiento de conductores mostrado en la **Ilustración 150** se organizó de forma tal que cada conductor esté separado al menos 1 diámetro con respecto a su consecutivo, de esta forma, se obtiene una mejor disipación de calor en todo el tendido.

Dicho esto, se está en condiciones de entrar a las tablas de la norma (AEA 90364-5, 2006) para obtener el factor de agrupamiento de los conductores.

En primer lugar, debemos clasificar el tipo de tendido y el tipo de cable que vamos a utilizar. Al ser tendido por bandeja metálica, la norma establece que se deben utilizar conductores del tipo IRAM 2178. Se utilizarán conductores de la marca Prysmian, cuyo aislante es PVC especial.

Finalmente, se resumen los datos básicos del tendido:

- **Tipo de canalización:** bandeja metálica perforada
- **Tipo de conductor:** multipolar
- **Material del conductor:** cobre
- **Material del aislante:** PVC especial
- **Cantidad de circuitos en tramo:** 10 (diez)

De **Tabla A51-2** de la norma (AEA 90364-5, 2006) se determina que el método de instalación es el **Método E.** (Ver **Ilustración 151**)

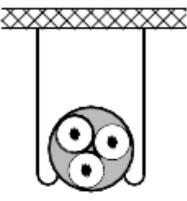
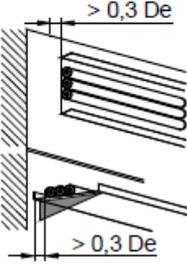
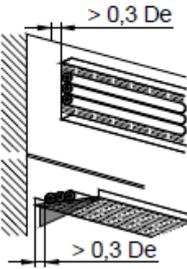
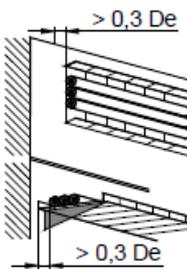
**Anexo A**  
**(Reglamentario)**

**TABLA A52-1 EJEMPLOS DE MÉTODOS DE INSTALACIÓN DE CANALIZACIONES y DE CONDUCTORES Y CABLES, PROPORCIONANDO INSTRUCCIONES PARA OBTENER LA INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE**

Nota 1: Las ilustraciones no pretenden mostrar un producto real o prácticas de instalación siendo solamente indicativas del método descrito.

Nota 2: Los valores dados en el Anexo B son válidos para un solo circuito. Cuando exista más de un circuito en la misma canalización, son aplicables los factores de corrección dados en las correspondientes tablas del Anexo B, sin tener en cuenta la presencia de cualquier barrera interna o compartimiento.

Nota 3: Las referencias que aparecen como superíndice en diversas celdas de las columnas 3 y 4 se encuentran agrupadas al final de la tabla.

 ASOCIACIÓN ELECTROTÉCNICA ARGENTINA		REGLAMENTACIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN INMUEBLES PARTE 5: Elección e Instalación de los Materiales Eléctricos Capítulo 52: Canalizaciones, cables y conductores	AEA 90364-5-52 © Edición 2006 Página 52-79
Ítem N° (columna 1)	Método de instalación (columna 2)	Descripción (columna 3)	Referencia al Método de Instalación para ser empleado para obtener la corriente admisible (ver Anexo B) (columna 4)
22		Cables unipolares o cables multipolares suspendidos del techo pero separados del mismo  (Método no permitido en viviendas u oficinas estando sólo permitido en instalaciones con personal BA4 o BA5)	Este método está en estudio, no obstante se podrán emplear los valores de referencia del método E
30		Cables unipolares o multipolares en contacto: Sobre bandejas sólidas o no perforadas o bandejas perforadas pero que no cumplen con la condición indicada en 521.12.1 dispuestas en forma horizontal o vertical <sup>5, 9</sup>	C, con el ítem 2 de la Tabla B52-17
31		Cables unipolares o multipolares en contacto: Sobre bandejas perforadas (que deben cumplir con la condición indicada en 521.12.1) dispuestas en forma horizontal o vertical <sup>5, 9</sup>	E (multipolares) y F (unipolares), en ambos casos con el ítem 4 de la tabla B52.17. Ver también Tabla B52-20 y Tabla B52-21
32 a		Cables unipolares en contacto o cables multipolares en contacto sobre perchas o bandejas de alambre en recorridos horizontales o verticales separadas de la pared a una distancia mayor que 0,3 el diámetro exterior del cable <sup>5, 9</sup>	E (multipolares) y F (unipolares).

*Ilustración 151. Método de instalación de conductores*

Una vez determinado el método de instalación, se debe verificar la corriente admisible en condiciones normales de cada conductor. Esto se determina de **Tabla B52-11** de la norma (AEA 90364-5, 2006), considerando conductores de cobre con aislación de PVC. (ver **Ilustración 152**)

Tabla B52-10 – Intensidades de corriente admisibles, en ampere, para los métodos de la Tabla B52-1  
Cables con aislación en PVC o LSOH termoplástico, conductores de cobre (contenido armónico < 15%)  
Temperatura del conductor: 70°C. Temperatura ambiente de referencia: 40°C en aire; 25°C enterrado.  
(Valores calculados a partir de la tabla B52-10 de la Norma IEC 60364-5-52, por aplicación del factor 0,87 según Tabla 52-14)

Sección nominal de los conductores [mm <sup>2</sup> ]	Métodos de referencia de la Tabla B52-1							
	Cables multipolares			Cables unipolares				
	Dos conductores cargados	Tres conductores cargados (ver nota 2)	Cables dispuestos en contacto. Dos cargados	Cables en tresbolillo o cuadrore. Tres cargados (ver nota 2)	Tres conductores cargados (Ver Nota 2), dispuestos en plano			
	Método E	Método E	Método F	Método F	En contacto	Separados un diámetro		
					Método F	Plano horizontal Método G	Plano vertical Método G	
1	2	3	4	5	6	7	8	
1,5	19	16	---	---	---	---	---	---
2,5	26	22	---	---	---	---	---	---
4	35	30	---	---	---	---	---	---
6	44	37	---	---	---	---	---	---
10	61	52	---	---	---	---	---	---
16	82	70	---	---	---	---	---	---
25	104	88	114	96	99	127	113	---
35	129	110	141	119	124	157	141	---
50	157	133	171	145	151	191	171	---
70	202	171	218	188	196	244	221	---
95	245	207	264	230	239	297	271	---
120	285	240	306	268	279	345	315	---
150	330	278	353	310	324	397	365	---
185	379	317	403	356	371	453	418	---
240	447	374	475	422	441	535	495	---
300	516	432	547	488	511	617	573	---
400	---	---	656	571	599	741	692	---
500	---	---	755	652	686	854	800	---
630	---	---	874	744	787	990	931	---

Nota 1: En las columnas 2 y 3, las secciones de los conductores de los cables multipolares se suponen circulares hasta los 16 mm<sup>2</sup> inclusive. Para las secciones superiores, los valores indicados para los conductores de forma sectorial pueden ser aplicados en forma segura a los conductores de forma circular.

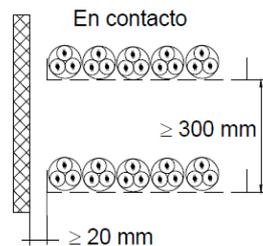
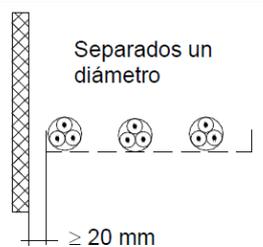
Nota 2: Si un sistema es desequilibrado habrá corriente en el conductor neutro, pero el calor generado por éste se compensa por el menor calor generado en las líneas menos cargadas.

### Ilustración 152. Corriente admisible en conductores por bandeja

A los valores de corriente admisible de cada conductor mostrados en la **Ilustración 152** se los debe afectar por el factor de agrupamiento detallado anteriormente. Esto se puede determinar según **Tabla B52-20**, la cual se muestra en la **Ilustración 153**. Se puede concluir que para un **Método de instalación E**, conductores separados al menos 1 diámetro, con 1 nivel de bandejas, y considerando 10 circuitos (la tabla reduce hasta 6, se consideran 6), se puede concluir que el factor de agrupamiento es  $F = 0,91$ .

Por lo tanto, todas las corrientes admisibles de los conductores mostrados en **Ilustración 152** se deberán multiplicar por este factor para obtener la corriente admisible corregida.

**Tabla B52-20 – Factores de corrección por agrupamiento de varios cables multipolares para aplicar a los valores de corrientes admisibles para cables multipolares dispuestos en aire libre**  
**Método de instalación E correspondiente a las Tablas B52-8 a B52-13**

Método de instalación según Tabla A52-1	Número de bandejas	Número de cables							
		1	2	3	4	6	9		
Bandejas horizontales perforadas (nota 4)	31	 <p>En contacto</p>	1	1,00	0,88	0,82	0,79	0,76	0,73
			2	1,00	0,87	0,80	0,77	0,73	0,68
			3	1,00	0,86	0,79	0,76	0,71	0,66
			6	1,00	0,84	0,77	0,73	0,68	0,64
		 <p>Separados un diámetro</p>	1	1,00	1,00	0,98	0,95	0,91	-
			2	1,00	0,99	0,96	0,92	0,87	-
3	1,00		0,98	0,95	0,91	0,85	-		

*Ilustración 153. Factor de agrupamiento de conductores*

Determinadas las características de diseño y rendimiento del tendido, se procede a calcular las secciones necesarias para los conductores de todos los circuitos de potencia.

Mediante software Excel, desde **Tabla 66** a **Tabla 75**, se calcularon las secciones mínimas de conductores por el criterio de caída de tensión utilizando las expresiones mencionadas anteriormente, y readaptando la mencionada sección por el criterio de corriente admisible en función de las cargas eléctricas en cada tramo.

- **Tramo TGBT a TS1:**

<b>Cálculo de caída <math>\delta_2</math> (desde TGBT hasta TS1)</b>	<b>Valor</b>
Resistividad del cobre $\rho$ [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]	0,0175
Reactancia del conductor $X'$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,080
Caída de tensión inductiva $\delta_{L1}$ [V]	0,11
Caída de tensión activa admisible disponible $\delta_2$ [V]	17,96
Sección del conductor mínima $S_1$ [ $\text{mm}^2$ ]	2,44
Sección comercial por corriente admisible $S_1$ [ $\text{mm}^2$ ]	35
Recalculo de caída de tensión $\delta_2$ [V]	1,36

*Tabla 66. Sección de conductor  $S_1$*

- **Tramo TGBT a TS2:**

<b>Cálculo de caída <math>\delta_2</math> (desde TGBT hasta TS2)</b>	<b>Valor</b>
Resistividad del cobre $\rho$ [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]	0,0175
Reactancia del conductor $X'$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,080
Caída de tensión inductiva $\delta_{L2}$ [V]	0,09
Caída de tensión activa admisible disponible $\delta_2$ [V]	17,96
Sección del conductor mínima $S_2$ [ $\text{mm}^2$ ]	1,65
Sección comercial por corriente admisible $S_2$ [ $\text{mm}^2$ ]	2,5
Recalculo de caída de tensión $\delta_2$ [V]	11,86

*Tabla 67. Sección de conductor  $S_2$*

- **Tramo TGBT a TS3:**

<b>Cálculo de caída <math>\delta_2</math> (desde TGBT hasta TS3)</b>	<b>Valor</b>
Resistividad del cobre $\rho$ [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]	0,0175
Reactancia del conductor $X'$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,080
Caída de tensión inductiva $\delta_{L3}$ [V]	0,08
Caída de tensión activa admisible disponible $\delta_2$ [V]	17,96
Sección del conductor mínima $S_3$ [ $\text{mm}^2$ ]	1,43
Sección comercial por corriente admisible $S_3$ [ $\text{mm}^2$ ]	4
Recalculo de caída de tensión $\delta_2$ [V]	6,47

*Tabla 68. Sección de conductor  $S_3$*

- **Tramo TGBT a TS4:**

<b>Cálculo de caída <math>\delta_2</math> (desde TGBT hasta TS4)</b>	<b>Valor</b>
Resistividad del cobre $\rho$ [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]	0,0175
Reactancia del conductor $X'$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,080
Caída de tensión inductiva $\delta_{L4}$ [V]	0,81
Caída de tensión activa admisible disponible $\delta_2$ [V]	17,96
Sección del conductor mínima $S_4$ [ $\text{mm}^2$ ]	16,70
Sección comercial por corriente admisible $S_4$ [ $\text{mm}^2$ ]	70
Recalculo de caída de tensión $\delta_2$ [V]	4,91

*Tabla 69. Sección de conductor  $S_4$*

- **Tramo TGBT a TS5:**

<b>Cálculo de caída <math>\delta_2</math> (desde TGBT hasta TS5)</b>	<b>Valor</b>
Resistividad del cobre $\rho$ [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]	0,0175
Reactancia del conductor $X'$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,080
Caída de tensión inductiva $\delta_{L5}$ [V]	0,12
Caída de tensión activa admisible disponible $\delta_2$ [V]	17,90
Sección del conductor mínima $S_5$ [ $\text{mm}^2$ ]	2,26
Sección comercial por corriente admisible $S_5$ [ $\text{mm}^2$ ]	25
Recalculo de caída de tensión $\delta_2$ [V]	0,22

*Tabla 70. Sección de conductor  $S_5$*

- **Tramo TGBT a TS6:**

<b>Cálculo de caída <math>\delta_2</math> (desde TGBT hasta TS6)</b>	<b>Valor</b>
Resistividad del cobre $\rho$ [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]	0,0175
Reactancia del conductor $X'$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,080
Caída de tensión inductiva $\delta_{L6}$ [V]	0,08
Caída de tensión activa admisible disponible $\delta_2$ [V]	9,96
Sección del conductor mínima $S_6$ [ $\text{mm}^2$ ]	6,04
Sección comercial por corriente admisible $S_6$ [ $\text{mm}^2$ ]	10
Recalculo de caída de tensión $\delta_2$ [V]	6,04

*Tabla 71. Sección de conductor  $S_6$*

- **Tramo TGBT a TS7:**

<b>Cálculo de caída <math>\delta_2</math> (desde TGBT hasta TS7)</b>	<b>Valor</b>
Resistividad del cobre $\rho$ [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]	0,0175
Reactancia del conductor $X'$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,080
Caída de tensión inductiva $\delta_{L7}$ [V]	0,39
Caída de tensión activa admisible disponible $\delta_2$ [V]	17,90
Sección del conductor mínima $S_7$ [ $\text{mm}^2$ ]	7,25
Sección comercial por corriente admisible $S_7$ [ $\text{mm}^2$ ]	35
Recalculo de caída de tensión $\delta_2$ [V]	4,02

*Tabla 72. Sección de conductor  $S_7$*

- **Tramo TGBT a TS8:**

<b>Cálculo de caída <math>\delta_2</math> (desde TGBT hasta TS8)</b>	<b>Valor</b>
Resistividad del cobre $\rho$ [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]	0,0175
Reactancia del conductor $X'$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,080
Caída de tensión inductiva $\delta_{L8}$ [V]	0,01
Caída de tensión activa admisible disponible $\delta_2$ [V]	17,96
Sección del conductor mínima $S_8$ [ $\text{mm}^2$ ]	0,21
Sección comercial por corriente admisible $S_8$ [ $\text{mm}^2$ ]	1,5
Recalculo de caída de tensión $\delta_2$ [V]	2,51

*Tabla 73. Sección de conductor  $S_8$*

- **Tramo TGBT a TS9:**

<b>Cálculo de caída <math>\delta_2</math> (desde TGBT hasta TS9)</b>	<b>Valor</b>
Resistividad del cobre $\rho$ [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]	0,0175
Reactancia del conductor $X'$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,080
Caída de tensión inductiva $\delta_{L9}$ [V]	0,26
Caída de tensión activa admisible disponible $\delta_2$ [V]	17,96
Sección del conductor mínima $S_9$ [ $\text{mm}^2$ ]	6,49
Sección comercial por corriente admisible $S_9$ [ $\text{mm}^2$ ]	10
Recalculo de caída de tensión $\delta_2$ [V]	11,74

*Tabla 74. Sección de conductor  $S_9$*

- **Tramo TGBT a TS10:**

<b>Cálculo de caída <math>\delta_2</math> (desde TGBT hasta TS10)</b>	<b>Valor</b>
Resistividad del cobre $\rho$ [ $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ ]	0,0175
Reactancia del conductor $X'$ [ $\Omega/\text{km}$ ]	0,080
Caída de tensión inductiva $\delta_{L10}$ [V]	0,20
Caída de tensión activa admisible disponible $\delta_2$ [V]	17,96
Sección del conductor mínima $S_{10}$ [ $\text{mm}^2$ ]	3,92
Sección comercial por corriente admisible $S_{10}$ [ $\text{mm}^2$ ]	6
Recalculo de caída de tensión $\delta_2$ [V]	11,79

*Tabla 75. Sección de conductor  $S_{10}$*

Calculadas las secciones mínimas por el criterio de caída de tensión, y corregidas las selecciones por el criterio de corriente admisible, se presenta el resumen de secciones de conductores adoptadas en **Tabla 76**.

<b>Resumen - Selección de cables</b>			
<b>Tramo</b>	<b>Sección según criterio de cálculo</b>		<b>Sección final adoptada [<math>\text{mm}^2</math>]</b>
	<b>Por caída de tensión [<math>\text{mm}^2</math>]</b>	<b>Por corriente admisible corregida [<math>\text{mm}^2</math>]</b>	
<b>S<sub>1</sub></b>	2,44	35	35
<b>S<sub>2</sub></b>	1,65	2,5	2,5
<b>S<sub>3</sub></b>	1,43	4	4
<b>S<sub>4</sub></b>	16,70	70	70
<b>S<sub>5</sub></b>	2,25	25	25
<b>S<sub>6</sub></b>	6,04	10	10
<b>S<sub>7</sub></b>	5,02	35	35
<b>S<sub>8</sub></b>	0,21	1,5	1,5
<b>S<sub>9</sub></b>	6,49	2,5	10
<b>S<sub>10</sub></b>	3,92	6	6

*Tabla 76. Resumen selección de conductores de fase y neutro*

En lo que respecta a los conductores de protección PE, se recurrió a la normativa AEA 90364, cuyo extracto se presenta en la **Ilustración 154**, en el cual se define el criterio para la sección mínima de cada conductor PE en función de la sección del conductor de fase que acompaña el tramo. (AEA 90364-5, 2006)

**Tabla 54.5 - Secciones mínimas de los conductores de puesta a tierra y de protección**

Sección $S$ de los conductores de línea de la instalación [mm <sup>2</sup> ]	Sección nominal del correspondiente conductor de protección PE "S <sub>PE</sub> " [mm <sup>2</sup> ] y del conductor de puesta a tierra "S <sub>PAT</sub> " [mm <sup>2</sup> ]	
	Si el conductor de protección PE (o el de puesta a tierra) es del mismo material que el conductor de línea	Si el conductor de protección PE (o el de puesta a tierra) no es del mismo material que el conductor de línea
$S \leq 16$	$S$	$\frac{k_1}{k_2} \times S$
$16 < S \leq 35$	$16^{(a)}$	$\frac{k_1}{k_2} \times 16^{(a)}$
$S > 35$	$S/2^{(a)}$	$\frac{k_1}{k_2} \times \frac{S}{2}^{(a)}$

Donde  $k_1$  es el valor de  $k$  para el conductor de línea, seleccionado de la Tabla 54.8 o de la Tabla 43.1 indicada en el Capítulo 43 de esta Reglamentación,  $k_2$  es el valor de  $k$  para el PE, elegido de las tablas 54.6 a 54.10, según corresponda;  $k$  es un factor cuyo valor depende de diferentes características físicas del material del conductor de protección y de las temperaturas inicial y final, dependiendo esta última del tipo de aislación (para la determinación de  $k$ , ver Anexo C).

<sup>(a)</sup> Para el conductor PEN la reducción de la sección se permite sólo de acuerdo con las reglas de dimensionamiento del conductor neutro (ver Capítulo 52 de esta Reglamentación).

### *Ilustración 154. Sección de conductores PE*

En nuestro caso, considerando que los conductores de PE son del mismo material que los conductores de fase (cobre), se presenta en **Tabla 77** las secciones de todos los conductores PE correspondiente a cada tramo.

<b>Resumen - Selección de cables de PE</b>		
<b>Tramo</b>	<b>Sección de fase adoptada [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Sección de protección PE adoptada [mm<sup>2</sup>]</b>
<b>S</b>	3x120	185
<b>S<sub>1</sub></b>	35	16
<b>S<sub>2</sub></b>	2,5	2,5
<b>S<sub>3</sub></b>	4	4
<b>S<sub>4</sub></b>	70	35
<b>S<sub>5</sub></b>	25	16
<b>S<sub>6</sub></b>	10	10
<b>S<sub>7</sub></b>	35	16
<b>S<sub>8</sub></b>	1,5	1,5
<b>S<sub>9</sub></b>	10	10
<b>S<sub>10</sub></b>	6	6

**Tabla 77. Resumen selección de conductores PE**

En la sección siguiente se realizará el cálculo de todas las corrientes de cortocircuito, donde finalmente todas las secciones adoptadas en la **Tabla 76** y **Tabla 77** se deberán verificar según la intensidad de falla que pueda circular por cada una de ellas, eventualmente se deberá corregir la sección de conductor que no cumpla con este criterio.

### **3.6.3 Cálculo de cortocircuito**

El cálculo de cortocircuito es una tarea fundamental en el diseño y análisis de sistemas eléctricos. Este procedimiento permite determinar las corrientes mínimas y máximas que pueden fluir en un sistema eléctrico durante una falla de cortocircuito, proporcionando información crucial para la selección y dimensionamiento de los elementos que componen la instalación eléctrica, tales como protecciones y conductores, entre otros.

Acorde a la normativa de cortocircuitos de la Asociación Electrotécnica Argentina (AEA 90909, 2004), se pueden tomar en cuenta las siguientes consideraciones para el cálculo:

- En toda la duración del cortocircuito no hay modificación en el tipo de cortocircuito considerado, es decir un cortocircuito trifásico permanece trifásico y un cortocircuito entre fase y tierra permanece entre fase y tierra durante el tiempo del cortocircuito.
- En toda la duración del cortocircuito, no hay cambio en la red considerada.
- La impedancia de los transformadores se considera con el conmutador de tomas en posición principal. Esto es admisible porque es introducido el factor de corrección de impedancia  $K_T$  para transformadores de redes.
- Las resistencias del arco eléctrico no se tienen en cuenta.

- Todas las capacitancias de línea, admitancias paralelo y cargas no rotativas, excepto las del sistema homopolar, son despreciables.

El método de cálculo utilizado está basado en la introducción de una fuente de tensión equivalente en el punto de defecto. Esta fuente es la única tensión activa del sistema. Dicho esto, se describe a continuación las etapas que contemplará el cálculo de cortocircuito de la fábrica:

1. Cálculo de impedancias de elementos
2. Cálculo de cortocircuito trifásico en secuencia directa
3. Cálculo de cortocircuito monofásico en secuencia directa – inversa - homopolar.

### **3.6.3.1 Cálculo de impedancias**

En primer lugar, se deberán calcular las impedancias internas (en secuencia directa) de todos los componentes que estarán presentes en el circuito eléctrico ante cualquier falla. Tales componentes se detallan a continuación:

- **Red**
- **Transformador**
- **Conductores**
- **Motores**

#### **Impedancia de la red**

Para obtener el valor de la impedancia de la red, en primer lugar, se deberá contar con el dato (provisto por el distribuidor eléctrico, en este caso ENERSA) de la corriente o potencia de cortocircuito de la red de alimentación,  $I''_{kq}$  y  $S''_{kq}$ , respectivamente.

Por otra parte, también se deberá contar con el valor de la relación  $\frac{R_Q}{X_Q}$ , que, junto con los datos anteriores, nos permitirá calcular la impedancia de la red a través de la siguiente ecuación:

$$Z_Q = \frac{c * Un_Q^2}{S''k_Q} \quad ; \quad Z_Q = \frac{c * Un_Q^2}{\sqrt{3} * I''k_Q} \quad ; \quad X_Q = \frac{Z_Q}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_Q}{X_Q}\right)^2}}$$

Eventualmente, si no se conoce el valor preciso de la resistencia  $R_Q$  de la red de alimentación, se pueden adoptar las siguientes relaciones  $R_Q = 0,1 * X_Q$  donde  $X_Q = 0,995 * Z_Q$ .

Mediante el software Excel, en la **Tabla 78** se calculó la impedancia de la red, referida tanto para el lado de MT (13.2 kV) como para el lado de BT (0.4 kV), tomando como base los siguientes datos:

- **Potencia de cortocircuito de la red  $S''k_Q$ :** 227,5 [MVA] (cortesía de Enersa)
- **Tensión nominal de la red  $Un_Q$ :** 13200 [V]
- **Factor de tensión c:** 1,1

La introducción del factor de tensión **c** es necesaria por varias razones:

- variaciones de la tensión dependientes del tiempo y del lugar.
- cambios en las tomas de los transformadores.
- cargas y capacitancias despreciadas en los cálculos.
- el comportamiento subtransitorio de los alternadores y motores.

Datos de la red	
Potencia de cortocircuito S <sub>cc</sub> [MVA]	227,5
Factor de tensión c	1,1
Tensión nominal de la red U <sub>nQ</sub> [V]	13200
Impedancia Z <sub>R</sub> [Ω]	0,5476
Reactancia X <sub>R</sub> [Ω]	0,5449
Resistencia R <sub>R</sub> [Ω]	0,0545
Reactancia X <sub>R</sub> referida a 400V [Ω]	0,00050
Resistencia R <sub>R</sub> referida a 400V [Ω]	0,00005
Impedancia Z <sub>R</sub> referida a 400V [Ω]	0,00050

Tabla 78. Impedancia de la red

### Impedancia del transformador

La impedancia de cortocircuito de secuencia directa en transformadores de dos arrollamientos, como es el caso del transformador seco de 630 kVA a utilizar, se puede calcular a través de los valores de placa de este, cuyas ecuaciones se presentan a continuación:

$$Z_T = \frac{u_{kr}}{100\%} \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} \quad ; \quad R_T = \frac{u_{Rr}}{100\%} \frac{U_{rT}^2}{S_{rT}} = \frac{P_{krT}}{3 * I_{rT}^2} \quad ; \quad X_T = \sqrt{Z_T^2 + R_T^2}$$

Donde:

$U_{rT}$  es la tensión asignada del transformador en el lado de alta o baja tensión.

$I_{rT}$  es la corriente asignada del transformador en el lado de alta o baja tensión.

$S_{rT}$  es la potencia aparente asignada del transformador.

$P_{krT}$  son las pérdidas totales en los arrollamientos del transformador a la corriente asignada.

$u_{kr}$  es la tensión de cortocircuito a la corriente asignada, de forma porcentual.

$u_{Rr}$  es la componente resistiva de la tensión de cortocircuito, de forma porcentual.

Para el caso de la impedancia del transformador en secuencia homopolar, se pueden utilizar con suficiente precisión las relaciones de la **Ilustración 155**, extraídas de material de la cátedra *Redes de distribución e instalaciones eléctricas*:

#### Zero-sequence resistances of transformers

Zero-sequence resistances	Dy	Dz, Yy
$R_{0T}$	$R_T$	$0.4 R_T$
$X_{0T}$	$0.95 X_T$	$0.1 X_T$

#### Ilustración 155. Relaciones de impedancia homopolar de transformadores

Mediante el software Excel, en la **Tabla 79** se calculó la impedancia del transformador, referida tanto para el lado de MT (13.2 kV) como para el lado de BT (0.4 kV), tomando como base los datos del transformador seco, disponibles en el catálogo del fabricante TRAMAQ de las siguientes prestaciones:

### Transformadores Clase 17,5 kV

POTENCIA NOMINAL (Sr)	kVA	100	160	250	315	400	500	630
Pérdidas en Vacío (Wo)	W	460	650	830	980	1150	1300	1550
Pérdidas en Carga (Wcc) 75°C	W	1850	2500	3250	4000	4800	5800	6800
Pérdidas en Carga (Wcc) 120°C	W	2150	2870	3750	4600	5500	6650	7800
Impedancia en Cortocircuito (Ucc)	%	4	4	4	4	4	4	6
Corriente en Baja Tensión (BT)	A	144	231	361	455	577	722	909
Nivel de Potencia Acústica(LWA)	dB	59	62	65	66	68	69	70
Nivel de Presión Acústica a 1m(Lpa)	dB	47	49	52	53	55	56	57

#### Ilustración 156. Datos técnicos de transformador 630 kVA

Datos transformador	
Potencia $S_{rT}$ [KVA]	630
Relación de transformación 13,2 kV / 0,4 kV	33
Tensión de cortocircuito $u_{kr}$ [%]	6,00%
Intensidad $I_{rT}$ en BT [A]	909,33
Tensión secundaria $U_{rT}$ [V]	400
Tensión primaria $U_{rT}$ [V]	13200
Potencia de corto $P_{krT}$ [W]	7800

<b>Cálculo de impedancia del transformador</b>	
Impedancia directa $Z_{T1}$ [ $\Omega$ ]	0,01524
Reactancia $X_{T1}$ [ $\Omega$ ] referido a 400V	0,01491
Resistencia $R_{T1}$ [ $\Omega$ ] referido a 400V	0,00314
Impedancia homopolar $Z_{T0}$ [ $\Omega$ ]	0,01451
Reactancia $X_{T0}$ [ $\Omega$ ] referido a 400V	0,01416
Resistencia $R_{T0}$ [ $\Omega$ ] referido a 400V	0,00314

*Tabla 79. Impedancia del transformador*

### **Impedancia de conductores**

La impedancia de cortocircuito de secuencia directa  $Z_{L1}$  en conductores puede calcularse a partir de los datos que brindan los fabricantes. Conociendo las distancias de recorrido que tendrá cada conductor (**Tabla de Canalizaciones de conductores**) y tomando como base los datos técnicos de los conductores según el catálogo del fabricante Prysmian, cuyo extracto se muestra en la **Ilustración 157**, se calculan las impedancias en directa y homopolar de cada tipo de conductor del circuito, considerando la resistividad  $\rho$  [ $\frac{\Omega}{km}$ ], la reactancia  $X$  [ $\frac{\Omega}{km}$ ] y la longitud de tramo  $L$  [ $km$ ] en cada caso.

$$R_{L1}[\Omega] = \rho \left[ \frac{\Omega}{km} \right] * L [km] * \frac{1}{n^{\circ} \text{ conductores por fase}}$$

$$X_{L1}[\Omega] = X \left[ \frac{\Omega}{km} \right] * L [km] * \frac{1}{n^{\circ} \text{ conductores por fase}}$$

$$Z_{L1}[\Omega] = \sqrt{(R_{L1})^2 + (X_{L1})^2}$$

## Características técnicas- Cables con conductores de cobre

Sección nominal mm <sup>2</sup>	Díámetro del conductor mm	Espesor nominal de aislación mm	Espesor nominal de envoltura mm	Díámetro exterior aprox. mm	Masa aprox. kg/km	Resistencia eléctrica máx. a 70°C y 50 Hz. ohm/km	Reactancia a 50 Hz. ohm/km
Tetrapolares (almas de color marrón, negro, rojo y azul claro)							
1,5	1,5	0,8	1,8	11	180	15,9	0,108
2,5	2	0,8	1,8	12	233	9,55	0,0995
4	2,5	1,0	1,8	15	337	5,92	0,0991
6	3	1,0	1,8	16	433	3,95	0,0901
10	3,9	1,0	1,8	18	627	2,29	0,0860
16	5,0	1,0	1,8	22	992	1,45	0,0813
25	7,1	1,2	1,8	28	1560	0,933	0,0780
35	8,3	1,2	1,8	32	2100	0,663	0,0760
50	8,1	1,4	1,9	33	2639	0,464	0,0777
70	9,6	1,4	2,1	37	3541	0,321	0,0736
95	11,3	1,6	2,2	43	4823	0,232	0,0733
120	12,8	1,6	2,3	47	5921	0,184	0,0729
150	14,3	1,8	2,5	52	7325	0,150	0,0720
185	16,0	2,0	2,7	58	9120	0,121	0,0720

*Ilustración 157. Datos técnicos de conductores*

Las expresiones utilizadas para el cálculo de las impedancias homopolares de los cables de BT, en donde el retorno de las corrientes se produce a través del cable neutro (cortocircuito fase-neutro) o a través del cable de protección (cortocircuito fase-PE), dependerá del sistema de puesta a tierra (que se definirá más adelante) y, por otra parte, si la sección del conductor de neutro o de PE es diferente al conductor de fase. Las expresiones de impedancia homopolar  $Z_{L0}$  para cada caso son las siguientes:

$$Z_{L0} = 4 * Z_{L1} \text{ (Sección de neutro ó PE = fase)}$$

$$Z_{L0} = Z_{L1} + 3 * Z_{N \text{ ó } PE} \text{ (Sección de neutro ó PE } \neq \text{ fase)}$$

Nombre de tramo	Datos eléctricos de conductores																	Datos de conductores de protección (PE)		
	S1MT	S2MT	S	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	PE1-5-7	PE4	PE				
Sección [mm <sup>2</sup> ]	35	35	(3x120)	35	2,5	4	70	25	10	35	1,5	10	6	16	35	185				
Resistencia por km [ $\Omega$ /km]	0,67500	0,67500	0,06467	0,66300	9,55000	5,92000	0,32100	0,93300	2,29000	0,66300	15,90000	2,29000	3,95000	1,21000	0,55400	0,12900				
Reactancia por km [ $\Omega$ /km]	0,12000	0,12000	0,04633	0,07600	0,09950	0,09910	0,07360	0,07800	0,08600	0,07600	0,10800	0,08600	0,09010	0,08000	0,08000	0,13900				
Longitud [m]	150	20	20	15	85	35	70	20	50	42	70	110	107	15	70	20				
Resistencia [ $\Omega$ ]	0,10125	0,01350	0,00129	0,00995	0,81175	0,20720	0,02247	0,01866	0,11450	0,02785	1,11300	0,25190	0,42265	0,01815	0,03878	0,00258				
Reactancia [ $\Omega$ ]	0,01800	0,00240	0,00093	0,00114	0,00846	0,00347	0,00515	0,00156	0,00430	0,00319	0,00756	0,00946	0,00964	0,00120	0,00560	0,00278				
Impedancia directa Z1 [ $\Omega$ ]	0,10284	0,01371	0,00159	0,01001	0,81179	0,20723	0,02305	0,01873	0,11458	0,02803	1,11303	0,25208	0,42276	0,01819	0,03918	0,00379				
Impedancia homopolar Z0 [ $\Omega$ ]	-	-	0,00636	0,06458	3,24718	0,82892	0,14060	0,07490	0,45832	0,11211	4,45210	1,00831	1,69104							

Tabla 80. Impedancias de conductores

## Impedancia de motores

En primer lugar, se aclara que los motores de baja tensión eventualmente contribuyen a la corriente simétrica inicial de cortocircuito  $I''_k$ , a la corriente pico de cortocircuito  $I_p$ , a la corriente simétrica de ruptura de cortocircuito  $I_b$  y, en el caso de cortocircuitos desequilibrados, también a la corriente permanente de cortocircuito  $I_k$ .

Sin embargo, no siempre se consideran como aportadores de energía, dado que el aporte de estos puede despreciarse si se cumple la siguiente relación:

$$\sum I_{rM} \leq 0,01 * I_{kM}$$

En donde:

$\sum I_{rM}$  es la suma de las corrientes nominales de los motores conectados directamente a la red donde se presenta la falla (cortocircuito).

$I_{kM}$  es la corriente simétrica inicial de cortocircuito sin la influencia de los motores.

A priori, no se puede verificar la relación anterior debido a que aún no se ha desarrollado el cálculo de corriente de cortocircuito simétrica inicial. Esto se reevaluará posteriormente.

A continuación, se detallan las expresiones de cálculo de impedancia de motores asíncronos, para si eventualmente la relación anterior indica que deberán ser considerados en el cálculo.

$$Z_M = \frac{I}{\frac{I_{LR}}{I_{rM}} \sqrt{3} * I_{rM}} = \frac{I}{\frac{I_{LR}}{I_{rM}}} \frac{U_{rM}^2}{S_{rM}}$$

Donde:

$U_{rM}$  es la tensión asignada del motor.

$I_{rM}$  es la corriente asignada del motor.

$S_{rM}$  es la potencia aparente asignada del motor.

$\frac{I_{LR}}{I_{rM}}$  es la relación entre la corriente a rotor bloqueado (corriente de arranque) y la corriente asignada del motor.

En general, muchos de los datos necesarios para el cálculo de la impedancia de cada motor pueden encontrarse en los catálogos de sus fabricantes. Sin embargo, cuando algunos datos no aparecen, se puede recurrir con suficiente precisión a las siguientes relaciones prácticas:

$$\frac{R_M}{X_M} = 0,42 \quad X_M = 0,922 * Z_M$$

En adición a las expresiones anteriores, conocida la relación  $\frac{R_M}{X_M}$  se puede utilizar la siguiente expresión para completar el cálculo de impedancia de cada motor:

$$X_M = \frac{Z_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_M}{X_M}\right)^2}}$$

De los motores detallados en la **Tabla de resumen de cargas en BT**, se extraen sus correspondientes datos técnicos en catálogos de fabricantes WEG y Czerweny, según **Ilustración 158 y 159**, respectivamente:

## W22 - IE4 Super Premium Efficiency - 50 Hz

Potencia		Carcasa	Full Load Torque (kgfm)	Corriente con rotor trabado I <sub>v</sub> /In	Par con rotor trabado T <sub>v</sub> /T <sub>n</sub>	Break-down Torque T <sub>b</sub> /T <sub>n</sub>	Momento de inercia J (kgm <sup>2</sup> )	Tiempo máximo con rotor trabado (s)		Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	400 V							
								Calle	Frio			RPM	% de la potencia nominal			Factor de potencia			Corriente nominal In (A)
													50	75	100	50	75	100	
IV Poles																			
5,5	7,5	L132S	3,64	8,8	2,9	3,5	0,0640	16	35	78,0	56	1470	90,8	91,8	91,9	0,63	0,75	0,82	10,5
7,5	10	L132ML	4,97	9,3	3,2	3,6	0,0791	14	31	84,0	56	1470	91,4	92,3	92,6	0,62	0,74	0,81	14,4
9,2	12,5	160M	6,05	8,6	3	3,3	0,1398	16	35	115	61	1480	91,9	92,9	93,0	0,61	0,74	0,81	17,6
11	15	160M	7,26	8,2	3	3,5	0,1537	14	31	125	61	1475	92,0	93,0	93,3	0,61	0,73	0,81	21,0
15	20	L160L	9,91	7,2	3	3,2	0,1813	28	62	150	61	1475	92,7	93,6	93,9	0,63	0,75	0,81	28,5
18,5	25	L180M	12,2	8,2	3	3,4	0,2291	16	35	185	61	1480	93,6	94,2	94,2	0,64	0,76	0,83	34,2
22	30	L180L	14,5	8,7	3,3	3,8	0,2594	14	31	200	61	1480	93,7	94,3	94,5	0,63	0,75	0,82	41,0
30	40	200L	19,7	7,4	2,8	3,2	0,3979	18	40	284	63	1485	93,9	94,7	94,9	0,60	0,73	0,81	56,3
37	50	225S/M	24,3	7,9	2,8	3,2	0,7346	21	46	430	63	1485	94,6	95,1	95,2	0,67	0,78	0,84	66,8
45	60	225S/M	29,5	8,3	2,9	3,3	0,7346	15	33	440	63	1485	94,2	95,0	95,4	0,62	0,74	0,82	83,0
55	75	250S/M	36,1	8,3	3	3,4	1,21	17	37	531	64	1485	94,9	95,4	95,7	0,66	0,78	0,83	100
75	100	280S/M	49,0	7,9	2,9	2,9	2,78	40	88	830	69	1490	95,5	96,1	96,2	0,72	0,81	0,85	132
90	125	280S/M	59,0	7,9	3	2,9	3,40	40	88	895	69	1485	95,9	96,3	96,4	0,73	0,82	0,86	157

Ilustración 158. Datos técnicos motores WEG

## TABLA DE PERFORMANCE

Tipo	Potencia		RPM	Inom. (A)	I <sub>arr</sub> /I <sub>nom</sub>	Eff (%)	Cos φ	Mn (Nm)	Ma/Mn	Mk/Mn	J Kg <sup>m</sup>	Peso (Kg)
	kW	CV										
3AL 802-4	0.75	1	1420	1.9	6.0	82.5	0.74	5.05	2.9	3.6	0.002	16
3AL 90S-4	1.1	1.5	1445	2.7	6.5	84.1	0.74	7.27	2.7	3.8	0.0022	20
3AL 90L-4	1.5	2	1445	3.6	6.8	85.3	0.74	9.92	3.0	3.6	0.003	22.5
3AL 100L1-4	2.2	3	1435	4.9	7.0	86.7	0.78	14.65	2.5	3.5	0.007	32.5
3AL 100L2-4	3	4	1435	6.7	7.2	87.7	0.78	19.97	2.6	3.5	0.007	38.5
3AL 112M-4	4	5.5	1440	8.6	7.0	88.6	0.80	26.54	2.3	3.2	0.0095	44
3AL 132S-4	5.5	7.5	1460	11.6	7.1	89.6	0.80	35.99	2.7	3.5	0.0214	54.5

Ilustración 159. Datos técnicos motores Czerweny

Con todos los parámetros de cada motor definidos y considerando todas las expresiones mostradas anteriormente, en **Tabla 81** se presentan todos los mencionados datos e impedancias calculadas por software Excel:

Datos eléctricos de motores										
Nº Motor	Tensión [V]	Potencia [kVA]	Potencia [KW]	Cos $\varphi$	Corriente [A]	Relación $I_r/I_{rM}$	Resistencia $R_M$ [ $\Omega$ ]	Reactancia $X_M$ [ $\Omega$ ]	Impedancia en cartesianas	Impedancia $Z_M$ [ $\Omega$ ]
M1	400	37,04	30	0,81	53,46	7,4	0,2261	0,5382	0,23+0,54i	0,5838
M2	400	1,83	1,5	0,82	2,64	3,7	9,1540	21,7953	9,15+21,8i	23,6396
M3	400	1,34	1,1	0,82	1,94	3,1	14,8988	35,4733	14,9+35,47i	38,4751
M4	400	1,34	1,1	0,82	1,94	3,1	14,8988	35,4733	14,9+35,47i	38,4751
M5	400	6,95	5,7	0,82	10,03	8,8	1,0129	2,4116	1,01+2,41i	2,6156
M6	400	1,04	0,85	0,82	1,36	8,8	6,7921	16,1717	6,79+16,17i	17,5401
M7	400	13,58	11	0,81	19,60	8,2	0,5564	1,3247	0,56+1,32i	1,4368
M8	400	3,05	2,5	0,82	4,40	5,6	3,6289	8,6403	3,63+8,64i	9,3714
M9	400	88,24	75	0,85	127,36	7,9	0,0889	0,2116	0,09+0,21i	0,2295
M10	400	5,03	4,13	0,82	7,26	9,5	1,2965	3,0868	1,3+3,09i	3,3480
M11	400	44,05	37	0,84	63,58	7,9	0,1781	0,4239	0,18+0,42i	0,4598
M12	400	1,69	1,4	0,83	2,43	3,4	10,8035	25,7225	10,8+25,72i	27,8992
M13	400	48,19	40	0,83	69,56	8,1	0,1587	0,3779	0,16+0,38i	0,4099

Tabla 81. Impedancia de motores

### 3.6.3.2 Cálculo de corrientes de cortocircuito $I''_{k1}$ e $I''_{k3}$

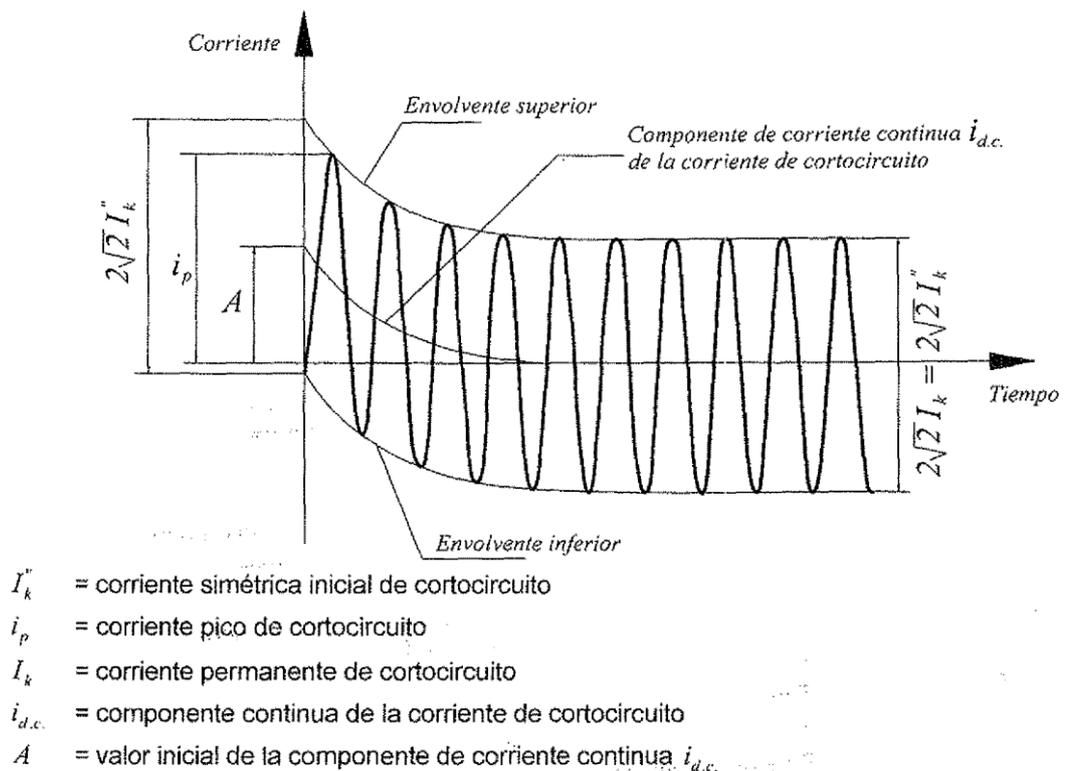
El cortocircuito monofásico aparece cuando existe un contacto eléctrico entre fase y neutro o bien entre fase y tierra. Por otra parte, el cortocircuito trifásico tiene lugar cuando se produce el contacto eléctrico entre las tres fases que componen a un sistema eléctrico trifásico. En líneas generales, las fallas de cortocircuito monofásicas comprenden el 80% de los casos, mientras que las trifásicas comprenden el 5% de los casos, aunque los cortocircuitos bifásicos (fase-fase) representan el 10% de los casos y suelen converger en cortocircuitos trifásicos, lo cual podemos suponer que los cortocircuitos trifásicos abarcan aproximadamente entre el 5% y el 15% de los casos de cortocircuitos en instalaciones eléctricas.

Los resultados del cálculo de cortocircuito nos permitirá conocer un valor mínimo y máximo de corriente que existirá al momento de la falla, este valor será

utilizado para verificar la sección de los conductores seleccionada en **Ítem 3.6.1** y **3.6.2** y las protecciones preseleccionadas en **Ítem 3.5.2.1**.

En el desarrollo que se presentará en este apartado, la corriente de falla que se calcula es la **corriente simétrica inicial de cortocircuito  $I_k''$** , la cual se define como el valor eficaz de la componente alterna simétrica de una corriente presunta de cortocircuito, en el instante de aparición del cortocircuito si la impedancia mantiene su valor inicial, para nuestro caso se definirá que todas las fallas serán alejadas del generador (Ver **Ilustración 160**). (AEA 90909, 2004)

Por otra parte, también interesará conocer el valor de la **corriente pico de cortocircuito  $I_p$**  y la **corriente de cortocircuito simétrica interrumpida  $I_b$** , cuyo desarrollo se presentará luego de esta sección.



*Ilustración 160. Corriente relativa a un cortocircuito alejado del generador con componente de corriente alterna constante*

## Cortocircuitos trifásicos y monofásicos en puntos de falla

En los apartados anteriores se explicó brevemente las consideraciones, expresiones y definiciones a tener en cuenta para el desarrollo del cálculo. Por otra parte, también fueron calculadas las impedancias en directa y homopolares de todos los elementos que eventualmente participarán de cada falla en cuestión, la impedancia en secuencia inversa es igual a la de secuencia directa para todos los casos. (AEA 90909, 2004). Dicho esto, se procede a presentar las expresiones necesarias para el cálculo de las corrientes de cortocircuito  $I''_{k1}$  e  $I''_{k3}$ .

- Corriente de cortocircuito monofásica inicial  $I''_{k1}$

Se considera a esta corriente como alejada de la generación, por lo tanto, intervienen las secuencias directa y homopolar, y su expresión es:

$$I''_{k1} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

- Corriente de cortocircuito trifásica inicial  $I''_{k3}$

En esta corriente solo participa la red de secuencia directa, y su expresión es:

$$I''_{k3} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

## Puntos de falla

En primer lugar, se deberán establecer los puntos de falla que servirán como referencia para el análisis de todo el circuito ante la falla. En la **Ilustración 161** se muestra un diagrama unifilar esquemático que muestra los puntos de falla a calcular, en el cual se consideró un sistema de conexión a tierra TN-S:

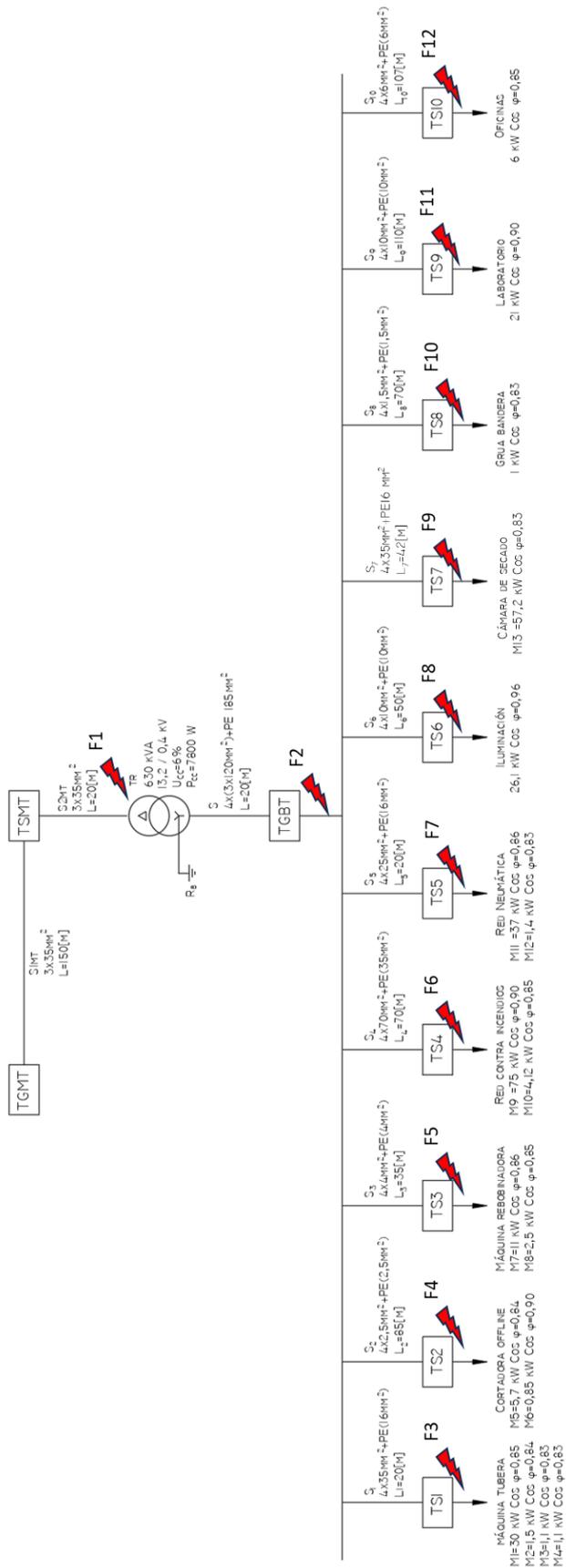


Ilustración 161. Puntos de cortocircuito

### Falla en punto 1

En este punto de falla, solo se calculará el cortocircuito trifásico, en donde la red de impedancias estará conformada según la **Ilustración 162**:

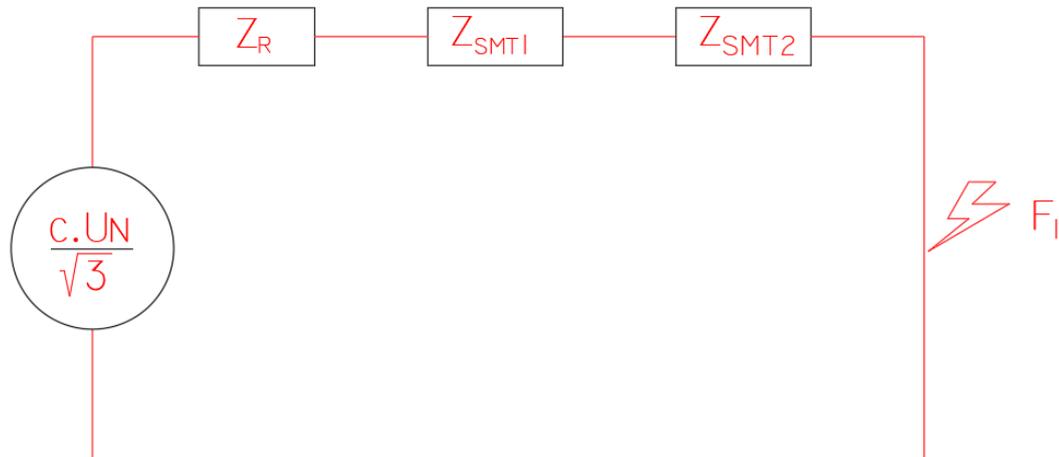


Ilustración 162. Red de impedancias en Falla 1

Mediante Software Excel, se calculan primero las impedancias del circuito considerando sus componentes reales e imaginarias, y luego la intensidad de cortocircuito.

- **Cálculo de impedancias:**

Cortocircuito trifásico F1 (Sin motores)	
Reactancia X [ $\Omega$ ]	0,8563
Resistencia R [ $\Omega$ ]	0,1851
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,876

- **Cortocircuito trifásico  $I''_{k3-1}$ :**

$$I''_{k3-1} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-1} = \frac{1,1 * 13200 [V]}{\sqrt{3} * 0,876 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-1} = 9,56 [kA]$$

## Falla en punto 2

En este punto de falla, se calcularán todas las corrientes de cortocircuito mencionadas anteriormente. El circuito de impedancias está conformado según la

### Ilustración 163:

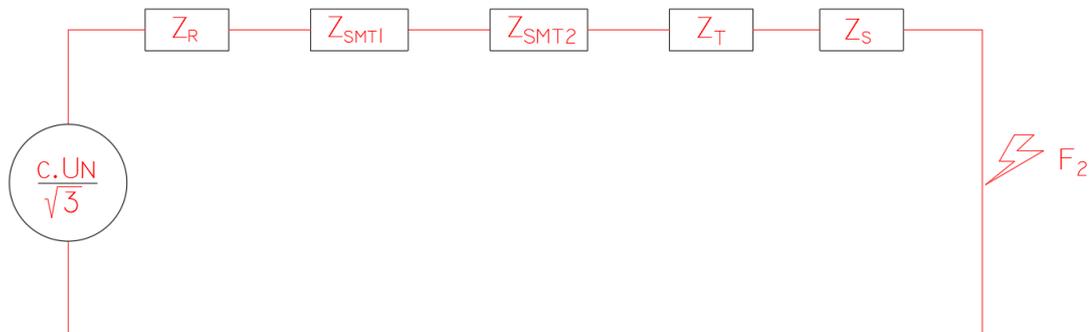


Ilustración 163. Red de impedancias en Falla 2

Al igual que la falla anterior, mediante software Excel se calculan primero las impedancias del circuito, y luego las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásica, procedimiento que será igual para el resto de las fallas.

#### - Cálculo de impedancias

Cortocircuito trifásico F2 (Sin motores)	
Reactancia X [ $\Omega$ ]	0,0166
Resistencia R [ $\Omega$ ]	0,0046
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,017
Corriente de corto $I''(k_{3\_2})$ [A]	14722,1

#### - Cortocircuito trifásico $I''_{k3-1}$ :

$$I''_{k3-2} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_1}$$

$$I''_{k3-2} = \frac{1,1 \cdot 400 [V]}{\sqrt{3} \cdot 0,017 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-2} = 14,72 [kA]$$

Previo a continuar los cálculos de las demás corrientes de cortocircuito, se deberá verificar si se debe considerar el aporte de corriente de los motores en el circuito, según las expresiones explicadas en el cálculo de impedancias de motores.

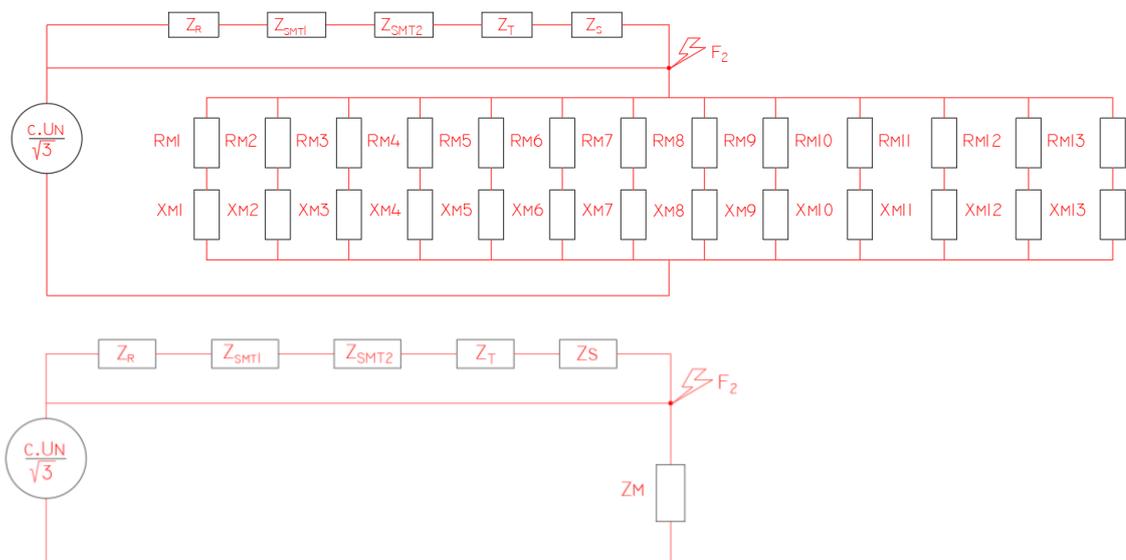
Verificando la relación tendremos que:

$$\sum I_{rM} \leq 0,01 * I_{kM}$$

$$365,56 [A] \leq 0,01 * 14,72 [A]$$

$$365,56 [A] \leq 147,221 [A] \quad \times$$

La relación no verifica, con lo cual se deben incluir todas las impedancias de los motores como ramas en paralelo a la falla, por lo tanto, el circuito de impedancias estará conformado según la **Ilustración 164**:



*Ilustración 164. Red de impedancias en Falla 2 con motores*

Con los datos de impedancias de motores calculados en la **Tabla 81**, y considerando las impedancias en serie restantes (Red y conductores de MT por el lado de MT, y transformador y conductores de BT por el lado de BT), en **Tabla 82** se calculan las impedancias equivalentes totales para la Falla 2:

Variable	Impedancia equivalente en malla con motores			
	Coordenadas polares		Coordenadas cartesianas	
	Modulo	Angulo °	Parte real	Parte imaginaria
$Z_m$	0,08	66,94	0,03	0,07
			0,03167+0,07439 i	
$Z_{red}$	0,00077	84,29	0,00008	0,00077
$Z_{smt1}$	0,00009	10,08	0,00009	0,00002
$Z_{smt2}$	0,00001	10,08	0,00001	0,00000
$Z_T$	0,01524	78,09	0,00314	0,01491
$Z_s$	0,00159	35,62	0,00129	0,00093
$Z_{eq1}$	0,01726	74,47	0,00462	0,01663
$Z_{eq}$	0,01424	73,15	0,00413	0,01363
			0,00412+0,01362 i	

Tabla 82. Impedancia equivalente en Falla 2 con motores

- Cortocircuito trifásico considerando motores  $I''_{k3-2}$ :

Cortocircuito trifásico F2 (Sin motores)	
Reactancia X [Ω]	0,0134
Resistencia R [Ω]	0,0041
Impedancia $Z_1$ [Ω]	0,0140
Corriente de corto $I''(k_3_2)$ [A]	18123,3

$$I''_{k3-2} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-2} = \frac{1,1 * 400 [V]}{\sqrt{3} * 0,0140 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-2} = 18,12 [kA]$$

- Cortocircuito monofásico (F-N) considerando motores  $I''_{k1-2}$ :

Cortocircuito monofásico Fase - Neutro F2			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia $Z_1$ [Ω]	0,004	0,0134	0,014
Impedancia $Z_0$ [Ω]	0,0083	0,0179	0,020
$ 2*Z_1+Z_0 $ [Ω]	0,016	0,045	0,048
Corriente de corto $I''(k_1_2)$ [A]	15999,41		

$$I''_{k1-2} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-2} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,014 + 0,020}$$

$$I''_{k1-2} = 15,99 [kA]$$

- Cortocircuito monofásico (F-PE) considerando motores  $I''_{k1-2}$ :

<b>Cortocircuito monofásico Fase – Tierra F2</b>			
	<b>Real</b>	<b>Imaginario</b>	<b>Módulo</b>
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,004	0,0134	0,014
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	0,0122	0,0234	0,026
$ 2*Z_1+Z_0 $ [ $\Omega$ ]	0,020	0,050	0,054
Corriente de corto $I''(k_{1_2})$ [A]	14057,76		

$$I''_{k1-2} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-2} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,014 + 0,026}$$

$$I''_{k1-2} = 14,05 [kA]$$

### Falla en punto 3

Para este punto de falla, se considerarán todas las impedancias evaluadas en la Falla 2 más la correspondiente al conductor de alimentación del tablero seccional, también se incluirá la malla de motores completa a modo de simplificación conservadora, por lo tanto, el circuito de impedancias estará conformado según la

### Ilustración 165.

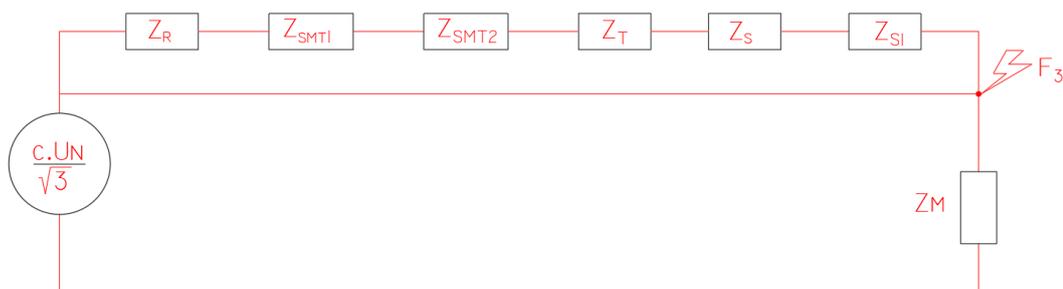


Ilustración 165. Red de impedancias en Falla 3

Al igual que la falla anterior, mediante software Excel se calculan primero las impedancias del circuito, y luego las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásica.

- **Cálculo de impedancias**

<b>Cortocircuito trifásico F3 (Con motores)</b>	
Reactancia X [Ω]	0,0145
Resistencia R [Ω]	0,0140
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,020
Corriente de corto I''(k <sub>3_3</sub> ) [A]	12568,3

- **Cortocircuito trifásico  $I''_{k3-3}$  considerando motores:**

$$I''_{k3-3} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-3} = \frac{1,1 * 400 [V]}{\sqrt{3} * 0,020 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-3} = 12,56 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-N) considerando motores  $I''_{k1-3}$ :**

<b>Cortocircuito monofásico Fase - Neutro F3</b>			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,014	0,0145	0,020
Impedancia Z <sub>0</sub> [Ω]	0,0481	0,0224	0,053
2*Z <sub>1</sub> +Z <sub>0</sub>   [Ω]	0,076	0,052	0,092
Corriente de corto I''(k <sub>1_3</sub> ) [A]	8287,83		

$$I''_{k1-3} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-3} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,020 + 0,053}$$

$$I''_{k1-3} = 8,28 [kA]$$

- Cortocircuito monofásico (F-PE) considerando motores  $I''_{k1-3}$ :

Cortocircuito monofásico Fase – Tierra F3			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,014	0,0145	0,020
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	0,0766	0,0282	0,082
$ 2*Z_1+Z_0 $ [ $\Omega$ ]	0,105	0,057	0,119
Corriente de corto $I''(k_{1-3})$ [A]	6389,06		

$$I''_{k1-3} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-3} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,020 + 0,082}$$

$$I''_{k1-3} = 6,38 \text{ [kA]}$$

#### Falla en punto 4

Para este punto de falla, se considerarán todas las impedancias evaluadas en la Falla 2 más la correspondiente al conductor de alimentación del tablero seccional, también se incluirá la malla de motores completa a modo de simplificación conservadora, por lo tanto, el circuito de impedancias estará conformado según la

#### Ilustración 166.

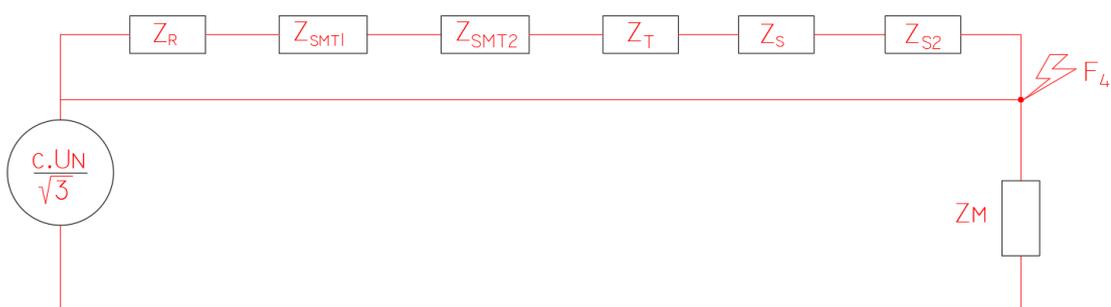


Ilustración 166. Red de impedancias en Falla 4

Al igual que la falla anterior, mediante software Excel se calculan primero las impedancias del circuito, y luego las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásica.

- Cálculo de impedancias

<b>Cortocircuito trifásico F4 (Con motores)</b>	
Reactancia X [Ω]	0,0219
Resistencia R [Ω]	0,8158
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,816
Corriente de corto I"(k <sub>3_4</sub> ) [A]	311,3

- Cortocircuito trifásico I" <sub>k3-4</sub> considerando motores:

$$I''_{k3-3} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-3} = \frac{1,1 * 400 [V]}{\sqrt{3} * 0,816 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-3} = 0,31 [kA]$$

- Cortocircuito monofásico (F-N) considerando motores I" <sub>k1-4</sub>:

<b>Cortocircuito monofásico Fase - Neutro F4</b>			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,816	0,0219	0,816
Impedancia Z <sub>0</sub> [Ω]	3,2553	0,0517	3,256
2*Z <sub>1</sub> +Z <sub>0</sub>   [Ω]	4,887	0,095	4,888
Corriente de corto I"(k <sub>1_4</sub> ) [A]	155,92		

$$I''_{k1-4} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-4} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,816 + 3,256}$$

$$I''_{k1-4} = 0,155 [kA]$$

- Cortocircuito monofásico (F-PE) considerando motores  $I''_{k1-4}$ :

Cortocircuito monofásico Fase – Tierra F4			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,816	0,0221	0,816
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	3,2514	0,0489	3,252
$ 2*Z_1+Z_0 $ [ $\Omega$ ]	4,883	0,093	4,884
Corriente de corto $I''(k\_1\_4)$ [A]	156,04		

$$I''_{k1-4} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-4} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,816 + 3,252}$$

$$I''_{k1-4} = 0,156 \text{ [kA]}$$

### Falla en punto 5

Para este punto de falla, se considerarán todas las impedancias evaluadas en la Falla 2 más la correspondiente al conductor de alimentación del tablero seccional, también se incluirá la malla de motores completa a modo de simplificación conservadora, por lo tanto, el circuito de impedancias estará conformado según la

### Ilustración 167.

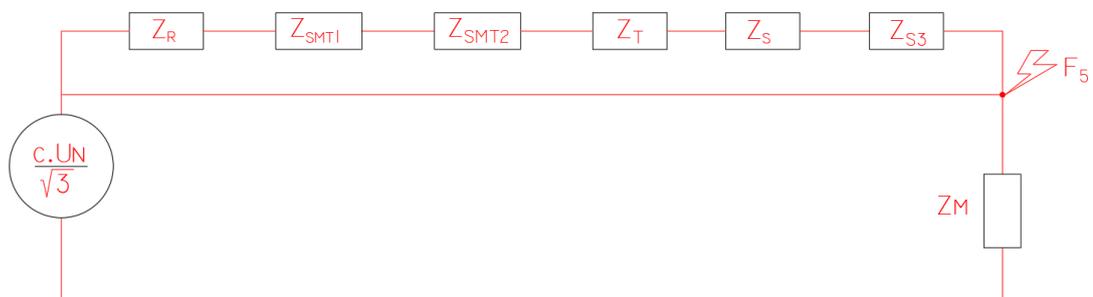


Ilustración 167. Red de impedancias en Falla 5

Al igual que la falla anterior, mediante software Excel se calculan primero las impedancias del circuito, y luego las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásicas.

- **Cálculo de impedancias**

<b>Cortocircuito trifásico F5 (Con motores)</b>	
Reactancia X [Ω]	0,0171
Resistencia R [Ω]	0,2113
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,212
Corriente de corto I''(k <sub>3_5</sub> ) [A]	1198,2

- **Cortocircuito trifásico I''<sub>k3-5</sub> considerando motores:**

$$I''_{k3-5} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-5} = \frac{1,1 * 400 [V]}{\sqrt{3} * 0,212 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-5} = 1,19 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-N) considerando motores I''<sub>k1-5</sub>:**

<b>Cortocircuito monofásico Fase - Neutro F5</b>			
	<b>Real</b>	<b>Imaginario</b>	<b>Módulo</b>
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,211	0,0171	0,212
Impedancia Z <sub>0</sub> [Ω]	0,8371	0,0317	0,838
2*Z <sub>1</sub> +Z <sub>0</sub>   [Ω]	1,260	0,066	1,261
Corriente de corto I''(k <sub>1_5</sub> ) [A]	604,12		

$$I''_{k1-5} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-5} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,212 + 0,838}$$

$$I''_{k1-5} = 0,60 [kA]$$

- Cortocircuito monofásico (F-PE) considerando motores  $I''_{k1-5}$ :

Cortocircuito monofásico Fase – Tierra F5			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,211	0,0171	0,212
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	0,8332	0,0290	0,834
$ 2*Z_1+Z_0 $ [ $\Omega$ ]	1,256	0,063	1,257
Corriente de corto $I''(k\_1\_5)$ [A]	606,05		

$$I''_{k1-5} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-5} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,212 + 0,834}$$

$$I''_{k1-5} = 0,606 \text{ [kA]}$$

### Falla en punto 6

Para este punto de falla, se considerarán todas las impedancias evaluadas en la Falla 2 más la correspondiente al conductor de alimentación del tablero seccional, también se incluirá la malla de motores completa a modo de simplificación conservadora, por lo tanto, el circuito de impedancias estará conformado según la

### Ilustración 168.

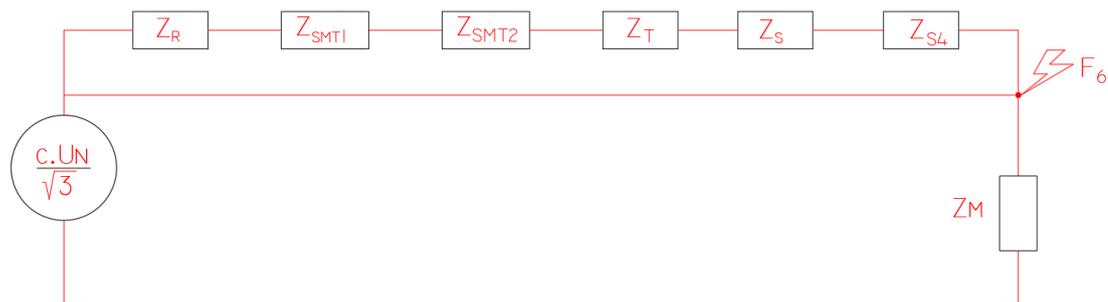


Ilustración 168. Red de impedancias en Falla 6

Al igual que la falla anterior, mediante software Excel se calculan primero las impedancias del circuito, y luego las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásicas.

- **Cálculo de impedancias**

<b>Cortocircuito trifásico F6 (Con motores)</b>	
Reactancia X [Ω]	0,0188
Resistencia R [Ω]	0,0266
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,033
Corriente de corto I"(k <sub>3_6</sub> ) [A]	7802,2

- **Cortocircuito trifásico I''<sub>k3-6</sub> considerando motores:**

$$I''_{k3-6} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-6} = \frac{1,1 * 400 [V]}{\sqrt{3} * 0,033 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-6} = 7,80 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-N) considerando motores I''<sub>k1-6</sub>:**

<b>Cortocircuito monofásico Fase - Neutro F6</b>			
	<b>Real</b>	<b>Imaginario</b>	<b>Módulo</b>
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,027	0,0188	0,033
Impedancia Z <sub>0</sub> [Ω]	0,0982	0,0385	0,105
2*Z <sub>1</sub> +Z <sub>0</sub>   [Ω]	0,151	0,076	0,169
Corriente de corto I"(k <sub>1_6</sub> ) [A]	4498,41		

$$I''_{k1-6} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-6} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,033 + 0,105}$$

$$I''_{k1-6} = 4498,41 [kA]$$

- Cortocircuito monofásico (F-PE) considerando motores  $I''_{k1-6}$ :

Cortocircuito monofásico Fase – Tierra F6			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,027	0,0188	0,033
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	0,1510	0,0454	0,158
$ 2*Z_1+Z_0 $ [ $\Omega$ ]	0,204	0,083	0,220
Corriente de corto $I''(k\_1\_6)$ [A]	3548,02		

$$I''_{k1-6} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-6} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,033 + 0,158}$$

$$I''_{k1-6} = 3,54 \text{ [kA]}$$

### Falla en punto 7

Para este punto de falla, se considerarán todas las impedancias evaluadas en la Falla 2 más la correspondiente al conductor de alimentación del tablero seccional, también se incluirá la malla de motores completa a modo de simplificación conservadora, por lo tanto, el circuito de impedancias estará conformado según la

### Ilustración 169.

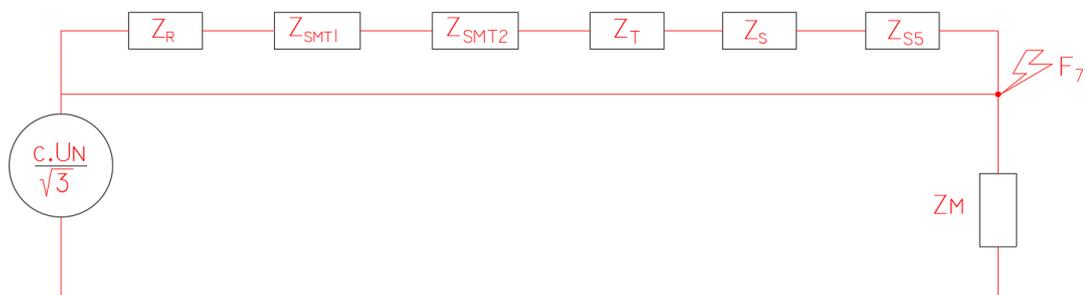


Ilustración 169. Red de impedancias en Falla 7

Al igual que la falla anterior, mediante software Excel se calculan primero las impedancias del circuito, y luego las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásica.

- **Cálculo de impedancias**

<b>Cortocircuito trifásico F7 (Con motores)</b>	
Reactancia X [ $\Omega$ ]	0,0150
Resistencia R [ $\Omega$ ]	0,0227
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,027
Corriente de corto $I''(k_{3-7})$ [A]	9329,3

- **Cortocircuito trifásico  $I''_{k3-7}$  considerando motores:**

$$I''_{k3-7} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-7} = \frac{1,1 * 400 [V]}{\sqrt{3} * 0,027 [\Omega]}$$

$$I'_{k3-7} = 9,32 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-N) considerando motores  $I''_{k1-7}$ :**

<b>Cortocircuito monofásico Fase - Neutro F7</b>			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,023	0,0150	0,027
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	0,0830	0,0241	0,086
$ 2 * Z_1 + Z_0 $ [ $\Omega$ ]	0,128	0,054	0,139
Corriente de corto $I''(k_{1-7})$ [A]	5468,64		

$$I''_{k1-7} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-7} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,027 + 0,086}$$

$$I'_{k1-7} = 5,46 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-PE) considerando motores  $I''_{k1-7}$ :**

<b>Cortocircuito monofásico Fase – Tierra F7</b>			
	<b>Real</b>	<b>Imaginario</b>	<b>Módulo</b>
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,023	0,0150	0,027
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	0,0775	0,0203	0,080
$ 2*Z_1+Z_0 $ [ $\Omega$ ]	0,123	0,050	0,133
Corriente de corto $I''(k\_1\_7)$ [A]	5735,13		

$$I''_{k1-7} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

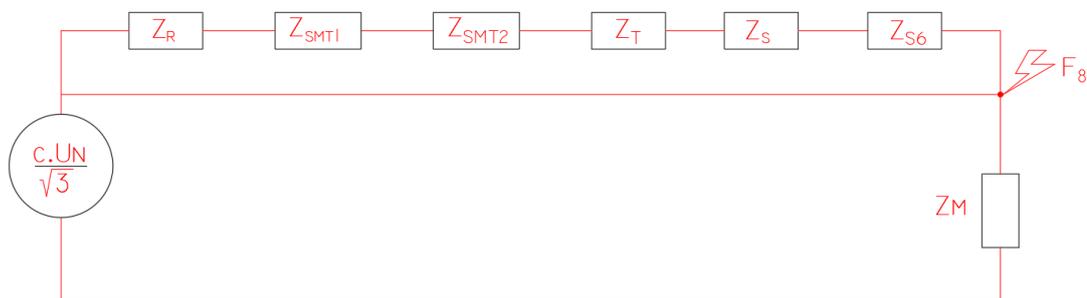
$$I''_{k1-7} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,027 + 0,080}$$

$$I''_{k1-7} = 5,73 \text{ [kA]}$$

### Falla en punto 8

Para este punto de falla, se considerarán todas las impedancias evaluadas en la Falla 2 más la correspondiente al conductor de alimentación del tablero seccional, también se incluirá la malla de motores completa a modo de simplificación conservadora, por lo tanto, el circuito de impedancias estará conformado según la

### Ilustración 170.



*Ilustración 170. Red de impedancias en Falla 8*

Al igual que la falla anterior, mediante software Excel se calculan primero las impedancias del circuito, y luego las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásicas.

- **Cálculo de impedancias**

<b>Cortocircuito trifásico F8 (Con motores)</b>	
Reactancia X [Ω]	0,0179
Resistencia R [Ω]	0,1186
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,120
Corriente de corto I"(k <sub>3_8</sub> ) [A]	2117,4

- **Cortocircuito trifásico I''<sub>k3-8</sub> considerando motores:**

$$I''_{k3-8} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-8} = \frac{1,1 * 400 [V]}{\sqrt{3} * 0,120 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-8} = 2,11 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-N) considerando motores I''<sub>k1-8</sub>:**

<b>Cortocircuito monofásico Fase - Neutro F8</b>			
	<b>Real</b>	<b>Imaginario</b>	<b>Módulo</b>
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,119	0,0179	0,120
Impedancia Z <sub>0</sub> [Ω]	0,4663	0,0351	0,468
2*Z <sub>1</sub> +Z <sub>0</sub>   [Ω]	0,704	0,071	0,707
Corriente de corto I"(k <sub>1_8</sub> ) [A]	1077,73		

$$I''_{k1-8} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-8} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,120 + 0,468}$$

$$I''_{k1-8} = 1,07 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-PE) considerando motores  $I''_{k1-8}$ :**

<b>Cortocircuito monofásico Fase – Tierra F8</b>			
	<b>Real</b>	<b>Imaginario</b>	<b>Módulo</b>
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,119	0,0179	0,120
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	0,4624	0,0323	0,464
$ 2*Z_1+Z_0 $ [ $\Omega$ ]	0,700	0,068	0,703
Corriente de corto $I''(k_1_8)$ [A]	1084,06		

$$I''_{k1-8} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

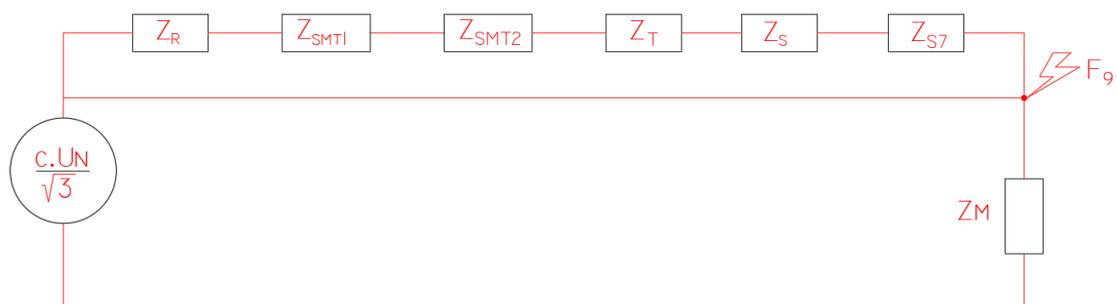
$$I''_{k1-8} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,120 + 0,464}$$

$$I''_{k1-8} = 1,08 \text{ [kA]}$$

### Falla en punto 9

Para este punto de falla, se considerarán todas las impedancias evaluadas en la Falla 2 más la correspondiente al conductor de alimentación del tablero seccional, también se incluirá la malla de motores completa a modo de simplificación conservadora, por lo tanto, el circuito de impedancias estará conformado según la

### Ilustración 171.



*Ilustración 171. Red de impedancias en Falla 9*

Al igual que la falla anterior, mediante software Excel se calculan primero las impedancias del circuito, y luego las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásicas.

- **Cálculo de impedancias**

<b>Cortocircuito trifásico F9 (Con motores)</b>	
Reactancia X [Ω]	0,0166
Resistencia R [Ω]	0,0319
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,036
Corriente de corto I''(k <sub>3_9</sub> ) [A]	7058,5

- **Cortocircuito trifásico I''<sub>k3-9</sub> considerando motores:**

$$I''_{k3-9} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-9} = \frac{1,1 * 400 [V]}{\sqrt{3} * 0,036 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-9} = 7,05 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-N) considerando motores I''<sub>k1-9</sub>:**

<b>Cortocircuito monofásico Fase - Neutro F9</b>			
	<b>Real</b>	<b>Imaginario</b>	<b>Módulo</b>
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,032	0,0166	0,036
Impedancia Z <sub>0</sub> [Ω]	0,1197	0,0306	0,124
2*Z <sub>1</sub> +Z <sub>0</sub>   [Ω]	0,184	0,064	0,194
Corriente de corto I''(k <sub>1_9</sub> ) [A]	3921,26		

$$I''_{k1-9} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-9} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,036 + 0,124}$$

$$I''_{k1-9} = 3,92 [kA]$$

- Cortocircuito monofásico (F-PE) considerando motores  $I''_{k1-9}$ :

Cortocircuito monofásico Fase – Tierra F9			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,032	0,0166	0,036
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	0,0867	0,0219	0,089
$ 2*Z_1+Z_0 $ [ $\Omega$ ]	0,151	0,055	0,160
Corriente de corto $I''(k_1-9)$ [A]	4752,54		

$$I''_{k1-9} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-9} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,036 + 0,089}$$

$$I''_{k1-9} = 4,75 \text{ [kA]}$$

### Falla en punto 10

Para este punto de falla, se considerarán todas las impedancias evaluadas en la Falla 2 más la correspondiente al conductor de alimentación del tablero seccional, también se incluirá la malla de motores completa a modo de simplificación conservadora, por lo tanto, el circuito de impedancias estará conformado según la

### Ilustración 172.

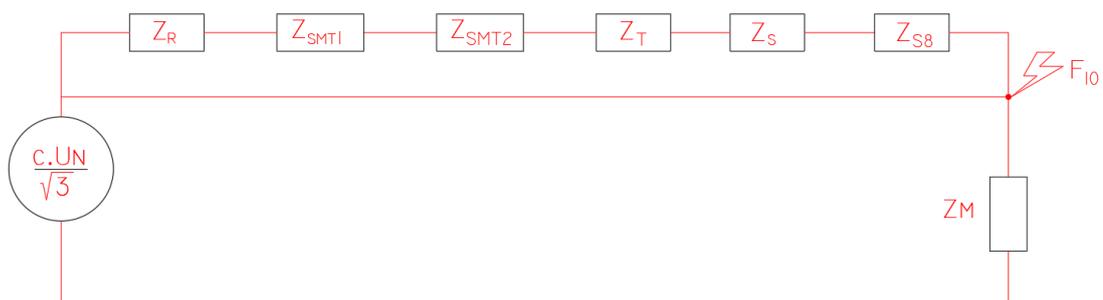


Ilustración 172. Red de impedancias en Falla 10

Al igual que la falla anterior, mediante software Excel se calculan primero las impedancias del circuito, y luego las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásicas.

- **Cálculo de impedancias**

<b>Cortocircuito trifásico F10 (Con motores)</b>	
Reactancia X [Ω]	0,0212
Resistencia R [Ω]	1,1171
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	1,117
Corriente de corto I"(k_3_10) [A]	227,4

- **Cortocircuito trifásico  $I''_{k3-10}$  considerando motores:**

$$I''_{k3-10} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-10} = \frac{1,1 * 400 [V]}{\sqrt{3} * 1,11 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-10} = 0,227 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-N) considerando motores  $I''_{k1-10}$ :**

<b>Cortocircuito monofásico Fase - Neutro F10</b>			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	1,117	0,0212	1,117
Impedancia Z <sub>0</sub> [Ω]	4,4603	0,0481	4,461
2*Z <sub>1</sub> +Z <sub>0</sub>   [Ω]	6,695	0,090	6,695
Corriente de corto I"(k_1_10) [A]	113,83		

$$I''_{k1-10} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-10} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 1,117 + 4,461}$$

$$I''_{k1-10} = 0,113 [kA]$$

- Cortocircuito monofásico (F-PE) considerando motores  $I''_{k1-10}$ :

Cortocircuito monofásico Fase – Tierra F10			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	1,117	0,0212	1,117
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	4,4564	0,0453	4,457
$ 2*Z_1+Z_0 $ [ $\Omega$ ]	6,691	0,088	6,691
Corriente de corto $I''(k_1-10)$ [A]	113,90		

$$I''_{k1-10} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-10} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 1,117 + 4,457}$$

$$I''_{k1-10} = 0,113 \text{ [kA]}$$

### Falla en punto 11

Para este punto de falla, se considerarán todas las impedancias evaluadas en la Falla 2 más la correspondiente al conductor de alimentación del tablero seccional, también se incluirá la malla de motores completa a modo de simplificación conservadora, por lo tanto, el circuito de impedancias estará conformado según la

### Ilustración 173.

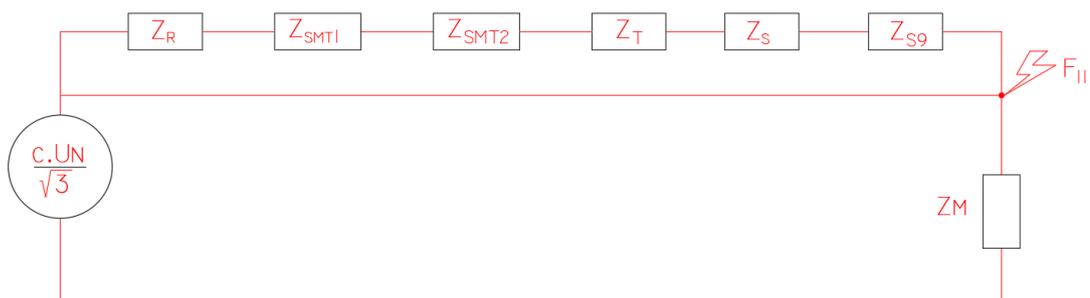


Ilustración 173. Red de impedancias en Falla 11

Al igual que la falla anterior, mediante software Excel se calculan primero las impedancias del circuito, y luego las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásicas.

- **Cálculo de impedancias**

<b>Cortocircuito trifásico F11 (Con motores)</b>	
Reactancia X [Ω]	0,0229
Resistencia R [Ω]	0,2560
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,257
Corriente de corto I"(k_3_11) [A]	988,4

- **Cortocircuito trifásico  $I''_{k3-11}$  considerando motores:**

$$I''_{k3-11} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-11} = \frac{1,1 * 400 [V]}{\sqrt{3} * 0,257 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-11} = 0,988 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-N) considerando motores  $I''_{k1-11}$ :**

<b>Cortocircuito monofásico Fase - Neutro F11</b>			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,256	0,0229	0,257
Impedancia Z <sub>0</sub> [Ω]	1,0159	0,0557	1,017
2*Z <sub>1</sub> +Z <sub>0</sub>   [Ω]	1,528	0,101	1,531
Corriente de corto I"(k_1_11) [A]	497,70		

$$I''_{k1-11} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-11} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,257 + 1,017}$$

$$I''_{k1-11} = 0,497 [kA]$$

- Cortocircuito monofásico (F-PE) considerando motores  $I''_{k1-11}$ :

Cortocircuito monofásico Fase – Tierra F11			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,256	0,0229	0,257
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	1,0120	0,0529	1,013
$ 2*Z_1+Z_0 $ [ $\Omega$ ]	1,524	0,099	1,527
Corriente de corto $I''(k_1-11)$ [A]	499,02		

$$I''_{k1-11} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-11} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,257 + 1,013}$$

$$I''_{k1-11} = 0,498 \text{ [kA]}$$

### Falla en punto 12

Para este punto de falla, se considerarán todas las impedancias evaluadas en la Falla 2 más la correspondiente al conductor de alimentación del tablero seccional, también se incluirá la malla de motores completa a modo de simplificación conservadora, por lo tanto, el circuito de impedancias estará conformado según la

### Ilustración 174.

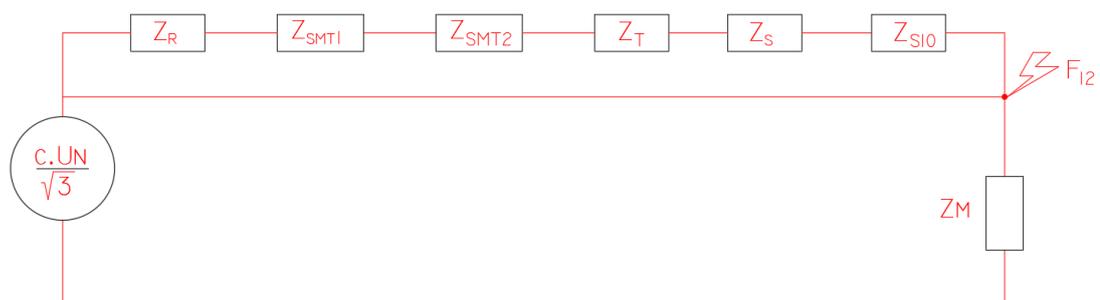


Ilustración 174. Red de impedancias en Falla 12

Al igual que la falla anterior, mediante software Excel se calculan primero las impedancias del circuito, y luego las corrientes de cortocircuito monofásicas y trifásicas.

- **Cálculo de impedancias**

<b>Cortocircuito trifásico F12 (Con motores)</b>	
Reactancia X [Ω]	0,0233
Resistencia R [Ω]	0,4268
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,427
Corriente de corto I''(k_3_12) [A]	594,4

- **Cortocircuito trifásico I''<sub>k3-12</sub> considerando motores:**

$$I''_{k3-12} = \frac{c * U_n}{\sqrt{3} * Z_1}$$

$$I''_{k3-12} = \frac{1,1 * 400 [V]}{\sqrt{3} * 0,427 [\Omega]}$$

$$I''_{k3-12} = 0,594 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-N) considerando motores I''<sub>k1-12</sub>:**

<b>Cortocircuito monofásico Fase - Neutro F12</b>			
	Real	Imaginario	Módulo
Impedancia Z <sub>1</sub> [Ω]	0,427	0,0233	0,427
Impedancia Z <sub>0</sub> [Ω]	1,6989	0,0564	1,700
2*Z <sub>1</sub> +Z <sub>0</sub>   [Ω]	2,552	0,103	2,555
Corriente de corto I''(k_1_12) [A]	298,33		

$$I''_{k1-12} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-12} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,427 + 1,700}$$

$$I''_{k1-12} = 0,298 [kA]$$

- **Cortocircuito monofásico (F-PE) considerando motores  $I''_{k1-12}$ :**

<b>Cortocircuito monofásico Fase – Tierra F12</b>			
	<b>Real</b>	<b>Imaginario</b>	<b>Módulo</b>
Impedancia $Z_1$ [ $\Omega$ ]	0,427	0,0233	0,427
Impedancia $Z_0$ [ $\Omega$ ]	1,6950	0,0537	1,696
$ 2*Z_1+Z_0 $ [ $\Omega$ ]	2,549	0,100	2,551
Corriente de corto $I''(k\_1\_12)$ [A]	298,80		

$$I''_{k1-12} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * Z_1 + Z_0}$$

$$I''_{k1-12} = \frac{\sqrt{3} * c * U_n}{2 * 0,427 + 1,696}$$

$$I''_{k1-12} = 0,298 \text{ [kA]}$$

**Tabla resumen de corrientes simétricas iniciales de cortocircuitos**

En la **Tabla 83** se presenta, a modo de resumen, todas las corrientes de cortocircuito simétricas iniciales, monofásicas y trifásicas, que se calcularon en la sección anterior.

<b>Resumen corrientes de cortocircuito</b>			
<b>Falla N.º</b>	<b>Corriente trifásica</b>	<b>Corriente monofásica fase-neutro</b>	<b>Corriente monofásica fase-tierra</b>
	$I''_{k3}$ [A]	$I''_{k1}$ [A]	$I''_{k1}$ [A]
Falla 1	9569,3	-	-
Falla 2	18123,3	15999,41	14057,76
Falla 3	12568,3	8287,83	6389,06
Falla 4	311,3	155,92	156,04
Falla 5	1198,5	604,18	606,11
Falla 6	7840,6	4505,59	3461,81
Falla 7	9329,3	5468,64	5735,13
Falla 8	2118,7	1077,92	1084,26
Falla 9	7058,5	3921,26	4752,54
Falla 10	227,4	113,83	113,90
Falla 11	988,4	497,70	499,02
Falla 12	594,4	298,34	298,81

*Tabla 83. Resumen corrientes de cortocircuito*

### 3.6.3.3 Cálculo de corrientes pico $I_p$ e interrumpida $I_b$

#### Corriente pico de cortocircuito $I_p$

Acorde a la normativa AEA 90909, se define a la corriente pico de cortocircuito  $I_p$  como el posible valor máximo instantáneo de la corriente presunta de cortocircuito. La magnitud de la corriente pico de cortocircuito varía de acuerdo con el momento en que ocurre la falla. El cálculo de la corriente pico de cortocircuito  $I_p$ , se efectúa para la fase y en el instante en el cual existe a mayor corriente de cortocircuito posible. (AEA 90909, 2004)

Para este caso se considerará que la alimentación eléctrica proviene de una red del tipo no mallada, en la cual la corriente pico  $I_p$  puede ser expresada de la siguiente manera:

$$I_p = k * \sqrt{2} * I_k$$

Donde  $k$  es un factor que depende de la relación  $R/X$  ó  $X/R$  del sistema, y puede ser obtenido de los gráficos (AEA 90909, 2004) de la **Ilustración 175**:

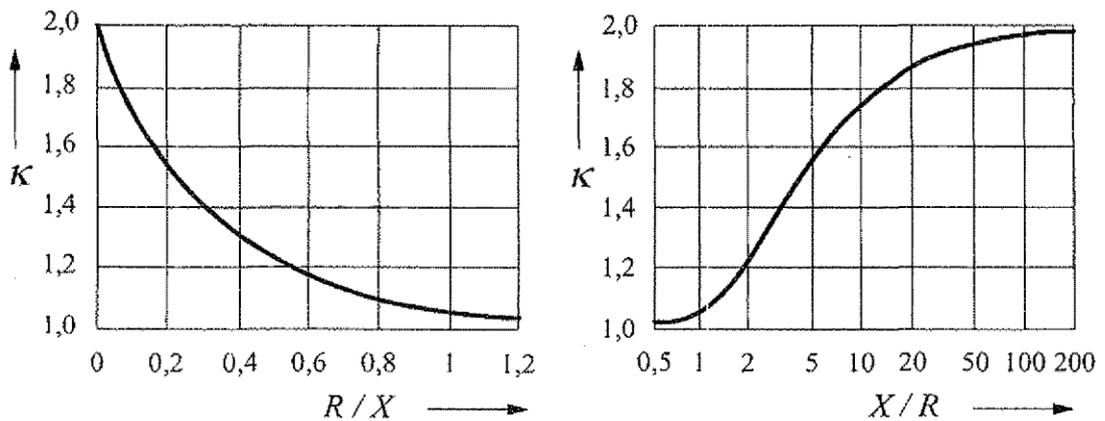


Ilustración 175. Factor  $k$  para circuitos serie en función de  $R/X$  o  $X/R$

Por otra parte, este factor  $k$  también puede ser calculado de forma analítica a través de la siguiente expresión (AEA 90909, 2004):

$$k = 1,02 + 0,98 * e^{-3 R/X}$$

Mediante software Excel, se tomaron los valores de las componentes resistivas  $R_n$  y reactivas  $X_n$  de cada impedancia equivalente en cada uno de los puntos de falla, siendo el sufijo  $n$  el número de falla en cuestión, con el fin de calcular la relación  $R/X$  necesaria para el cálculo analítico de cada factor  $k$  para cada falla. En **Tabla 84** se presenta dicho cálculo.

Falla trifásica N.º	Factor K	Monofásica N.º	Factor K	Monofásica N.º	Factor K
Trifásico F1	1,53	Fase-Neutro F1	-	Fase-PE F2	-
Trifásico F2	1,41	Fase-Neutro F2	1,34	Fase-PE F2	1,31
Trifásico F3	1,08	Fase-Neutro F3	1,03	Fase-PE F3	1,02
Trifásico F4	1,02	Fase-Neutro F4	1,02	Fase-PE F4	1,02
Trifásico F5	1,02	Fase-Neutro F5	1,02	Fase-PE F5	1,02
Trifásico F6	1,03	Fase-Neutro F6	1,02	Fase-PE F6	1,02
Trifásico F7	1,02	Fase-Neutro F7	1,02	Fase-PE F7	1,02
Trifásico F8	1,02	Fase-Neutro F8	1,02	Fase-PE F8	1,02
Trifásico F9	1,02	Fase-Neutro F9	1,02	Fase-PE F9	1,02
Trifásico F10	1,02	Fase-Neutro F10	1,02	Fase-PE F10	1,02
Trifásico F11	1,02	Fase-Neutro F11	1,02	Fase-PE F11	1,02
Trifásico F12	1,02	Fase-Neutro F12	1,02	Fase-PE F12	1,02

*Tabla 84. Cálculo de factor  $k$*

Obtenidos los valores de  $k$  tomados de **Tabla 84**, y considerando las corrientes de cortocircuito inicial de **Tabla 83**, mediante la expresión de la corriente  $I_p$  se calculan los valores de esta a través de software Excel en **Tabla 85**.

Falla N.º	Resumen corrientes pico de cortocircuito					
	Corriente trifásica	Valor pico de cortocircuito	Corriente monofásica fase-neutro	Valor pico de cortocircuito	Corriente monofásica fase-tierra	Valor pico de cortocircuito
	$I''_{k3}$ [A]	$I_p$ [A]	$I''_{k1}$ [A]	$I_p$ [A]	$I''_{k1}$ [A]	$I_p$ [A]
Falla 1	9569,3	20738,22	-	-	-	-
Falla 2	17841,3	36208,76	15853,10	30407,89	13945,32	26058,70
Falla 3	12453,3	19094,41	8259,60	12091,46	6373,93	9253,07
Falla 4	311,2	449,00	155,91	224,91	156,04	225,09
Falla 5	1198,2	1728,84	604,12	871,52	606,05	874,31
Falla 6	7802,2	11458,65	4498,41	6514,71	3458,02	4996,52
Falla 7	6965,4	13592,88	3842,82	7894,57	3931,86	8278,00
Falla 8	2117,4	3056,20	1077,73	1554,89	1084,06	1564,04
Falla 9	5463,6	10212,37	2932,37	5657,39	2983,39	6857,33
Falla 10	227,4	327,98	113,83	164,20	113,90	164,30
Falla 11	988,2	1425,82	497,66	717,93	498,98	719,83
Falla 12	594,4	857,46	298,33	430,36	298,80	431,03

Tabla 85. Resumen corrientes pico de cortocircuito

### Corriente de cortocircuito simétrica interrumpida $I_b$

Acorde a la normativa AEA 90909, se define a la corriente de cortocircuito simétrica interrumpida  $I_b$  como el valor eficaz de un ciclo completo de la componente alterna simétrica de una corriente presunta de cortocircuito, en el instante de la separación del contacto del primer polo en abrir de un dispositivo de maniobra. (AEA 90909, 2004).

Esta corriente se calcula con el objetivo de determinar el poder de corte de los interruptores automáticos que protegerán la red.

En nuestro caso, al tratarse de fallas consideradas alejadas del generador, la normativa establece que las corrientes de ruptura de cortocircuito son iguales a las corrientes iniciales de falla, es decir,  $I_b = I''_k$ . (AEA 90909, 2004).

En apartados posteriores se utilizarán entonces, los valores de corrientes de cortocircuito iniciales (Tabla 83) para verificar el poder de corte de los aparatos de maniobra seleccionados.

### 3.6.4 Selección de protecciones

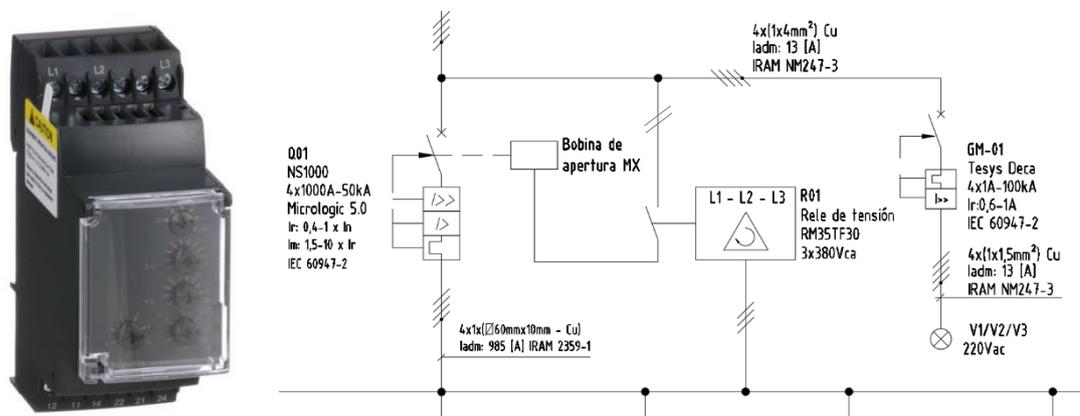
Para la selección de protecciones a colocar en la instalación, se debe distinguir concretamente que es lo que se busca proteger, y ante que anomalías se lo desea proteger. En primer lugar, se busca proteger a las *personas*, y luego a la *instalación*. En ese orden, los tipo de fallos que se pueden dar son los siguientes:

- **Falla por un contacto directo:** Accidente que se produce al tocar directamente un cable o punto con tensión.
- **Falla por un contacto indirecto:** Accidente que se produce al tocar un punto que en condiciones normales de funcionamiento no debería tener tensión, pero debido a un fallo se encuentra bajo tensión.
- **Falla debido a una subtensión o sobretensión ( $V >$  o  $V <$ ):** Evento que se produce cuando por algún motivo la tensión de alimentación en un determinado punto de la instalación varía por encima o por debajo de la tensión nominal de diseño, lo cual puede provocar daños a la misma.
- **Falla debido a una sobre corriente ( $I >$ ) (sobrecarga):** Evento que se produce cuando por algún motivo una carga está consumiendo más corriente que su nominal de diseño.
- **Falla debido a una sobre corriente muy elevada ( $I >>$ ) (cortocircuito):** Evento que se produce cuando por algún motivo un cable activo (Fase R, S o T) cierra un lazo de muy baja impedancia con respecto a conductor de neutro, de PE, de otra fase, o de todas las fases, provocando circulaciones de corriente muy elevadas, escaladas en función de la potencia de cortocircuito de la red aguas arriba del punto de falla.

Las dos primeras fallas se pueden dar cuando se daña o perfora la aislación de algún elemento eléctrico de la instalación, esto puede provocar daños en la integridad

de las personas que entran en contacto con estos elementos defectuosos. Para proteger a las personas de este tipo de fallas, se debe utilizar protección diferencial, o bien, diseñar una correcta instalación de puesta a tierra, en nuestro caso se optará por la segunda opción, cuyo desarrollo se explicará en el punto **3.6.5**.

En lo que respecta a las fallas por elevada o reducida tensión, el método de protección sencillo que puede utilizarse es un relé de secuencia y falta de fase, asimetría y sub/sobre tensión, que ante la detección de alguna de estas anomalías, enviará a quitar de servicio al interruptor principal a través de su bobina de apertura. La selección de este tipo de relés se hace a teniendo como dato el tipo de alimentación de la red (si es trifásica o monofásica) y los umbrales de esta. En este caso se trata de una red 3x380Vca, por lo tanto, se selecciona el relé RM35TF30 de la marca Schneider. En la **Ilustración 176** se muestra este relé y su diagrama de cableado.



**Ilustración 176.** Relé de tensión de la red

En lo que refiere a las fallas de sobrecarga y cortocircuito, acorde a los apuntes de la cátedra **Redes de distribución e instalaciones eléctricas**, se debe diferenciar entre protección contra corrientes de sobrecarga (I>) y protección contra corrientes de cortocircuito (I>>).

Por definición, una sobreintensidad de corriente ( $I >$ ) implica la existencia de una falla que se mantiene un tiempo prolongado, por ejemplo, un consumo excesivo de corriente debido a una falla mecánica, o la falta de una fase en un motor. Mientras más alta es la sobreintensidad, más rápido se alcanza la temperatura límite en la protección y una disminución del tiempo de apertura. (Su límite máximo es 10 veces la  $I_n$ ). En estas condiciones, la protección actúa en un tiempo relativamente lento (en el orden de los segundos), dependiendo el seteo que tengas las protecciones térmicas.

Por otra parte, una corriente de cortocircuito ( $I >>$ ), se manifiesta en una falla directa o una pérdida irreversible de aislación, que origina una corriente muy intensa, varias veces la nominal (por encima de 10 veces la  $I_n$ ). Por ende, la protección, debe actuar muy rápido para evitar la destrucción del equipo protegido o los conductores (actualmente las protecciones más rápidas, actúan a partir de los 2 milisegundos).

Con este planteo, debemos considerar cual será la protección adecuada para ambas sollicitaciones. Básicamente las sobreintensidades, se protegen con relevos térmicos y las corrientes de cortocircuito con fusibles, protecciones magnéticas y electrónicas. Sin embargo, pueden funcionar separadas o juntas dependiendo de la instalación en estudio, tal es el ejemplo de las protecciones termomagnéticas, o bien los interruptores automáticos de caja moldeada.

### **Selectividad de protecciones**

La selectividad es una práctica que se debe tener bien clara cuando se hace el proyecto y diseño de las protecciones en una instalación. Es importante considerar que, ante la posibilidad de una eventual falla en la instalación, es necesario proyectar distintas líneas de alimentación, para evitar poner fuera de servicio toda la instalación debido a una falla en una línea secundaria (por ejemplo, iluminación).

Ante este escenario, solo debe actuar la protección más cercana a la falla, porque si no hay selectividad, puede actuar cualquier interruptor aguas arriba o desconectarse toda la instalación.

## **Diseño de TGBT**

En la sección **3.5.2.1** se presenta un resumen preliminar de los aparatos de protección y maniobra que estarán instalados en el TGBT.

En el presente apartado se verificará que toda la aparamenta preseleccionada cumpla con las necesidades de la instalación, en donde los criterios a cumplir son:

- **Protección térmica de la instalación:** dado que ya están definidas las cargas a alimentar y los respectivos conductores, se debe verificar que la protección en cada caso permita el paso de la corriente nominal de la carga ( $I_n$ ), y ante una sobrecarga de, por ejemplo, 5 veces la nominal ( $I = 5 \times I_n$ ) durante un determinado tiempo, actúe la parte térmica de la protección antes de dañar la integridad de los conductores, máquinas o aparatos de la instalación (cuya corriente admisible es conocida).
- **Protección magnética de la instalación:** se tomará en cuenta el mismo criterio que el ítem anterior, con la diferencia que, como se explicó al inicio de este apartado, dada la naturaleza de este tipo de fallas, se presentan sobreintensidades muy elevadas que deben ser despejadas en tiempos de actuación muy rápidos (al orden de los milisegundos).

Para lograr que todos los interruptores preseleccionados en el TGBT tengan selectividad entre ellos, se procedió a regular los umbrales térmicos y magnéticos de cada uno de los interruptores acorde a las características de la carga y de la instalación.

En **Tabla 86** se presenta un resumen de los seteos de cada protección, en donde se puede observar la corriente nominal de la carga, la corriente admisible del conductor que une la carga con su respectivo interruptor, los umbrales térmicos y magnéticos regulados en cada caso, y el respectivo tiempo de actuación para la parte magnética.

Tag Protección	Carga que alimenta	$I_{NOMINAL}$ de carga [A]	$I_{ADMISIBLE}$ del cable [A]	$I_{CC}$ máxima [A]	Protección térmica Umbral [A]	Protección magnética Umbral [A]	Tiempo de actuación [s]
Q01	TGBT	528	720	18123	600	6000	0,100
Q02	TS1	95,5	100,1	12568	100	1250	0,010
TM01	TS2	11,4	20,02	311,3	32	128	0,010
Q03	TS3	24,0	27,3	1198,5	28,8	400	0,024
Q04	TS4	134,6	154,70	7840,6	144	3107	0,018
Q05	TS5	66,0	80,08	9329,3	80	640	0,010
Q06	TS6	39,2	47,32	2118,7	50,4	500	0,020
Q07	TS7	99,5	100,1	7058,5	100	1250	0,010
GM02	TS8	1,8	14,56	227,4	4	78	0,070
TM02	TS9	34,4	47,32	988,4	100	400	0,010
TM03	TS10	21,4	33,67	594,4	64	256	0,010

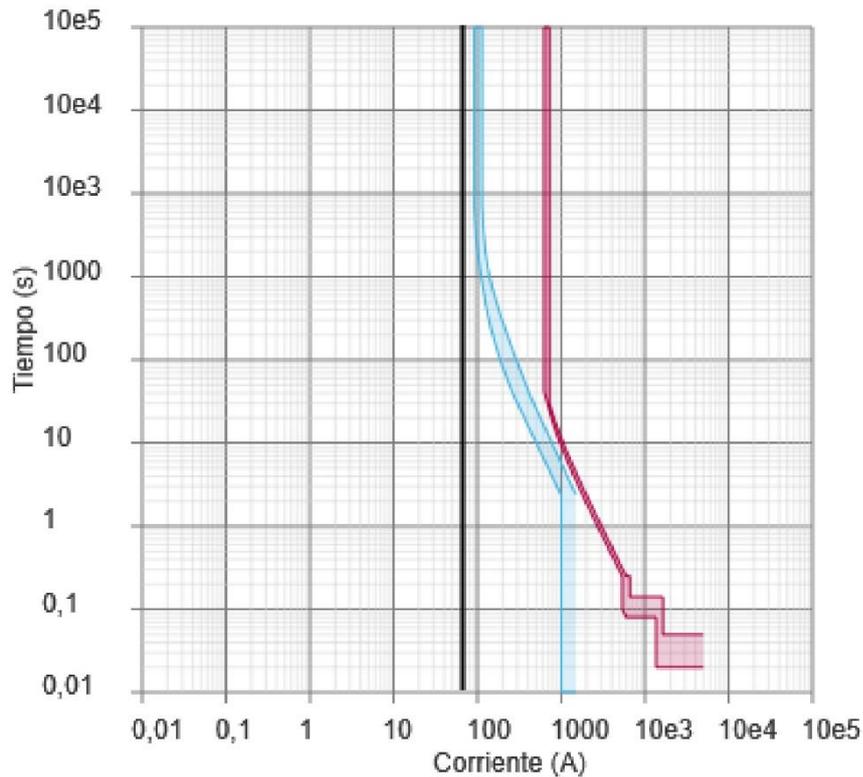
*Tabla 86. Resumen seteo de protecciones*

Como se puede observar en la **Tabla 86**, los umbrales magnéticos están seteados tal que, ante una sobreintensidad por cortocircuito (en este caso se consideraron las  $I_{CC}$  máximas), actúen inicialmente las protecciones de los tableros seccionales antes que la protección general.

En lo que respecta a las sobrintensidades de larga duración, desde la **Ilustración 177** hasta la **Ilustración 186** se presentan las curvas de disparo de cada una de las protecciones de los tableros seccionales, contrastadas respecto al interruptor general Q01.

**Q02 : CVS160B - TM-D - 125 A**  
**Q01 : NS1000N - Micrologic 5.0 - 1000 A**

Estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



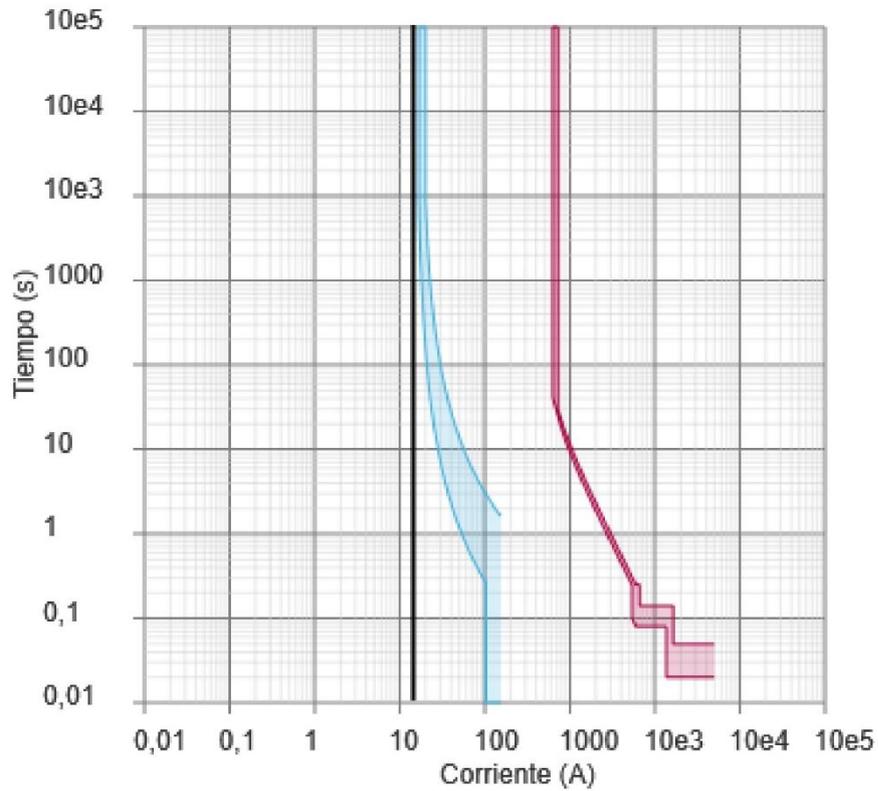
— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush  
 — Ib 63A                      — Ik3Máx 16,66 kA                      — Ik1mín 7,07 kA                      — Iefmín 5,61 kA

	Q02	Q01
Gama	EasyPact CVS	ComPacT NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	CVS160B	NS1000N
Disyuntor / fusible del circuito	160	1000
Unidad de disparo	TM-D	Micrologic 5.0
Viaje de los aparatos	125	1000
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
I <sub>r</sub> (A)	87,5	600 (ajuste : 0,6)
T <sub>r</sub> (s)	0	0,5
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
I <sub>sd</sub> (A)	1250	6000 (ajuste : 10)
T <sub>sd</sub> (s)	0	0,1
<b>disparo instantáneo</b>		
I <sub>i</sub> (A)	OFF	15000 (ajuste : 15)

*Ilustración 177. Selectividad Q01-Q02*

**TM01 : iC60L - C - 16 A**  
**Q01 : NS1000N - Micrologic 5.0 - 1000 A**

Estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

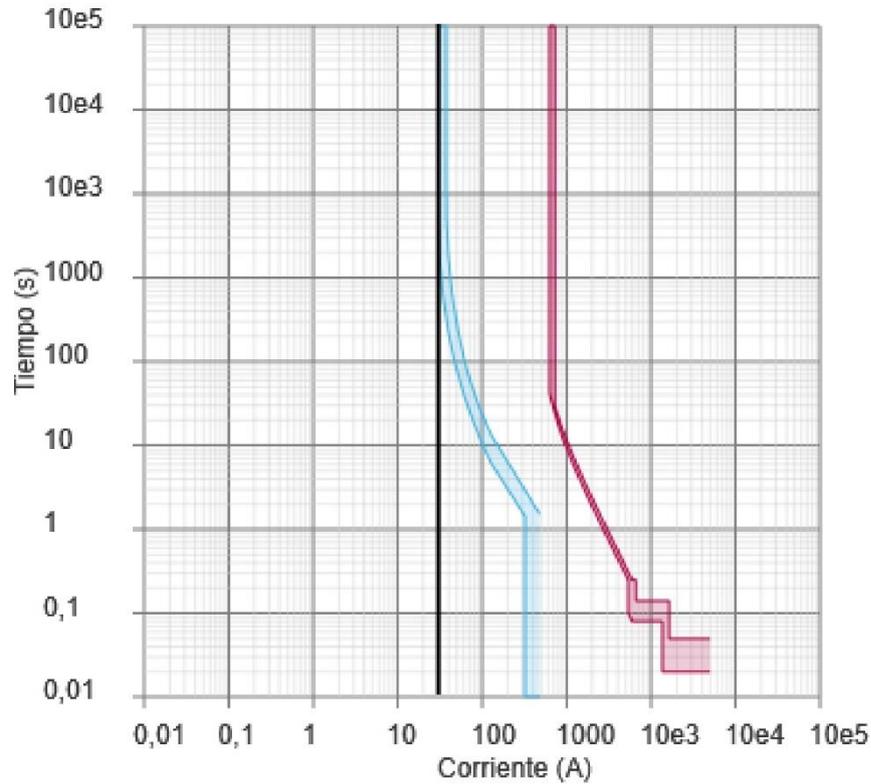
— Ib 13A    — Ik3Máx 16,66 kA    — Ik1mín 0,14 kA    — Iefmin 0,18 kA

	TM01	Q01
Gama	Acti9 iC60	ComPacT NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	iC60L	NS1000N
Disyuntor / fusible del circuito	16	1000
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.0
Viaje de los aparatos	16	1000
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
I <sub>r</sub> (A)	16	600 (ajuste : 0,6)
T <sub>r</sub> (s)	0	0,5
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
I <sub>sd</sub> (A)	128	6000 (ajuste : 10)
T <sub>sd</sub> (s)	0	0,1
<b>disparo instantáneo</b>		
I <sub>i</sub> (A)	OFF	15000 (ajuste : 15)

Ilustración 178. Selectividad Q01-TM01

**Q03 : CVS100B - TM-D - 32 A**  
**Q01 : NS1000N - Micrologic 5.0 - 1000 A**

Estado de la selectividad: **Selectividad total**



— Transformador / Curva de utilidad — curva daños — curva inrush

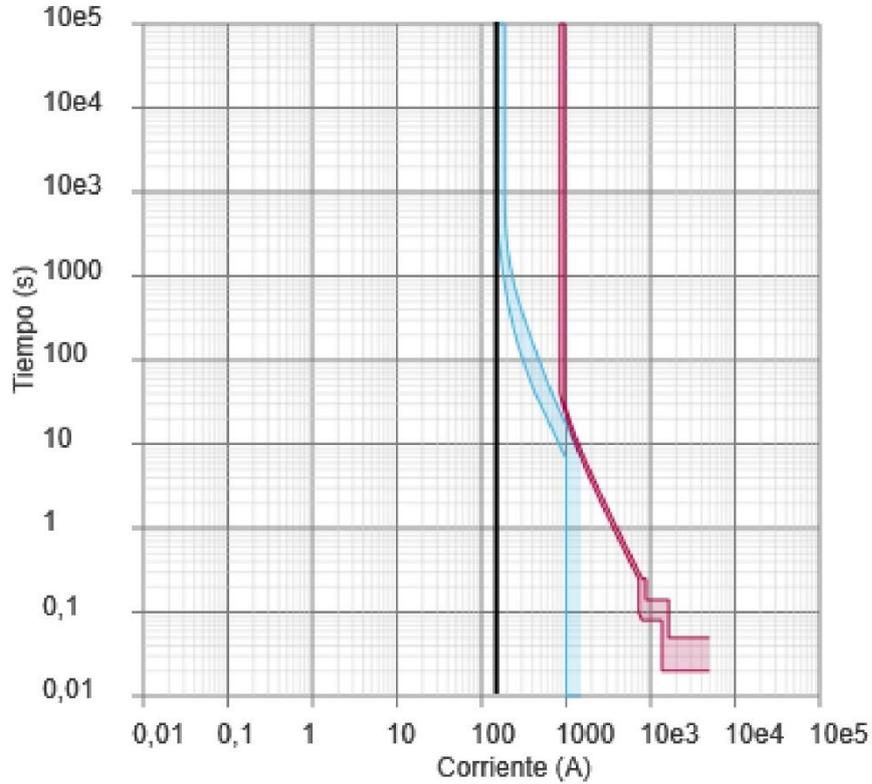
— Ib 28A — Ik3Máx 16,66 kA — Ik1mín 0,56 kA — Iefmin 0,56 kA

	Q03	Q01
Gama	EasyPact CVS	ComPacT NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	CVS100B	NS1000N
Disyuntor / fusible del circuito	100	1000
Unidad de disparo	TM-D	Micrologic 5.0
Viaje de los aparatos	32	1000
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	28,8	600 (ajuste : 0,6)
Tr (s)	0	0,5
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
Isd (A)	400	6000 (ajuste : 10)
Tsd (s)	0	0,1
<b>disparo instantáneo</b>		
Ii (A)	OFF	15000 (ajuste : 15)

*Ilustración 179. Selectividad Q01-Q03*

**Q04 : CVS160B - TM-D - 160 A**  
**Q01 : NS1000N - Micrologic 5.0 - 1000 A**

Estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



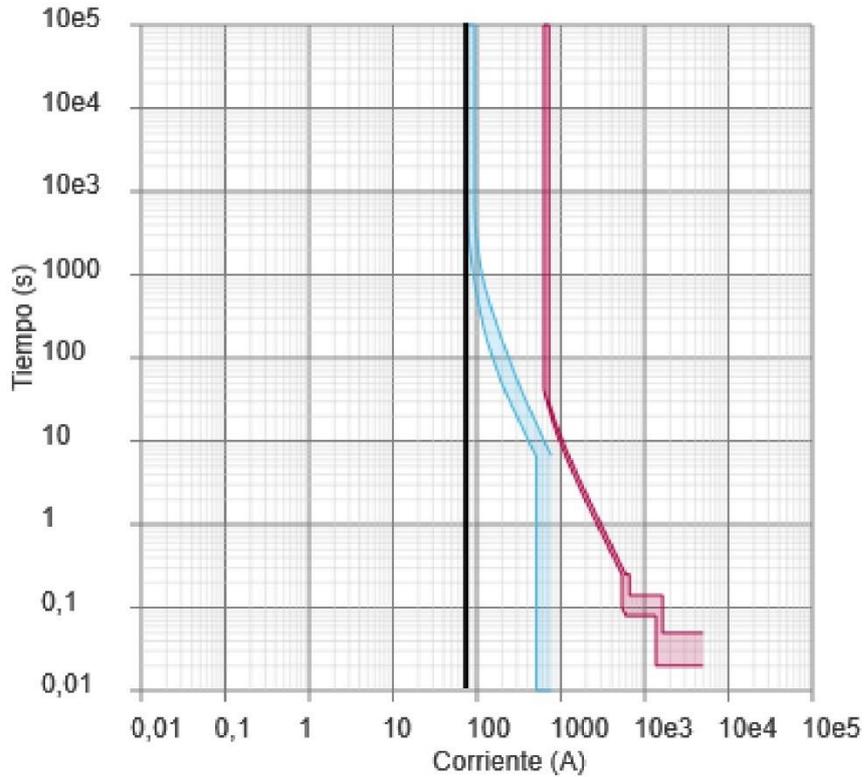
— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush  
 — Ib 140A    — Ik3Máx 16,66 kA    — Ik1mín 3,84 kA    — Iefmin 2,89 kA

	Q04	Q01
Gama	EasyPact CVS	ComPacT NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	CVS160B	NS1000N
Disyuntor / fusible del circuito	160	1000
Unidad de disparo	TM-D	Micrologic 5.0
Viaje de los aparatos	160	1000
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	144	600 (ajuste : 0,6)
Tr (s)	0	0,5
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
Isd (A)	1250	6000 (ajuste : 10)
Tsd (s)	0	0,1
<b>disparo instantáneo</b>		
Ii (A)	OFF	15000 (ajuste : 15)

*Ilustración 180. Selectividad Q01-Q04*

**Q05 : CVS100B - TM-D - 80 A**  
**Q01 : NS1000N - Micrologic 5.0 - 1000 A**

Estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



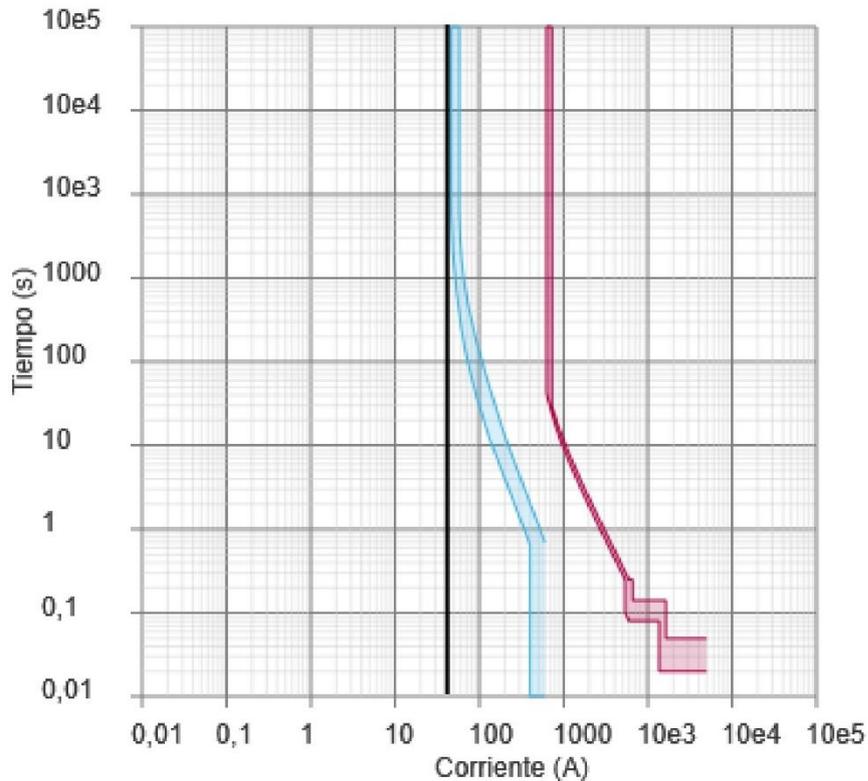
— Transformador / Curva de utilidad — curva daños — curva inrush  
 — Ib 69A — Ik3Máx 16,66 kA — Ik1mín 5,99 kA — Iefmín 4,52 kA

	Q05	Q01
Gama	EasyPact CVS	ComPact NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	CVS100B	NS1000N
Disyuntor / fusible del circuito	100	1000
Unidad de disparo	TM-D	Micrologic 5.0
Viaje de los aparatos	80	1000
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	72	600 (ajuste : 0,6)
Tr (s)	0	0,5
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
Isd (A)	640	6000 (ajuste : 10)
Tsd (s)	0	0,1
<b>disparo instantáneo</b>		
Ii (A)	OFF	15000 (ajuste : 15)

Ilustración 181. Selectividad Q01-Q05

**Q06 : CVS100B - TM-D - 63 A**  
**Q01 : NS1000N - Micrologic 5.0 - 1000 A**

Estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



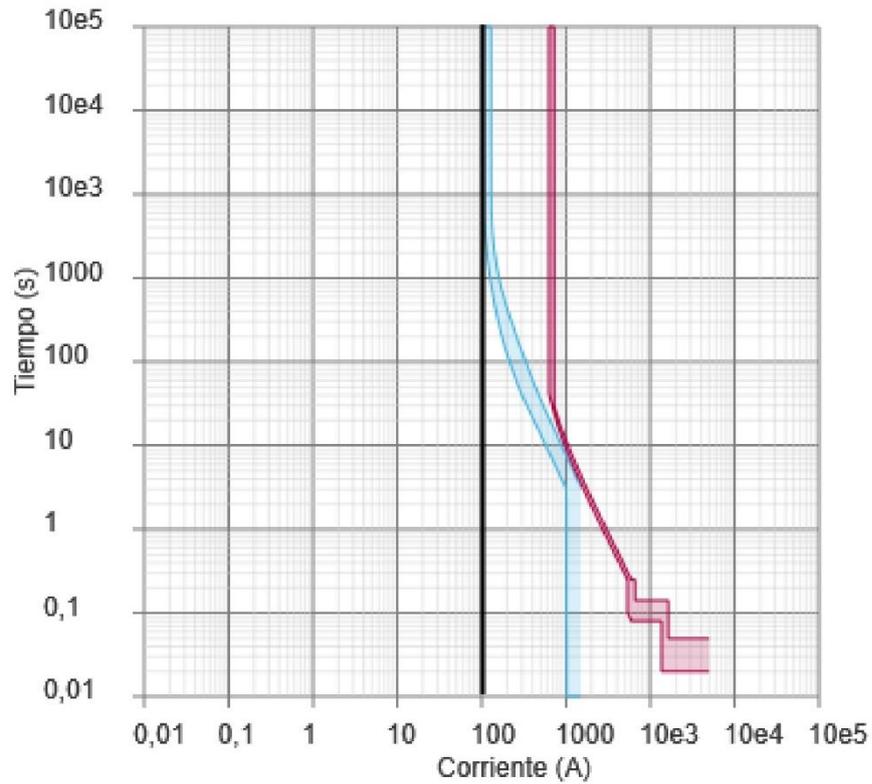
- \_\_\_ Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush
- Ib    — Ik3Máx                      — Ik1mín                      — Iefmin
- 39A    16,67 kA                      6,71 kA                      7,00 kA

	Q06	Q01
Gama	EasyPact CVS	ComPacT NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	CVS100B	NS1000N
Disyuntor / fusible del circuito	100	1000
Unidad de disparo	TM-D	Micrologic 5.0
Viaje de los aparatos	63	1000
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
I <sub>r</sub> (A)	44,1	600 (ajuste : 0,6)
T <sub>r</sub> (s)	0	0,5
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
I <sub>sd</sub> (A)	500	6000 (ajuste : 10)
T <sub>sd</sub> (s)	0	0,1
<b>disparo instantáneo</b>		
I <sub>i</sub> (A)	OFF	15000 (ajuste : 15)

*Ilustración 182. Selectividad Q01-Q06*

**Q07 : CVS160B - TM-D - 125 A**  
**Q01 : NS1000N - Micrologic 5.0 - 1000 A**

Estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



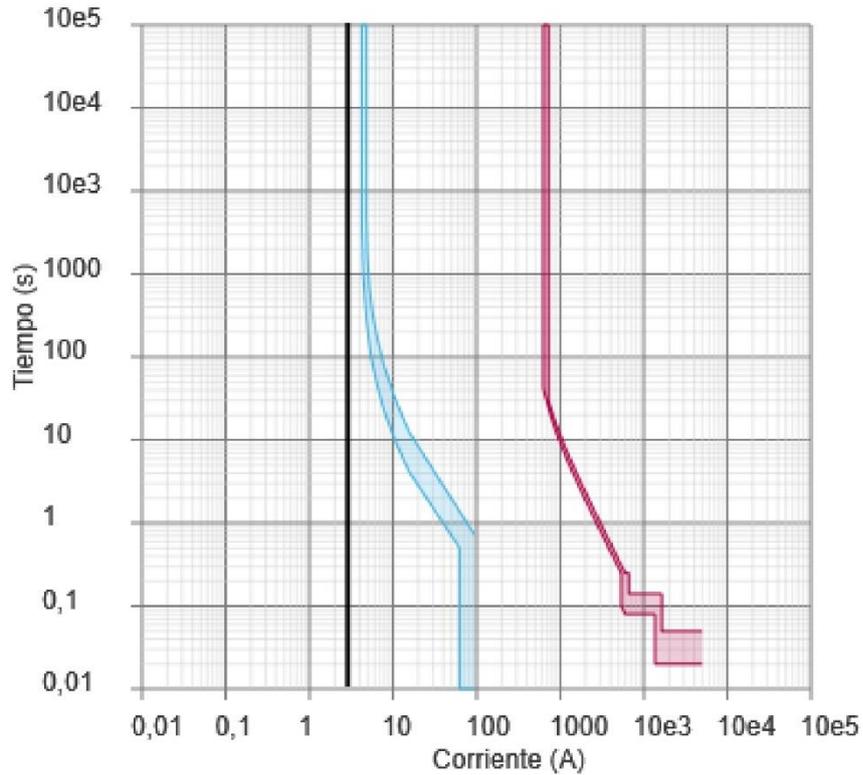
Transformador / Curva de utilidad   
  curva daños   
  curva inrush  
 Ib 97A   
  Ik3Máx 16,66 kA   
  Ik1mín 3,47 kA   
  Iefmin 2,39 kA

	Q07	Q01
Gama	EasyPact CVS	ComPacT NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	CVS160B	NS1000N
Disyuntor / fusible del circuito	160	1000
Unidad de disparo	TM-D	Micrologic 5.0
Viaje de los aparatos	125	1000
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	100	600 (ajuste : 0,6)
Tr (s)	0	0,5
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
Isd (A)	1250	6000 (ajuste : 10)
Tsd (s)	0	0,1
<b>disparo instantáneo</b>		
Ii (A)	OFF	15000 (ajuste : 15)

*Ilustración 183. Selectividad Q01-Q07*

**GM02 : GV2ME - ME10 - 6,3 A**  
**Q01 : NS1000N - Micrologic 5.0 - 1000 A**

estado de la selectividad: **Selectividad total**



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

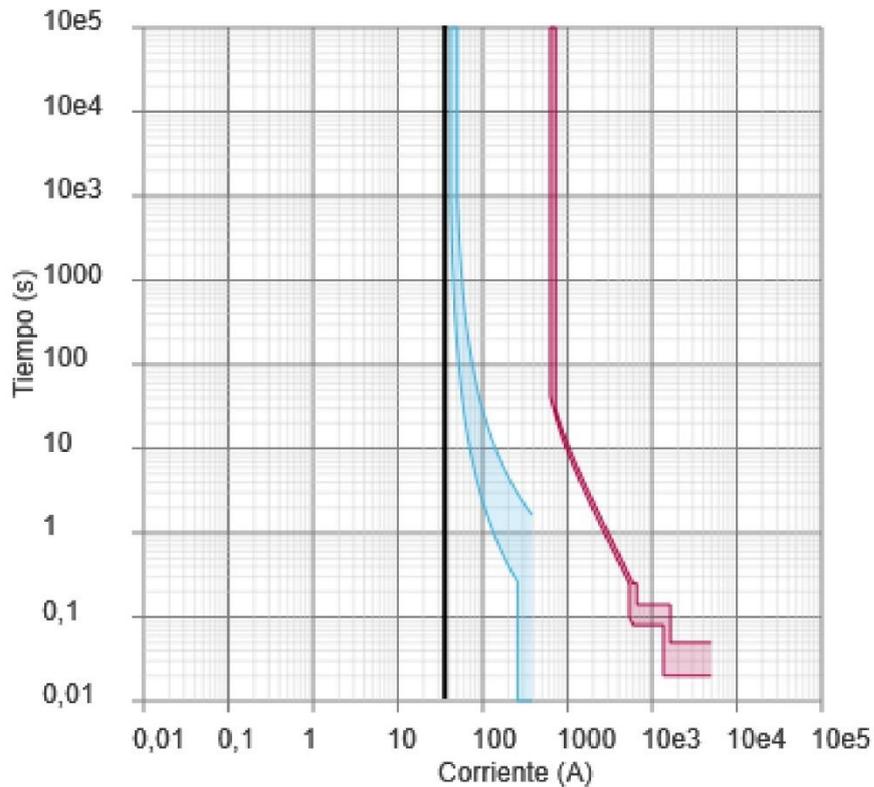
— Ib 2A    — Ik3Máx 16,67 kA    — Ik2mín 0,18 kA    — Iefmín 0,15 kA

	GM02	Q01
Gama	TeSys GV2	ComPacT NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	GV2ME	NS1000N
Disyuntor / fusible del circuito	6,3	1000
Unidad de disparo	ME10	Micrologic 5.0
Viaje de los aparatos	6,3	1000
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	4	600 (ajuste : 0,6)
Tr (s)	0	0,5
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
Isd (A)	78	6000 (ajuste : 10)
Tsd (s)	0	0,1
<b>disparo instantáneo</b>		
Ii (A)	OFF	15000 (ajuste : 15)

*Ilustración 184. Selectividad Q01-GM02*

**TM02 : iC60L - C - 40 A**  
**Q01 : NS1000N - Micrologic 5.0 - 1000 A**

Estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



— Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush

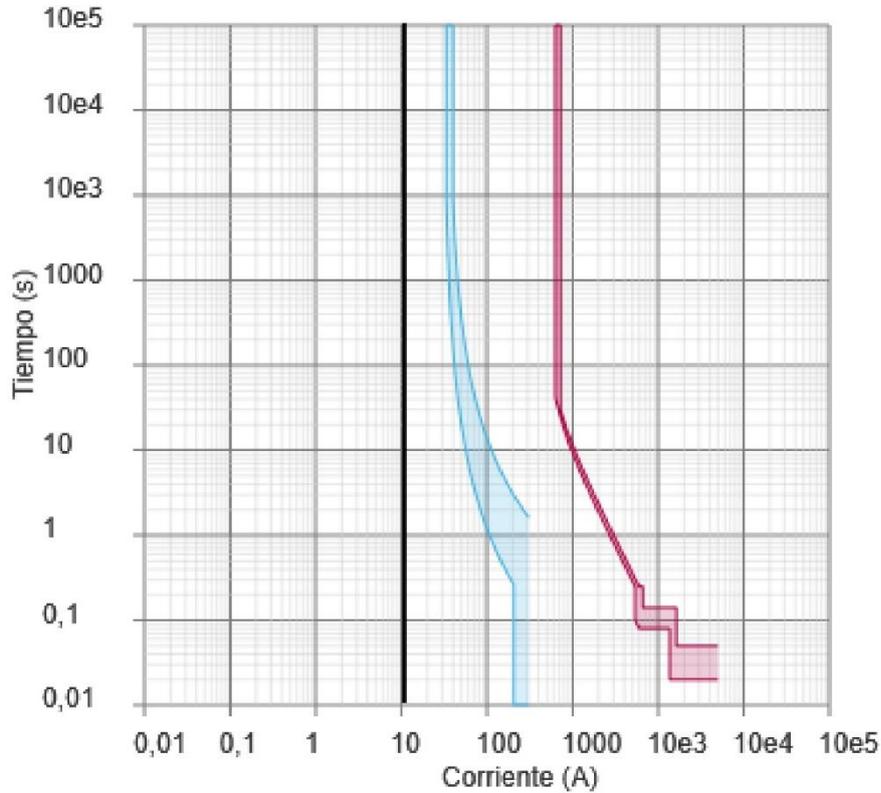
— Ib 33A    — Ik3Máx 16,67 kA    — Ik1mín 0,44 kA    — Iefmín 0,44 kA

	TM02	Q01
Gama	Acti9 iC60	ComPacT NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	iC60L	NS1000N
Disyuntor / fusible del circuito	40	1000
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.0
Viaje de los aparatos	40	1000
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	40	600 (ajuste : 0,6)
Tr (s)	0	0,5
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
Isd (A)	320	6000 (ajuste : 10)
Tsd (s)	0	0,1
<b>disparo instantáneo</b>		
Ii (A)	OFF	15000 (ajuste : 15)

*Ilustración 185. Selectividad Q01-TM02*

**TM03 : iC60L - C - 32 A**  
**Q01 : NS1000N - Micrologic 5.0 - 1000 A**

Estado de la selectividad: [Selectividad total](#)



\_\_\_ Transformador / Curva de utilidad    — curva daños    — curva inrush  
 — Ib                                      — Ik3Máx                                      — Ik1mín                                      — Iefmin  
 10A                                      16,67 kA                                      0,27 kA                                      0,28 kA

	TM03	Q01
Gama	Acti9 iC60	ComPacT NS630b-3200
Tecnología Designación / fusible	iC60L	NS1000N
Disyuntor / fusible del circuito	32	1000
Unidad de disparo	C	Micrologic 5.0
Viaje de los aparatos	32	1000
<b>Ajustes de retardo largo</b>		
Ir (A)	32	600 (ajuste : 0,6)
Tr (s)	0	0,5
<b>Ajustes de retardo corto</b>		
I <sub>sd</sub> (A)	256	6000 (ajuste : 10)
T <sub>sd</sub> (s)	0	0,1
<b>disparo instantáneo</b>		
I <sub>i</sub> (A)	OFF	15000 (ajuste : 15)

*Ilustración 186. Selectividad Q01-TM03*

Se puede observar que en ninguno de los casos se solapan las curvas del interruptor principal con las curvas de los interruptores seccionales, con lo cual la selectividad entre protecciones está correctamente diseñada.

### 3.6.4.1 Verificación de conductores por cortocircuito

Definidas todas las protecciones, sus umbrales magnéticos y tiempos de despeje para fallas magnéticas, se deberá verificar las secciones mínimas de cada tramo de conductor en función de las corrientes máximas admisibles de corta duración (Corrientes de cortocircuitos).

Del catálogo de Prysmian para conductores eléctricos se extrae la expresión que relaciona lo mencionado anteriormente y se presenta a continuación:

$$S_n \geq \frac{I_{ccn} \times \sqrt{t_n}}{k}$$

Donde:

$S_n$  = Sección mínima del conductor [ $mm^2$ ]

$I_{ccn}$  = Corriente máxima de cortocircuito [ $A$ ]

$t_n$  = Tiempo de despeje de la falla por parte del interruptor [ $s$ ]

$k$  = Constante que depende de la naturaleza del conductor (Cu o Al) y del tipo de aislamiento. En nuestro caso, el factor  $k = 115$  considerando que todos los conductores empleados son de cobre con aislamiento en PVC.

Considerando los tiempos de actuación de las protecciones, las secciones de conductores adoptadas del apartado 3.6.2, y teniendo en cuenta las corrientes de cortocircuito calculadas en el apartado 3.6.3, en **Tabla 87** se calculan mediante el software Excel las secciones mínimas de los conductores según el criterio de verificación por cortocircuito.

<b>Verificación de sección de conductores por cortocircuito</b>				
Tramo	Tiempo de accionamiento de protección $t$ [s]	Sección mínima por cortocircuito [mm <sup>2</sup> ]	Sección adoptada [mm <sup>2</sup> ]	¿Verifica?
S	0,20	70,48	360	SI
S <sub>1</sub>	0,01	10,93	35	SI
S <sub>2</sub>	0,01	0,27	2,5	SI
S <sub>3</sub>	0,02	1,47	4	SI
S <sub>4</sub>	0,02	9,64	70	SI
S <sub>5</sub>	0,01	8,11	25	SI
S <sub>6</sub>	0,02	2,61	10	SI
S <sub>7</sub>	0,01	6,14	35	SI
S <sub>8</sub>	0,07	0,52	1,5	SI
S <sub>9</sub>	0,01	0,86	10	SI
S <sub>10</sub>	0,01	0,52	6	SI
S <sub>PE</sub>	0,20	54,67	185	SI
S <sub>PE1</sub>	0,01	5,56	16	SI
S <sub>PE2</sub>	0,01	0,14	2,5	SI
S <sub>PE3</sub>	0,02	0,75	4	SI
S <sub>PE4</sub>	0,02	4,26	35	SI
S <sub>PE5</sub>	0,01	4,99	16	SI
S <sub>PE6</sub>	0,02	1,33	10	SI
S <sub>PE7</sub>	0,01	4,13	16	SI
S <sub>PE8</sub>	0,07	0,26	1,5	SI
S <sub>PE9</sub>	0,01	0,43	10	SI
S <sub>PE10</sub>	0,01	0,26	6	SI

*Tabla 87. Verificación de conductores por cortocircuito*

Se puede concluir que todas las secciones de conductores calculadas resistirán las corrientes de cortocircuitos respectivas hasta que se accione su protección correspondiente. Sin embargo, una buena práctica es verificar que pasaría en caso de que alguna de las protecciones falle y no pueda despejar el cortocircuito asociado, en este caso la protección que debería actuar es la inmediata aguas arriba.

Para representar este escenario en términos numéricos, suponemos que el tiempo de actuación  $t$  [s] será el de la protección general Q01, el cual es de  $t = 0.1$  [s] para todos los casos. Los resultados se pueden ver en la **Tabla 88**.

<b>Verificación de sección de conductores por cortocircuito</b>				
Tramo	Tiempo de accionamiento de protección t [s]	Sección mínima por cortocircuito [mm <sup>2</sup> ]	Sección adoptada [mm <sup>2</sup> ]	¿Verifica?
S	0,10	49,84	360	SI
S <sub>1</sub>	0,10	34,56	35	SI
S <sub>2</sub>	0,10	0,86	2,5	SI
S <sub>3</sub>	0,10	3,30	4	SI
S <sub>4</sub>	0,10	21,56	70	SI
S <sub>5</sub>	0,10	25,65	25	NO
S <sub>6</sub>	0,10	5,83	10	SI
S <sub>7</sub>	0,10	19,41	35	SI
S <sub>8</sub>	0,10	0,63	1,5	SI
S <sub>9</sub>	0,10	2,72	10	SI
S <sub>10</sub>	0,10	1,63	6	SI
S <sub>PE</sub>	0,10	38,66	185	SI
S <sub>PE1</sub>	0,10	17,57	16	NO
S <sub>PE2</sub>	0,10	0,43	2,5	SI
S <sub>PE3</sub>	0,10	1,67	4	SI
S <sub>PE4</sub>	0,10	9,52	35	SI
S <sub>PE5</sub>	0,10	15,77	16	SI
S <sub>PE6</sub>	0,10	2,98	10	SI
S <sub>PE7</sub>	0,10	13,07	16	SI
S <sub>PE8</sub>	0,10	0,31	1,5	SI
S <sub>PE9</sub>	0,10	1,37	10	SI
S <sub>PE10</sub>	0,10	0,82	6	SI

*Tabla 88. Verificación de conductores por cortocircuito extremo*

Observando los resultados de la **Tabla 88**, se puede ver que la sección de fase y neutro S<sub>5</sub> y la sección de PE<sub>1</sub> no verifican ante este escenario extremo. Con lo cual, para dar una mayor seguridad y robustez a la instalación, se rediseñan estas secciones a la inmediata comercial correspondiente.

En **Tabla 89** se presenta un resumen final de sección de conductores adoptada, la cual reemplaza a las secciones adoptadas en **Tabla 76** y **Tabla 77**.

<b>Resumen - Selección de cables</b>				
<b>Tramo</b>	<b>Sección según criterio de cálculo</b>			<b>Sección final adoptada [mm<sup>2</sup>]</b>
	<b>Por caída de tensión [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Por corriente admisible corregida [mm<sup>2</sup>]</b>	<b>Por cortocircuito [mm<sup>2</sup>]</b>	
S	95	360	360	360
S <sub>1</sub>	2,44	35	35	35
S <sub>2</sub>	1,65	2,5	2,5	2,5
S <sub>3</sub>	1,43	4	4	4
S <sub>4</sub>	16,70	70	70	70
S <sub>5</sub>	2,25	25	35	35
S <sub>6</sub>	6,04	10	10	10
S <sub>7</sub>	5,02	35	35	35
S <sub>8</sub>	0,21	1,5	1,5	1,5
S <sub>9</sub>	6,49	2,5	10	10
S <sub>10</sub>	3,92	6	6	6
S <sub>PE</sub>	-	-	185	185
S <sub>PE1</sub>	-	-	25	25
S <sub>PE2</sub>	-	-	2,5	2,5
S <sub>PE3</sub>	-	-	4	4
S <sub>PE4</sub>	-	-	35	35
S <sub>PE5</sub>	-	-	16	16
S <sub>PE6</sub>	-	-	10	10
S <sub>PE7</sub>	-	-	16	16
S <sub>PE8</sub>	-	-	1,5	1,5
S <sub>PE9</sub>	-	-	10	10
S <sub>PE10</sub>	-	-	6	6

Tabla 89. Resumen final de sección de conductores

### 3.6.5 Puesta a tierra

La puesta a tierra en instalaciones industriales la podemos definir como la conexión directa de las partes metálicas de una instalación eléctrica a uno o varios electrodos enterrados en el suelo, mediante conductores de secciones adecuadas. Este sistema tiene como objetivo principal evitar diferencias de potencia peligrosas y permitir el paso seguro de corrientes de defecto y descargas atmosféricas a tierra.

Un sistema de puesta a tierra bien diseñado y ejecutado, en conjunto de interruptores diferenciales de alta sensibilidad, logran garantizar la seguridad de las personas. La puesta a tierra limita la tensión que puede surgir en un momento dado

entre las masas metálicas y la tierra, asegurando una rápida actuación de los dispositivos de protección, de manera que se pueda minimizar el riesgo a las fallas asociadas a los equipos y materiales eléctricos.

Dicho sistema tiene como objetivo los siguientes puntos:

- Seguridad de las personas: Asegura que las masas metálicas expuestas no presenten tensiones peligrosas en casos de fallos en la instalación, protegiendo a las personas de descargas eléctricas.
- Integridad del sistema eléctrico: Asegura la continuidad de la operación del sistema eléctrico, minimizando interrupciones y averías
- Protección de equipos: Protege a los equipos eléctricos y electrónicos sensibles contra daños causados por sobrevoltajes transitorios.

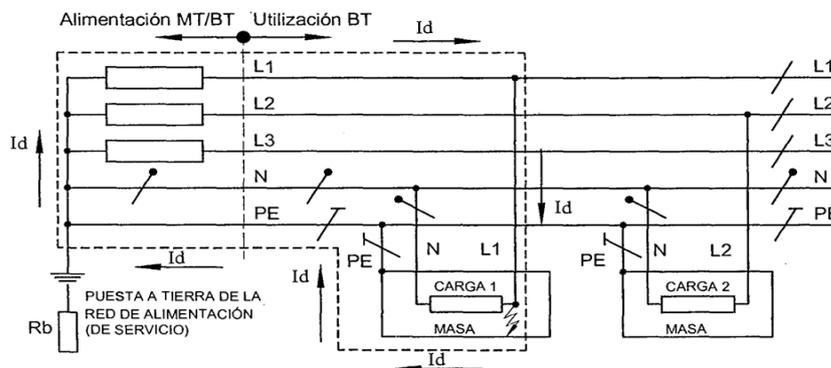
Los componentes que podemos encontrar en un sistema de puesta a tierra son los siguientes:

- Toma de tierra: Grupo de conductores o conductor que se encuentra en contacto con tierra y proporciona una conexión a la misma.
- Tierra: Masa conductora de tierra, cuyo potencial eléctrico en cada punto que se toma por convenio igual a cero.
- Electrodo de tierra eléctricamente independientes: Electrodo de tierra separados entre si una distancia tal que la corriente máxima probable que pueda fluir en ellos no afecte al potencial de los demás.
- Resistencia de la toma de tierra: La resistencia de contacto que existe entre una toma de tierra con la tierra.
- Conductor de tierra: Conducto de protección que conecta el terminal principal de conexión a tierra de una instalación a una toma de tierra.

- Masa: Parte conductora de los equipos que se puede tonar y que no se encuentra en tensión, pero en caso de falla puede estarlo.
- Conductor de conexión: Conductor que proporciona una conexión equipotencial.
- Terminal principal de conexión a tierra: Barra que se utiliza para conectar al medio de conexión a tierra con la conexión de los conductores de protección.

Al momento de realizar la puesta a tierra, existen diversos esquemas normalizados. Todos los métodos de conexión a tierra de una instalación se aplican aguas abajo del devanado secundario del transformador y determinan la forma en las que las partes conductoras se conectan a tierra. La elección del método adecuado es crucial, ya que influyen en las medidas necesarias para proporcionar protección contra riegos de contactos indirectos.

Para nuestro caso, se utilizará el esquema TN-S, el cual es un sistema de cinco conductores, en donde el neutro y la puesta a tierra son independientes pero conectados al a puesta a tierra de la alimentación, en nuestro caso al centro estrella del transformador. Este tipo de esquema solo se utiliza en instalaciones en donde el usuario recibe en media o alta tensión, ya que se posee un centro de transformación de MT/BT.



*Ilustración 187. Esquema de puesta a tierra TN-S*

Donde:

$I_D$  = Intensidad de corriente de falla

$R_b$  = Resistencia de la puesta a tierra de servicio

$PE$  = Conductor de protección de la instalación consumidora dentro de la fábrica, el mismo se conecta a la puesta a tierra de alimentación del transformador.

Las características que presenta este esquema son las siguientes:

- Requiere la instalación de electrodos de tierra a intervalos regulares en toda la instalación.
- Pueden utilizarse conductores flexibles y pequeños
- Debido a la separación entre el neutro y el conductor de protección, proporciona un PE limpio.
- En caso de defecto, se utiliza protecciones contra sobrecorrientes (Interruptor automático o fusibles).

Para comenzar con el cálculo del esquema TN-S partimos de que cualquier defecto franco fase-masa que se produzca corresponde a una intensidad de cortocircuito, generando que la tensión de defecto sea peligrosa. Observando el siguiente ejemplo, se aprecia que la corriente de defecto  $I_d$  estará limitada por la impedancia del circuito de defecto.

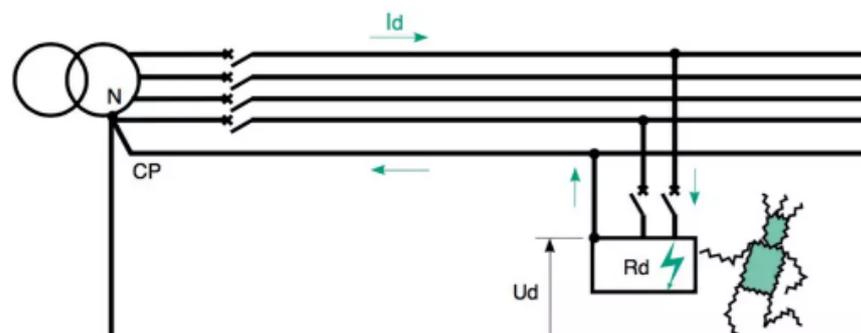


Ilustración 188. Falla fase-PE

Por lo tanto, la corriente de defecto será igual a:

$$I_D = \frac{U_0}{Z_S}$$

Y considerando que se debe cumplir con la condición de que se produzca el funcionamiento instantáneo de la protección de los interruptores por sobreintensidad ( $I \gg$ ), la intensidad de corriente de falla  $I_d$  debe ser mayor a la  $I_a$ , obteniendo la siguiente expresión:

$$I_D = \frac{0.8 * U_0}{Z_c} = \frac{U_0}{Z_s} \geq I_a$$

$$Z_s = Z_0 + Z_L + Z_{PE}$$

Donde:

$I_a$  = Corriente de activación de la protección magnética.

$U_0$  = Tensión fase-tierra

$Z_s$  = Impedancia de fuga de defecto a tierra, en la cual intervienen la fuente, el conductor activo hasta el punto de defecto y por último, el conductor de protección hasta el punto de la fuente.

$Z_0$  = Impedancia de la fuente de alimentación.

$Z_L$  = Impedancia del conductor de línea de la fuente hasta el punto de defecto.

$Z_{PE}$  = Impedancia del conductor de protección entre el punto de defecto y la fuente.

$Z_c$  = Impedancia de fuga del circuito de defecto.

Además, debemos calcular la longitud máxima del conductor para asegurar la protección la cual se obtiene de la siguiente manera:

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{0.8 * U_0 * s}{2 * \rho * I_a}$$

Donde:

$S$  = Sección del conductor en mm<sup>2</sup> (sección del PE y fase iguales).

$\rho$  = Resistividad del conductor

En caso de que no coincidan la sección del conductor de fase y el PE, se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$L_{m\acute{a}x} = \frac{0.8 * U_0 * S_f}{\left(1 + \frac{S_f}{S_{CP}}\right) * \rho * I_a}$$

Y si no se cumpla con la longitud máxima, se pueden realizar las siguientes acciones

- Aumentar la sección del PE
- Instalar una protección diferencial
- Disminuir la corriente de activación instantánea de la protección de sobrecorriente.

Teniendo en cuenta todo lo mencionando anteriormente podemos comenzar a diseñar la instalación de puesta a tierra, para ello comenzamos determinando el tiempo máximo con el cual debe actuar la protección, teniendo en cuenta la tensión fase-neutro y la tensión de contacto límite (el Decreto reglamentario N° 351/79 de la Ley de higiene y seguridad del trabajo N°19587 establece que “en los ambientes secos y húmedos se considerara como tensión de seguridad los valores hasta 24 V respecto a tierra” (NACIONAL, 1979) a partir de la siguiente tabla:

Tabla 771.18.I – Tiempos máximos de desconexión para la protección contra contacto indirecto por corte automático de la alimentación en circuitos terminales

Esquema	$50 V < U_0 \leq 120 V$		$120 V < U_0 \leq 230 V$		$230 V < U_0 \leq 400 V$	
	ca	cc	ca	cc	ca	cc
TN	0,4 s		0,2 s	5 s	0,06 s	0,2 s
TT	0,2 s	a)	0,06 s	0,2 s	0,01 s	0,02 s
IT	Ver 771.3.3.3 y 771-H.5					

a) La desconexión puede ser requerida por razones distintas a la de la protección contra los choques eléctricos.

### Ilustración 189. Tiempos máximos de desconexión

Considerando el diagrama planteado en el cálculo de cortocircuito, las impedancias del transformador y conductores, plantearemos las fallas de aislación en el TGBT y TS1, verificaremos:

- Que se cumpla con el tiempo máximo de activación de la protección magnética.
- La longitud máxima del conductor
- La tensión de contacto.
- Duración máxima de la tensión de contacto.

#### 3.6.5.1 Tablero TGBT

La protección que se adoptó para el tablero TGBT es un interruptor automático NS1000N 4x1000A Micrologic 5.0, el cual configuramos el retardo de la protección de larga duración en  $I_r = 0.6 \times I_n$  (600[A]), la protección instantánea en  $10 \times I_r$  (6000[A]) y el retardo de la protección de corto plazo la configuramos en ON 0.1 s. Partiendo de dichas consideraciones utilizaremos las curvas de la gráfica de la unidad de disparo Micrologic 5.0 del interruptor principal del TGBT para determinar el tiempo en el que actuara la protección magnética:

## Protección largo retardo, corto retardo e instantáneo Micrologic 5.0

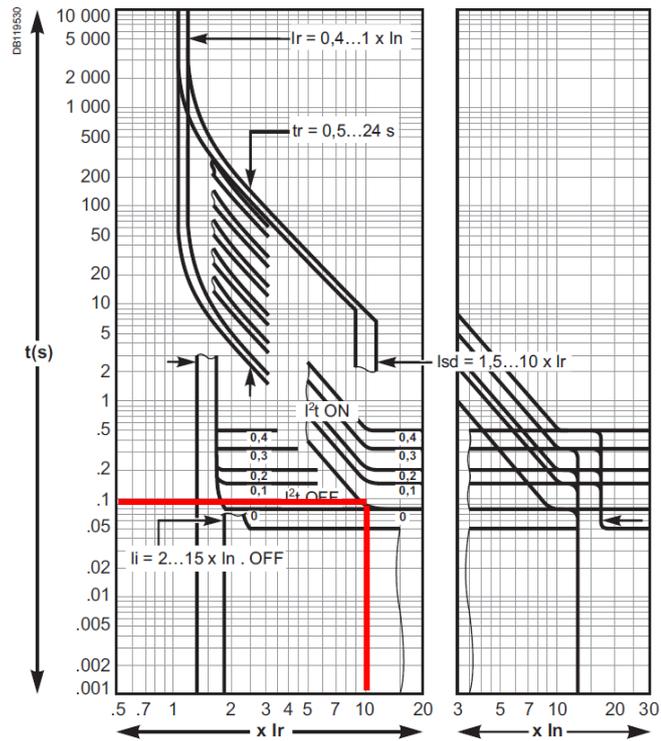


Ilustración 190. Curva de protección Micrologic 5.0

Observando la gráfica el tiempo en el que actuará la protección instantánea como máximo será:

$$t_a = 100[ms]$$

Luego procedemos a calcular la impedancia de defecto, en la cual se tuvo en cuenta la impedancia del transformador, del conductor de fase desde la fuente al tablero y del conductor de PE a la fuente:

Impedancia de falla		
Reactancia de fase	$X_L$	0,001 $[\Omega]$
Resistencia de fase	$R_L$	0,001 $[\Omega]$
Reactancia de PE	$X_{PE}$	0,0028 $[\Omega]$
Resistencia PE	$R_{PE}$	0,0026 $[\Omega]$
Reactancia del trans.	$X_0$	0,0149 $[\Omega]$
Resistencia del trans.	$R_0$	0,0031 $[\Omega]$
Impedancia de falla	$Z_s$	0,0199 $[\Omega]$

Con la impedancia de falla determinada, calculamos la corriente de falla monofásica fase-PE:

Corriente de defecto		
$I_d$	11607,61	[A]

A partir de la corriente de defecto procedemos a calcular la tensión de contacto para verificar si se cumple con la duración máxima de la tensión de contacto:

$$U_C = Z_{PE} * I_d$$

Tensión de contacto		
$U_c$	44,02	[V]

Con la tensión de contacto y la gráfica de la duración máxima de la tensión de contacto (AEA-90364-7, 2006) determinamos el tiempo máximo de despeje:

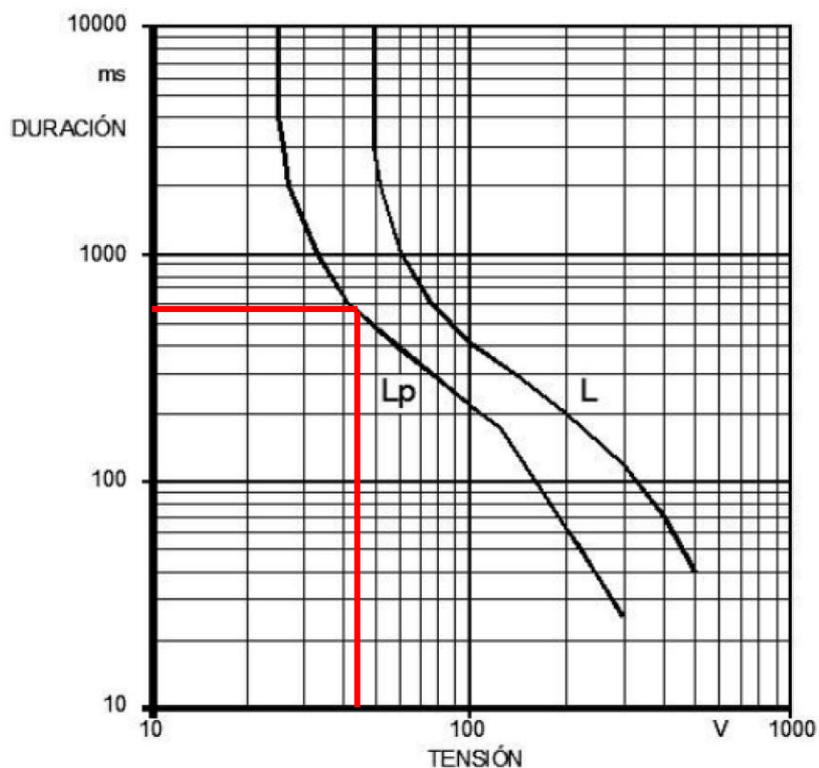


Figura 41.J Duración máxima de la tensión de contacto presunta-AEA 90364-  
*Ilustración 191. Duración máxima de tensión de contacto*

Como podemos observar el tiempo de despeje máximo es de aproximadamente de 580 [ms], por lo tanto, la protección contra el contacto indirecto es la acorde ya que la protección actuara a un tiempo menor.

Por último, determinamos la longitud máxima del conductor teniendo en cuenta que la sección del conductor de fase y el PE son distintas, que la corriente de actuación de la protección magnética es 6000[A] y la tensión fase-tierra es de 230[V], considerando esto la longitud es:

Longitud máxima		
$L_{max}$	214,5	[m]

La longitud del conductor es de 20 [m] por lo tanto verifica a la longitud máxima.

### 3.6.5.2 Tablero TS1

Procedemos a realizar los mismos pasos realizado en el TGBT, considerando la impedancia de los conductores de fase y puesta a tierra del transformador al TS1. La protección que se adoptó para el tablero TS1 es un interruptor automático CVS160 4x160A TMD 125, el cual configuramos el retardo de la protección de larga duración en  $I_r = 0.8 \times I_n$  (100[A]), la protección instantánea es fija (1250[A]) y el retardo de la protección de corto plazo no es regulable.

Comenzamos calculando la impedancia de defecto considerando las impedancias del transformador, conductor desde la fuente al punto de defecto y el cable de puesta a tierra desde el punto de defecto a la fuente:

Impedancia de falla TS1		
Reactancia de fase S	$X_L$	0,001 [ $\Omega$ ]
Resistencia de fase S	$R_L$	0,001 [ $\Omega$ ]
Reactancia de fase S <sub>1</sub>	$X_{S1}$	0,0011 [ $\Omega$ ]
Resistencia de fase S <sub>1</sub>	$R_{S1}$	0,010 [ $\Omega$ ]
Reactancia de PE	$X_{PE}$	0,0028 [ $\Omega$ ]
Resistencia PE	$R_{PE}$	0,0026 [ $\Omega$ ]
Reactancia de PE <sub>1</sub>	$X_{PE1}$	0,0012 [ $\Omega$ ]
Resistencia PE <sub>1</sub>	$R_{PE1}$	0,018 [ $\Omega$ ]
Reactancia del trans.	$X_0$	0,0149 [ $\Omega$ ]
Resistencia del trans.	$R_0$	0,0031 [ $\Omega$ ]
Impedancia de falla	$Z_S$	0,041 [ $\Omega$ ]
Impedancia de PE	$Z_{PE}$	0,021 [ $\Omega$ ]

Con la impedancia de falla determinada, calculamos la corriente de falla monofásica fase-PE:

Corriente de defecto		
$I_d$	5647,67	[A]

Con la corriente de defecto y la de la regulación de la protección térmica ( $I_d/I_r=56.5$ ) se obtiene el tiempo de accionamiento de la protección magnética del interruptor a partir de la gráfica de la curva del TMD125:

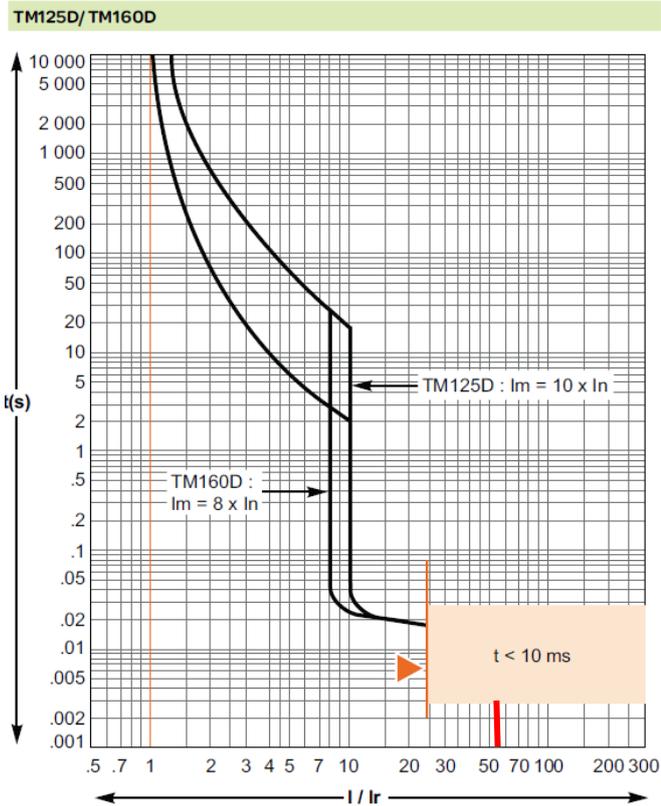


Ilustración 192. Curva protección TM125D/160D

Observando la gráfica el tiempo en el que actuará la protección instantánea como máximo será:

$$t_a < 10[ms]$$

A partir de la corriente de defecto procedemos a calcular la tensión de contacto para verificar si se cumple con la duración máxima de la tensión de contacto:

Tensión de contacto	
$U_c$	119,21 [V]

Con la tensión de contacto y la gráfica de la duración máxima de la tensión de contacto determinamos el tiempo máximo de despeje:

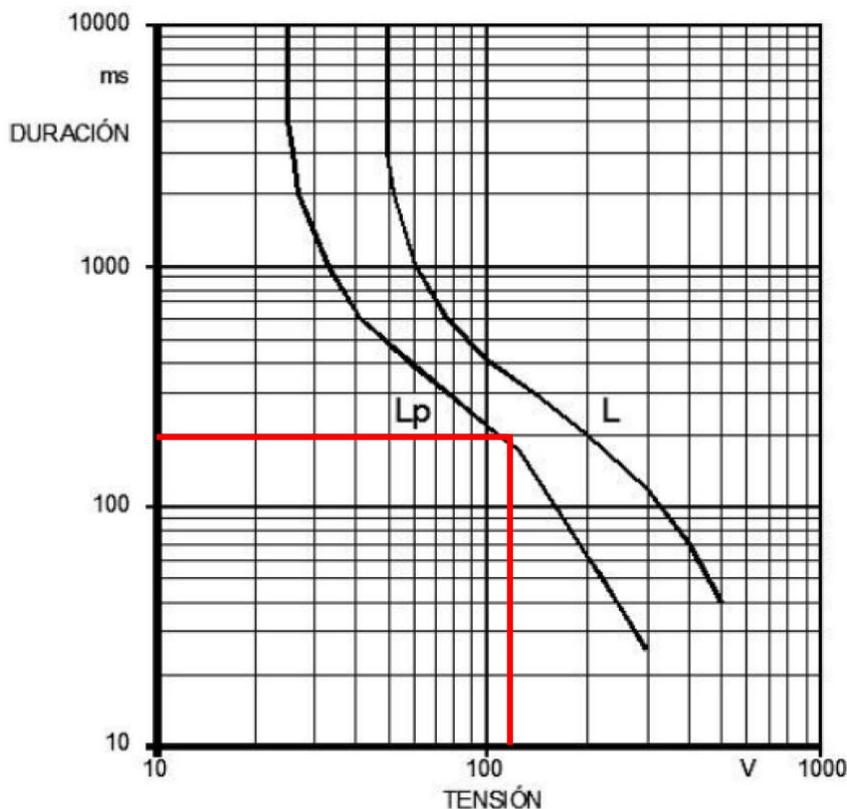


Figura 41.J Duración máxima de la tensión de contacto presunta-AEA 90364-  
*Ilustración 193. Duración máxima de tensión de contacto*

Como podemos observar el tiempo de despeje máximo es de aproximadamente de 200 [ms], por lo tanto, la protección contra el contacto indirecto es la acorde ya que la protección actuara a un tiempo menor.

Por último, determinamos la longitud máxima del conductor teniendo en cuenta que la sección del conductor de fase y el PE son distintas, que la corriente de actuación de la protección magnética es 1250[A] y la tensión fase-tierra es de 230[V], considerando esto la longitud es:

<b>Longitud máxima</b>	
$L_{max}$	92,5 [m]

Considerando que nuestra longitud de conductor es de 20 [m] por lo tanto verifica a la longitud máxima.

### 3.6.5.3 Tablero TS2

Comenzamos considerando la impedancia de los conductores de fase y puesta a tierra del transformador al TS2. La protección que se adoptó para el tablero TS2 es un interruptor termomagnético Acti9 iC60H 4x16A curva C 7.5 [kA], la protección instantánea es fija (128[A]) y el retardo de la protección de corto plazo no es regulable.

Comenzamos calculando la impedancia de defecto:

Impedancia de falla TS2		
Reactancia de fase S	$X_L$	0,001 [ $\Omega$ ]
Resistencia de fase S	$R_L$	0,001 [ $\Omega$ ]
Reactancia de fase S <sub>2</sub>	$X_{S2}$	0,0085 [ $\Omega$ ]
Resistencia de fase S <sub>2</sub>	$R_{S2}$	0,812 [ $\Omega$ ]
Reactancia de PE	$X_{PE}$	0,0028 [ $\Omega$ ]
Resistencia PE	$R_{PE}$	0,0026 [ $\Omega$ ]
Reactancia de PE <sub>2</sub>	$X_{PE2}$	0,0085 [ $\Omega$ ]
Resistencia PE <sub>2</sub>	$R_{PE2}$	0,812 [ $\Omega$ ]
Reactancia del trans.	$X_0$	0,0149 [ $\Omega$ ]
Resistencia del trans.	$R_0$	0,0031 [ $\Omega$ ]
Impedancia de falla	$Z_S$	1,631 [ $\Omega$ ]
Impedancia de PE	$Z_{PE}$	0,814 [ $\Omega$ ]

Con la impedancia de falla determinada, calculamos la corriente de falla monofásica fase-PE:

Corriente de defecto		
$I_d$	141,6	[A]

Con la corriente de defecto y de la protección térmica ( $I_d/I_r=8,9$ ) se obtiene el tiempo de accionamiento de la protección magnética del interruptor a partir de la gráfica de la curva C:

Curvas B, C, D calibres de 6 a 63 A.

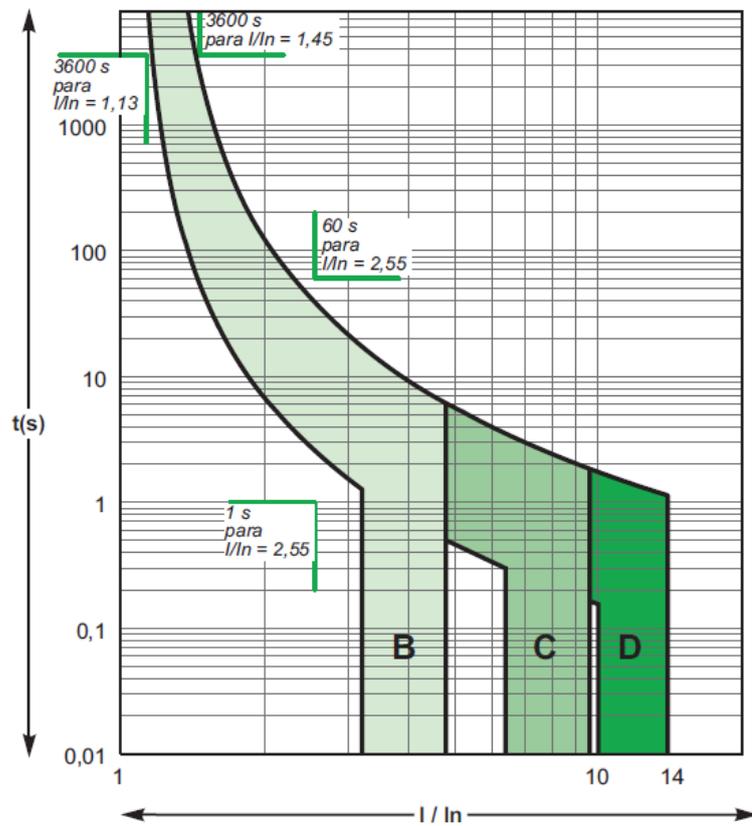


Ilustración 194. Curva C

Observando la gráfica el tiempo en el que actuará la protección instantánea como máximo será:

$$t_a < 10[ms]$$

A partir de la corriente de defecto procedemos a calcular la tensión de contacto para verificar si se cumple con la duración máxima de la tensión de contacto:

Tensión de contacto		
$U_c$	115,32	[V]

Con la tensión de contacto y la gráfica de la duración máxima de la tensión de contacto determinamos el tiempo máximo de despeje:

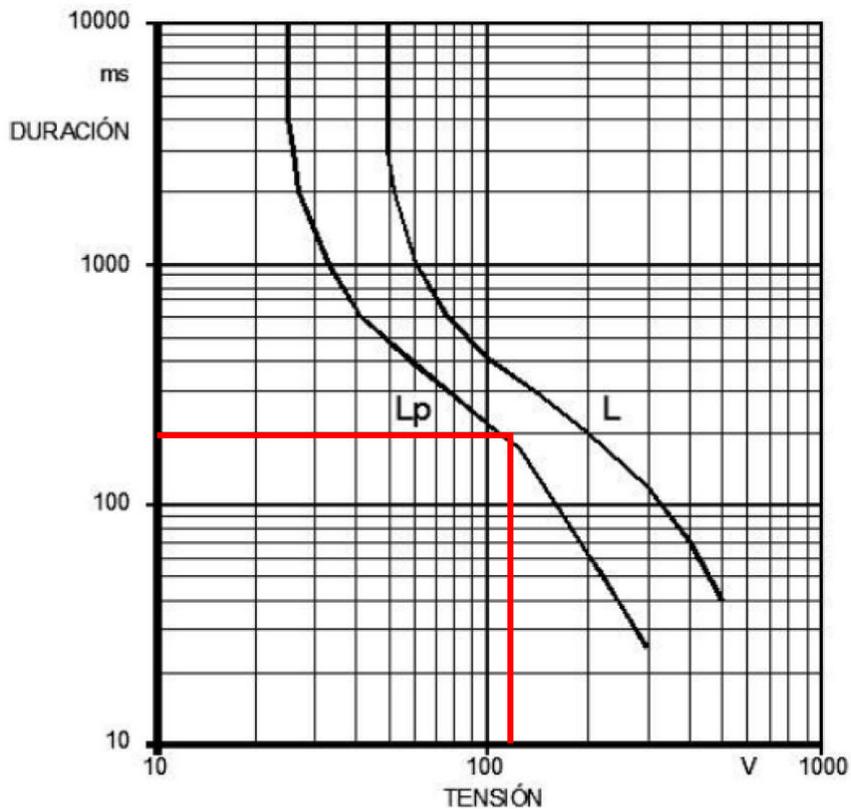


Figura 41.J Duración máxima de la tensión de contacto presunta-AEA 90364-  
*Ilustración 195. Duración máxima de tensión de contacto*

Como podemos observar el tiempo de despeje máximo es de aproximadamente de 200 [ms], por lo tanto, la protección contra el contacto indirecto es la acorde ya que la protección actuara a un tiempo menor.

Por último, determinamos la longitud máxima del conductor teniendo en cuenta que la sección del conductor de fase y el PE son distintas, que la corriente de actuación de la protección es 128[A] y la tensión fase-tierra es de 230[V], considerando esto la longitud es:

Longitud máxima		
$L_{max}$	102,8	[m]

Considerando que nuestra longitud de conductor es de 85 [m] por lo tanto verifica a la longitud máxima.

### 3.6.5.4 Tablero TS3

Considerando la impedancia de los conductores de fase y puesta a tierra del transformador al TS3. La protección que se adoptó para el tablero TS3 es un interruptor automático CVS100 4x100A TMD 32, el cual configuramos el retardo de la protección de larga duración en  $I_r = 0.9 \times I_n$  (28.8[A]), la protección instantánea es fija (400[A]) y el retardo de la protección de corto plazo no es regulable.

Comenzamos calculando la impedancia de defecto:

Impedancia de falla TS3		
Reactancia de fase S	$X_L$	0,001 [Ω]
Resistencia de fase S	$R_L$	0,001 [Ω]
Reactancia de fase $S_3$	$X_{S3}$	0,0035 [Ω]
Resistencia de fase $S_3$	$R_{S3}$	0,207 [Ω]
Reactancia de PE	$X_{PE}$	0,0028 [Ω]
Resistencia PE	$R_{PE}$	0,0026 [Ω]
Reactancia de $PE_3$	$X_{PE3}$	0,0035 [Ω]
Resistencia $PE_3$	$R_{PE3}$	0,207 [Ω]
Reactancia del trans.	$X_0$	0,015 [Ω]
Resistencia del trans.	$R_0$	0,003 [Ω]
Impedancia de falla	$Z_S$	0,422 [Ω]
Impedancia de PE	$Z_{PE}$	0,21 [Ω]

Con la impedancia de falla determinada, calculamos la corriente de falla monofásica fase-PE:

Corriente de defecto		
$I_d$	547	[A]

Con la corriente de defecto y la de la regulación de la protección térmica ( $I_d/I_r=19$ ) se obtiene el tiempo de accionamiento de la protección magnética del interruptor a partir de la gráfica de la curva del TMD32:

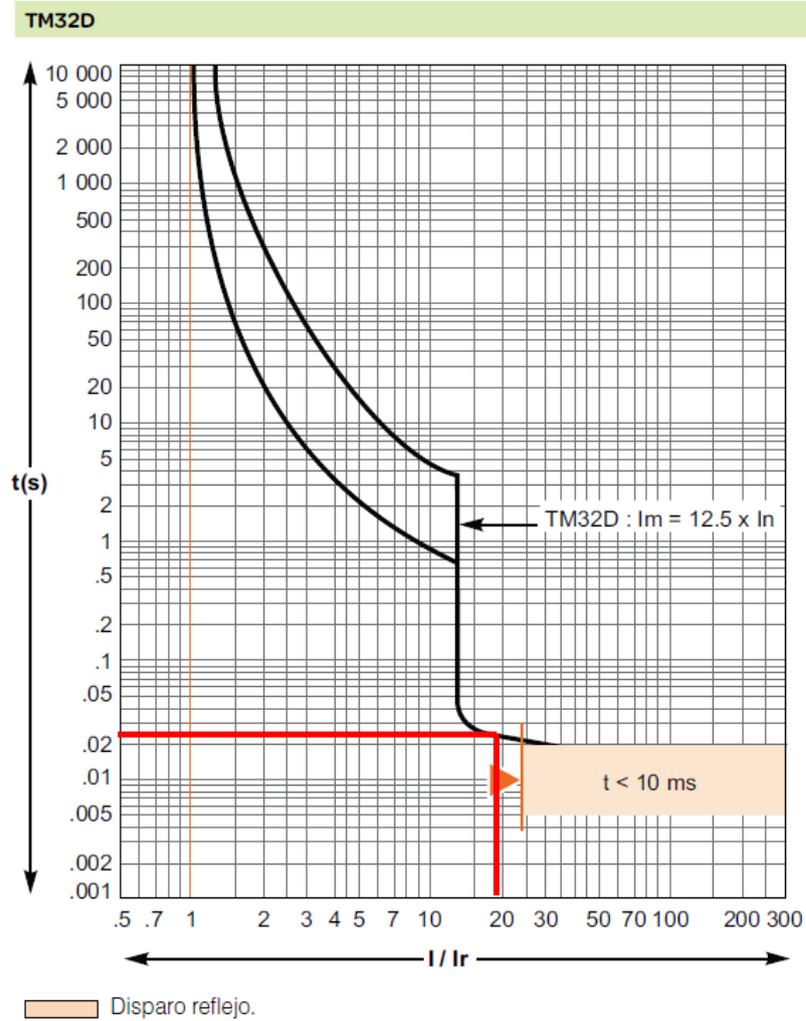


Ilustración 196. Curva de protección TM32D

Observando la gráfica el tiempo en el que actuará la protección instantánea como máximo será:

$$t_a = 24[ms]$$

A partir de la corriente de defecto procedemos a calcular la tensión de contacto para verificar si se cumple con la duración máxima de la tensión de contacto:

Tensión de contacto		
$U_c$	114,80	[V]

Con la tensión de contacto y la gráfica de la duración máxima de la tensión de contacto (AEA 90364) determinamos el tiempo máximo de despeje:

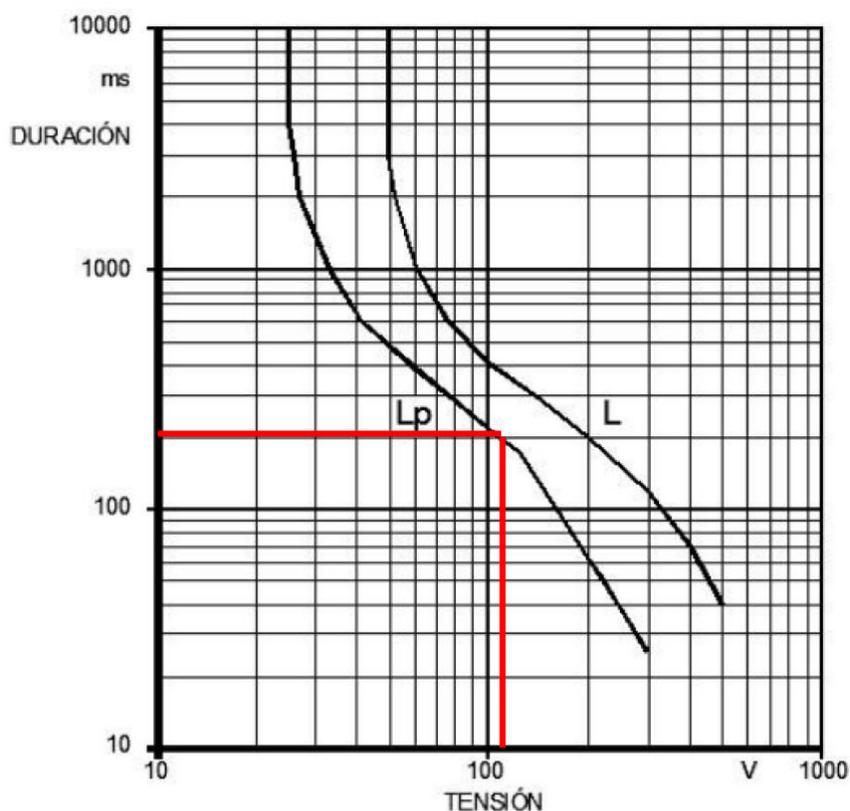


Figura 41.J Duración máxima de la tensión de contacto presunta-AEA 90364-  
 Ilustración 197. Duración máxima de tensión de contacto

Como podemos observar el tiempo de despeje máximo es de aproximadamente de 200 [ms], por lo tanto, la protección contra el contacto indirecto es la acorde ya que la protección actuara a un tiempo menor.

Por último, determinamos la longitud máxima del conductor teniendo en cuenta que la sección del conductor de fase y el PE son distintas, que la corriente de actuación

de la protección magnética es 400[A] y la tensión fase-tierra es de 230[V], considerando esto la longitud es:

Longitud máxima		
$L_{max}$	52,7	[m]

Considerando que nuestra longitud de conductor es de 35 [m] por lo tanto verifica a la longitud máxima.

### 3.6.5.5 Tablero TS4

Considerando la impedancia de los conductores de fase y puesta a tierra del transformador al TS4. La protección que se adoptó para el tablero TS5 es un interruptor automático CVS160 4x160A TMD 160, el cual configuramos el retardo de la protección de larga duración en  $I_r = 0.9 \times I_n$  (144[A]), la protección instantánea es fija (1250[A]) y el retardo de la protección de corto plazo no es regulable.

Comenzamos calculando la impedancia de defecto:

Impedancia de falla TS4		
Reactancia de fase S	$X_L$	0,001 [Ω]
Resistencia de fase S	$R_L$	0,001 [Ω]
Reactancia de fase $S_4$	$X_{S4}$	0,0052 [Ω]
Resistencia de fase $S_4$	$R_{S4}$	0,022 [Ω]
Reactancia de PE	$X_{PE}$	0,0028 [Ω]
Resistencia PE	$R_{PE}$	0,0026 [Ω]
Reactancia de $PE_4$	$X_{PE4}$	0,0056 [Ω]
Resistencia $PE_4$	$R_{PE4}$	0,039 [Ω]
Reactancia del trans.	$X_0$	0,0149 [Ω]
Resistencia del trans.	$R_0$	0,0031 [Ω]
Impedancia de falla	$Z_S$	0,074 [Ω]
Impedancia de PE	$Z_{PE}$	0,042 [Ω]

Con la impedancia de falla determinada, calculamos la corriente de falla monofásica fase-PE:

Corriente de defecto	
$I_d$	3107,5 [A]

Con la corriente de defecto y de la regulación de la protección térmica ( $I_d/I_r=21.5$ ) se obtiene el tiempo de accionamiento de la protección magnética del interruptor a partir de la gráfica de la curva del TMD160:

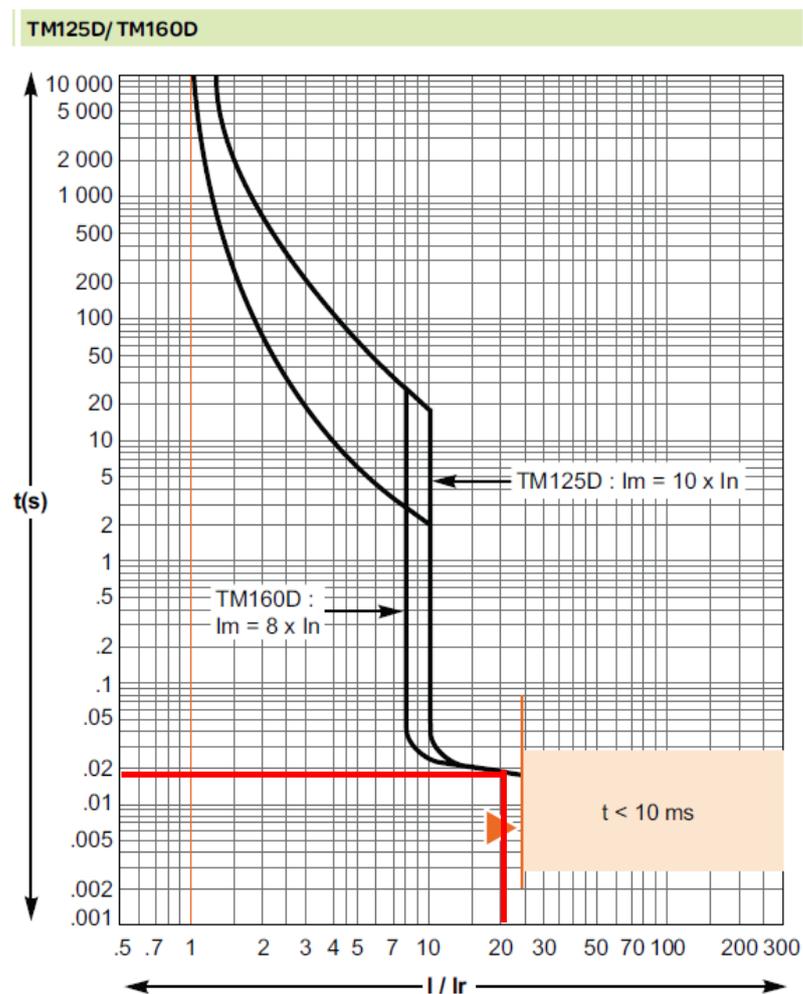


Ilustración 198. Curva de protección TM125D/160D

Observando la gráfica el tiempo en el que actuará la protección instantánea como máximo será:

$$t_a = 18[ms]$$

A partir de la corriente de defecto procedemos a calcular la tensión de contacto para verificar si se cumple con la duración máxima de la tensión de contacto:

Tensión de contacto	
$U_c$	131,14 [V]

Con la tensión de contacto y la gráfica de la duración máxima de la tensión de contacto (AEA 90364) determinamos el tiempo máximo de despeje:

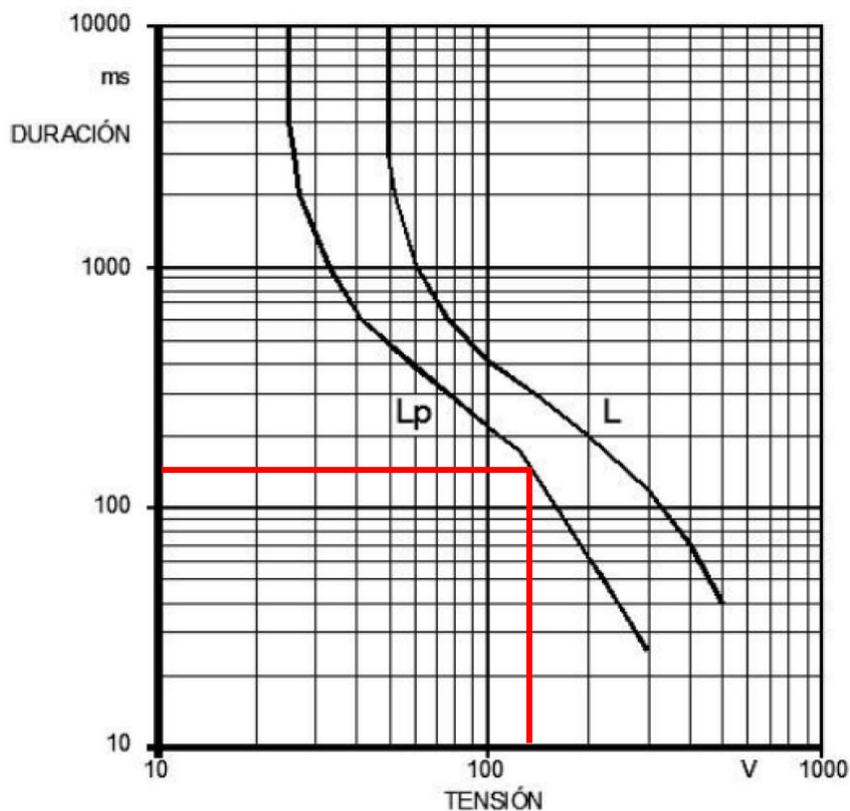


Figura 41.J Duración máxima de la tensión de contacto presunta-AEA 90364-  
*Ilustración 199. Duración máxima de tensión de contacto*

Como podemos observar el tiempo de despeje máximo es de aproximadamente de 150 [ms], por lo tanto, la protección contra el contacto indirecto es la acorde ya que la protección actuara a un tiempo menor.

Por último, determinamos la longitud máxima del conductor teniendo en cuenta que la sección del conductor de fase y el PE son distintas, que la corriente de actuación de la protección magnética es 1250[A] y la tensión fase-tierra es de 230[V], considerando esto la longitud es:

Longitud máxima		
$L_{max}$	196,6	[m]

Considerando que nuestra longitud de conductor es de 70 [m] por lo tanto verifica a la longitud máxima.

#### 3.6.5.6 Tablero TS5

Considerando la impedancia de los conductores de fase y puesta a tierra del transformador al TS5 La protección que se adoptó para el tablero TS5 es un interruptor automático CVS160 4x125A TMD 125, el cual configuramos el retardo de la protección de larga duración en  $I_r = 0.8 \times I_n$  (100[A]), la protección instantánea es fija (1250[A]) y el retardo de la protección de corto plazo no es regulable.

Comenzamos calculando la impedancia de defecto:

Impedancia de falla TS5		
Reactancia de fase S	$X_L$	0,001 [Ω]
Resistencia de fase S	$R_L$	0,001 [Ω]
Reactancia de fase S <sub>5</sub>	$X_{S5}$	0,0016 [Ω]
Resistencia de fase S <sub>5</sub>	$R_{S5}$	0,019 [Ω]
Reactancia de PE	$X_{PE}$	0,0028 [Ω]
Resistencia PE	$R_{PE}$	0,0026 [Ω]
Reactancia de PE <sub>5</sub>	$X_{PE5}$	0,0016 [Ω]
Resistencia PE <sub>5</sub>	$R_{PE5}$	0,019 [Ω]
Reactancia del trans.	$X_0$	0,0149 [Ω]
Resistencia del trans.	$R_0$	0,0031 [Ω]
Impedancia de falla	$Z_S$	0,049 [Ω]
Impedancia de PE	$Z_{PE}$	0,022 [Ω]

Con la impedancia de falla determinada, calculamos la corriente de falla monofásica fase-PE:

Corriente de defecto	
$I_d$	4676,9 [A]

Con la corriente de defecto y de la regulación de la protección térmica ( $I_d/I_r=47$ ) se obtiene el tiempo de accionamiento de la protección magnética del interruptor a partir de la gráfica de la curva del TMD125:

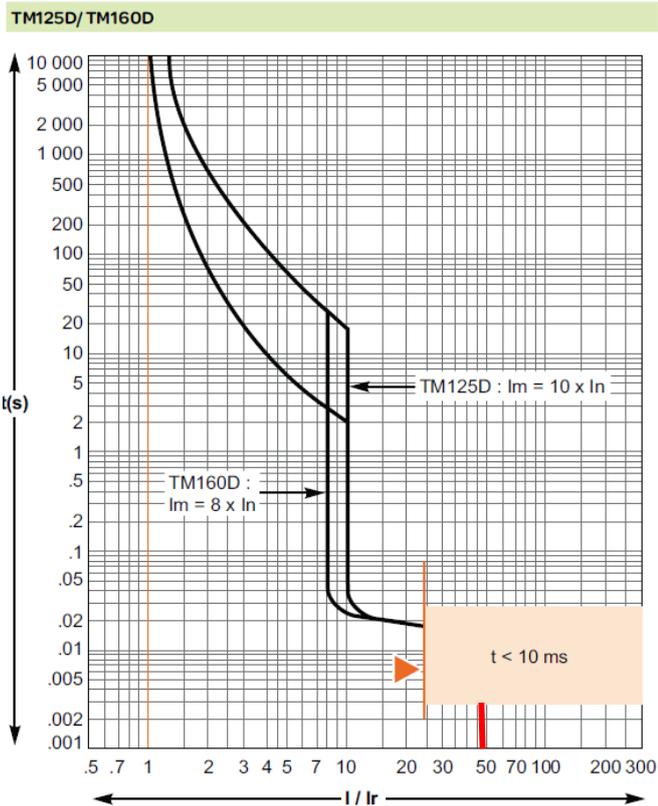


Ilustración 200. Curva de protección TM125D/160D

Observando la gráfica el tiempo en el que actuará la protección instantánea como máximo será:

$$t_a < 10[ms]$$

A partir de la corriente de defecto procedemos a calcular la tensión de contacto para verificar si se cumple con la duración máxima de la tensión de contacto:

Tensión de contacto		
$U_c$	101,39	[V]

Con la tensión de contacto y la gráfica de la duración máxima de la tensión de contacto (AEA 90364) determinamos el tiempo máximo de despeje:

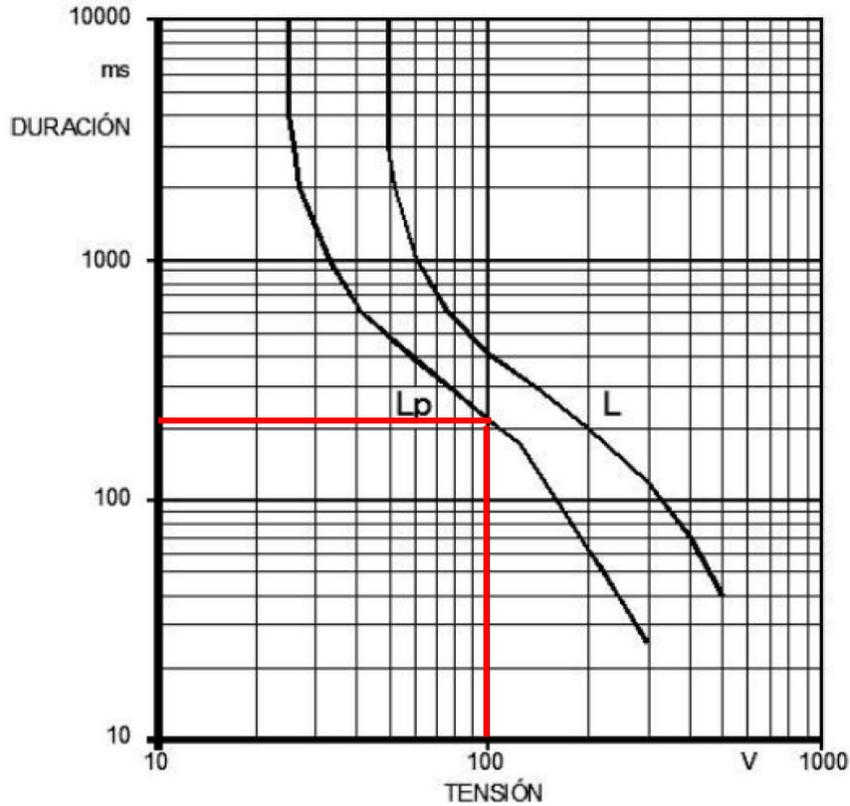


Figura 41.J Duración máxima de la tensión de contacto presunta-AEA 90364-  
*Ilustración 201. Duración máxima de tensión de contacto*

Como podemos observar el tiempo de despeje máximo es de aproximadamente de 210 [ms], por lo tanto, la protección contra el contacto indirecto es la acorde ya que la protección actuara a un tiempo menor.

Por último, determinamos la longitud máxima del conductor teniendo en cuenta que la sección del conductor de fase y el PE son distintas, que la corriente de actuación de la protección magnética es 1250[A] y la tensión fase-tierra es de 230[V], considerando esto la longitud es:

<b>Longitud máxima</b>	
$L_{max}$	67,4 [m]

Considerando que nuestra longitud de conductor es de 20 [m] por lo tanto verifica a la longitud máxima.

### 3.6.5.7 Tablero S6

Considerando la impedancia de los conductores de fase y puesta a tierra del transformador al TS6, la protección que se adoptó para el tablero TS6 es un interruptor automático CVS100 4x100A TMD 63, el cual configuramos el retardo de la protección de larga duración en  $I_r = 0.8 \times I_n$  (50.4[A]), la protección instantánea es fija (500[A]) y el retardo de la protección de corto plazo no es regulable.

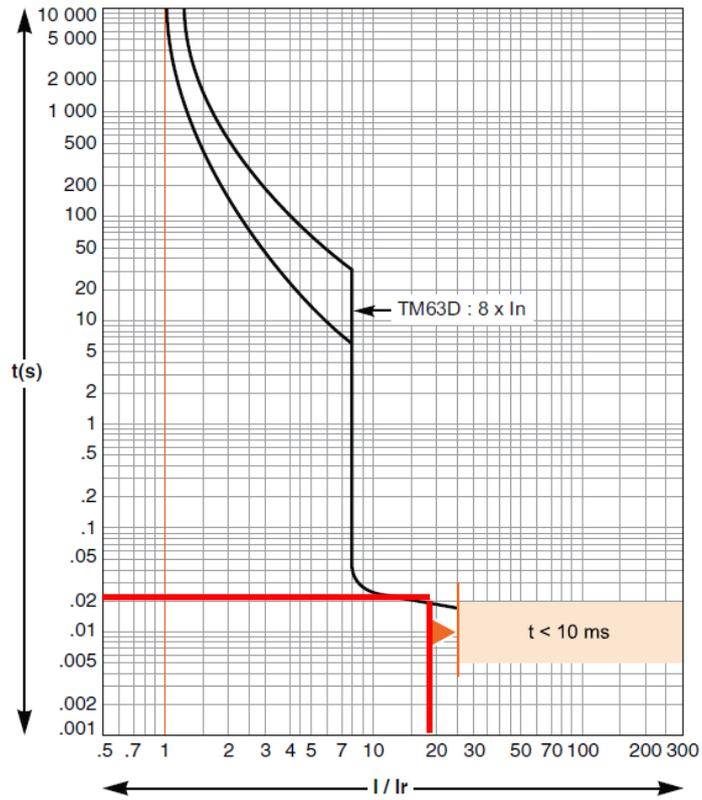
Comenzamos calculando la impedancia de defecto:

Impedancia de falla TS6		
Reactancia de fase S	$X_L$	0,001 [ $\Omega$ ]
Resistencia de fase S	$R_L$	0,001 [ $\Omega$ ]
Reactancia de fase S <sub>6</sub>	$X_{S6}$	0,0043 [ $\Omega$ ]
Resistencia de fase S <sub>6</sub>	$R_{S6}$	0,115 [ $\Omega$ ]
Reactancia de PE	$X_{PE}$	0,0028 [ $\Omega$ ]
Resistencia PE	$R_{PE}$	0,0026 [ $\Omega$ ]
Reactancia de PE <sub>6</sub>	$X_{PE6}$	0,0043 [ $\Omega$ ]
Resistencia PE <sub>6</sub>	$R_{PE6}$	0,115 [ $\Omega$ ]
Reactancia del trans.	$X_0$	0,0149 [ $\Omega$ ]
Resistencia del trans.	$R_0$	0,0031 [ $\Omega$ ]
Impedancia de falla	$Z_S$	0,238 [ $\Omega$ ]
Impedancia de PE	$Z_{PE}$	0,117 [ $\Omega$ ]

Con la impedancia de falla determinada, calculamos la corriente de falla monofásica fase-PE:

Corriente de defecto		
$I_d$	972,04	[A]

Con la corriente de defecto y de la regulación de la protección térmica ( $I_d/I_r=19$ ) se obtiene el tiempo de accionamiento de la protección magnética del interruptor a partir de la gráfica de la curva del TMD63:



Observando la gráfica el tiempo en el que actuará la protección instantánea como máximo será:

$$t_a = 20[ms]$$

A partir de la corriente de defecto procedemos a calcular la tensión de contacto para verificar si se cumple con la duración máxima de la tensión de contacto:

Tensión de contacto	
$U_c$	114,01 [V]

Con la tensión de contacto y la gráfica de la duración máxima de la tensión de contacto (AEA 90364) determinamos el tiempo máximo de despeje:

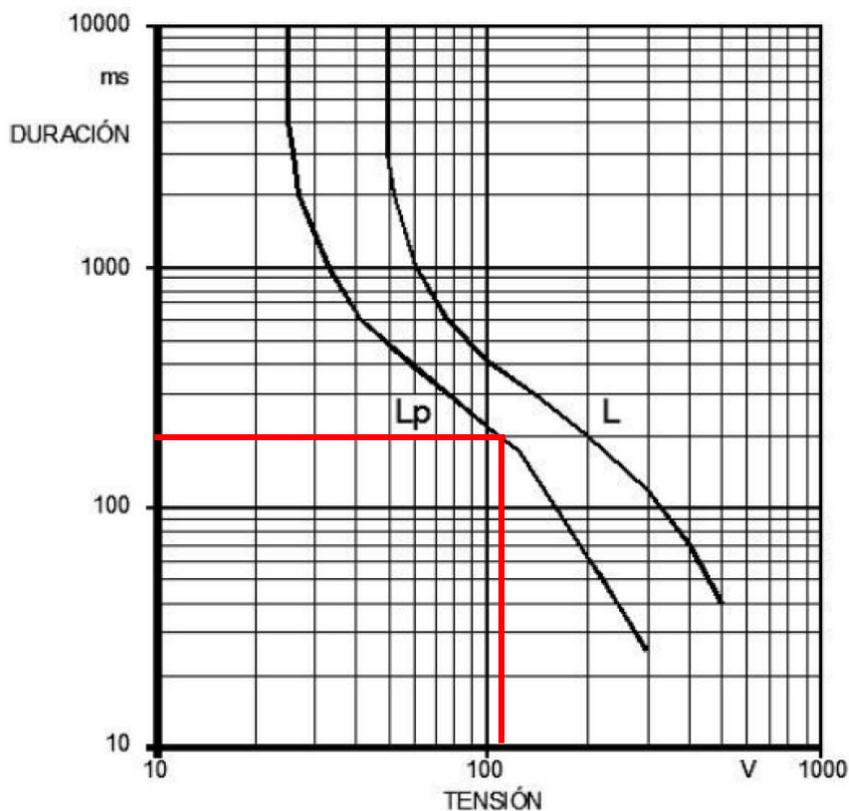


Figura 41.J Duración máxima de la tensión de contacto presunta-AEA 90364-  
*Ilustración 203. Duración máxima de tensión de contacto*

Como podemos observar el tiempo de despeje máximo es de aproximadamente de 200 [ms], por lo tanto, la protección contra el contacto indirecto es la acorde ya que la protección actuara a un tiempo menor.

Por último, determinamos la longitud máxima del conductor teniendo en cuenta que la sección del conductor de fase y el PE son distintas, que la corriente de actuación de la protección magnética es 500[A] y la tensión fase-tierra es de 230[V], considerando esto la longitud es:

Longitud máxima		
$L_{max}$	105,3	[m]

Considerando que nuestra longitud de conductor es de 50 [m] por lo tanto verifica a la longitud máxima.

### 3.6.5.8 Tablero S7

Consideramos la impedancia de los conductores de fase y puesta a tierra del transformador al TS7, la protección que se adoptó para el tablero TS7 es un interruptor automático CVS100 4x160A TMD 80, el cual configuramos el retardo de la protección de larga duración en  $I_r = 1 \times I_n$  (80[A]), la protección instantánea es fija (640[A]) y el retardo de la protección de corto plazo no es regulable.

Comenzamos calculando la impedancia de defecto:

Impedancia de falla TS7		
Reactancia de fase S	$X_L$	0,001 [Ω]
Resistencia de fase S	$R_L$	0,001 [Ω]
Reactancia de fase S <sub>7</sub>	$X_{S7}$	0,0033 [Ω]
Resistencia de fase S <sub>7</sub>	$R_{S7}$	0,039 [Ω]
Reactancia de PE	$X_{PE}$	0,0028 [Ω]
Resistencia PE	$R_{PE}$	0,0026 [Ω]
Reactancia de PE <sub>7</sub>	$X_{PE7}$	0,0033 [Ω]
Resistencia PE <sub>7</sub>	$R_{PE7}$	0,039 [Ω]
Reactancia del trans.	$X_0$	0,0149 [Ω]
Resistencia del trans.	$R_0$	0,0031 [Ω]
Impedancia de falla	$Z_S$	0,089 [Ω]
Impedancia de PE	$Z_{PE}$	0,042 [Ω]

Con la impedancia de falla determinada, calculamos la corriente de falla monofásica fase-PE:

Corriente de defecto		
$I_d$	2594,20	[A]

Con la corriente de defecto y de la regulación de la protección térmica ( $I_d/I_r=32.4$ ) se obtiene el tiempo de accionamiento de la protección magnética del interruptor a partir de la gráfica de la curva del TMD80:

TM80D/ TM100D

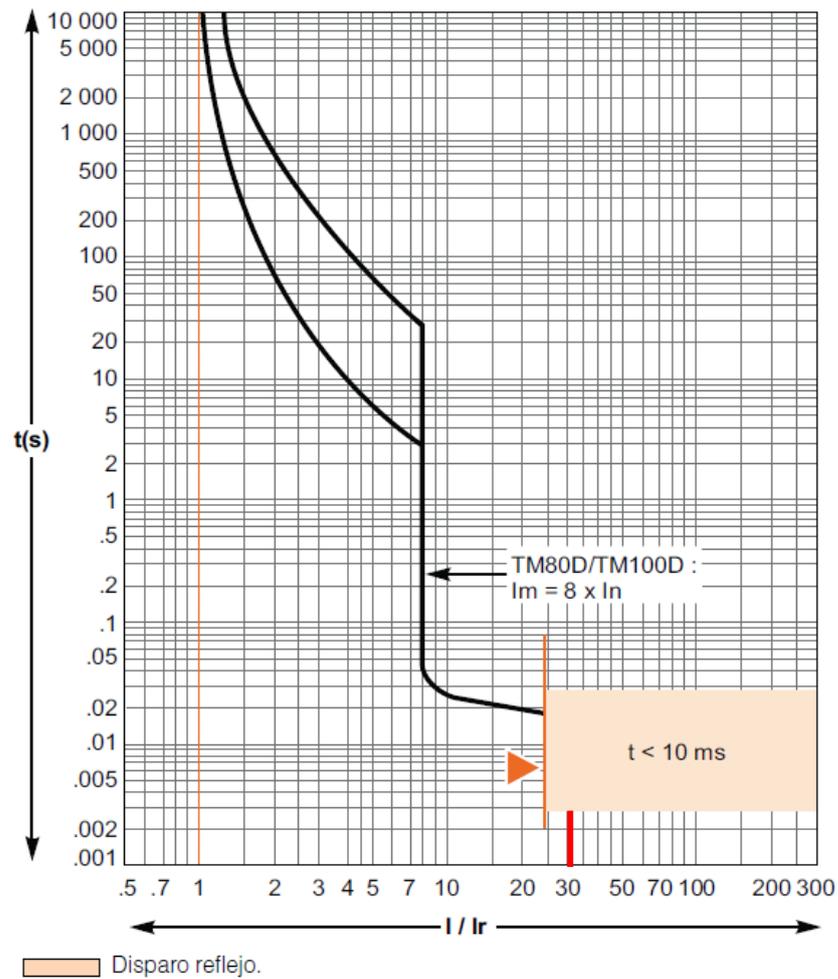


Ilustración 204. Curva de protección TM80D/100D

Observando la gráfica el tiempo en el que actuará la protección instantánea como máximo será:

$$t_a < 10[ms]$$

A partir de la corriente de defecto procedemos a calcular la tensión de contacto para verificar si se cumple con la duración máxima de la tensión de contacto:

Tensión de contacto		
$U_c$	109,48	[V]

Con la tensión de contacto y la gráfica de la duración máxima de la tensión de contacto (AEA 90364) determinamos el tiempo máximo de despeje:

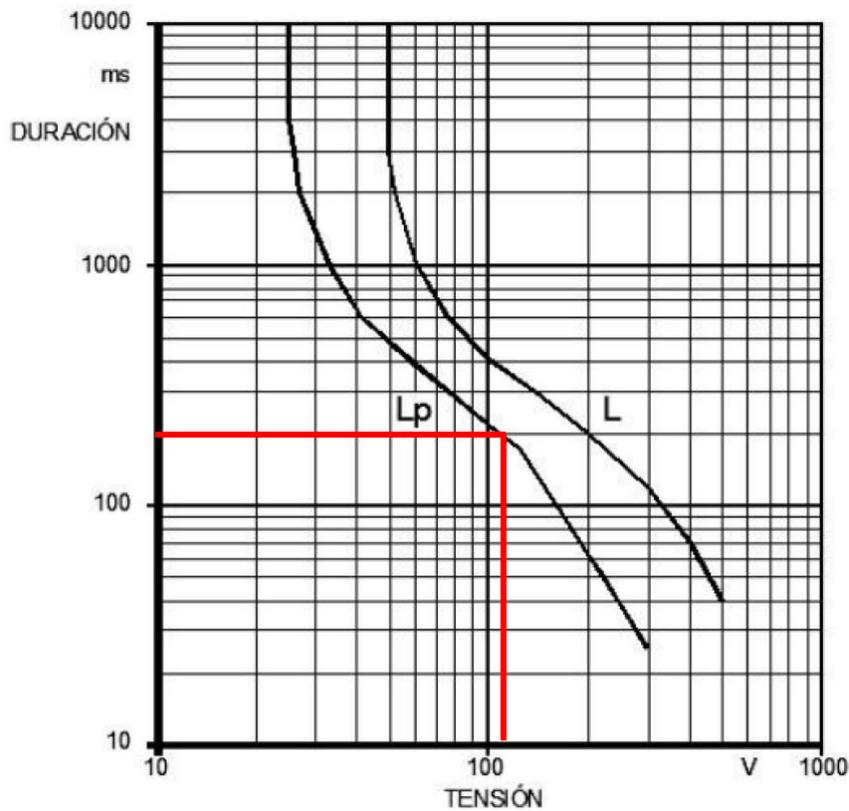


Figura 41.J Duración máxima de la tensión de contacto presunta-AEA 90364-  
*Ilustración 205. Duración máxima de tensión de contacto*

Como podemos observar el tiempo de despeje máximo es de aproximadamente de 200 [ms], por lo tanto, la protección contra el contacto indirecto es la acorde ya que la protección actuara a un tiempo menor.

Por último, determinamos la longitud máxima del conductor teniendo en cuenta que la sección del conductor de fase y el PE son distintas, que la corriente de actuación de la protección magnética es 640[A] y la tensión fase-tierra es de 230[V], considerando esto la longitud es:

Longitud máxima		
$L_{max}$	205,7	[m]

Considerando que nuestra longitud de conductor es de 42 [m] por lo tanto verifica a la longitud máxima.

### 3.6.5.9 Tablero TS8

Considerando la impedancia de los conductores de fase y puesta a tierra del transformador al TS8, la protección que se adoptó para el tablero TS8 es un guardamotor GV2ME103 6.3[A], el cual configuramos el retardo de la protección de larga duración en  $I_r = 0.63 \times I_n$  (4[A]), la protección instantánea es fija (78[A]) y el retardo de la protección de corto plazo no es regulable.

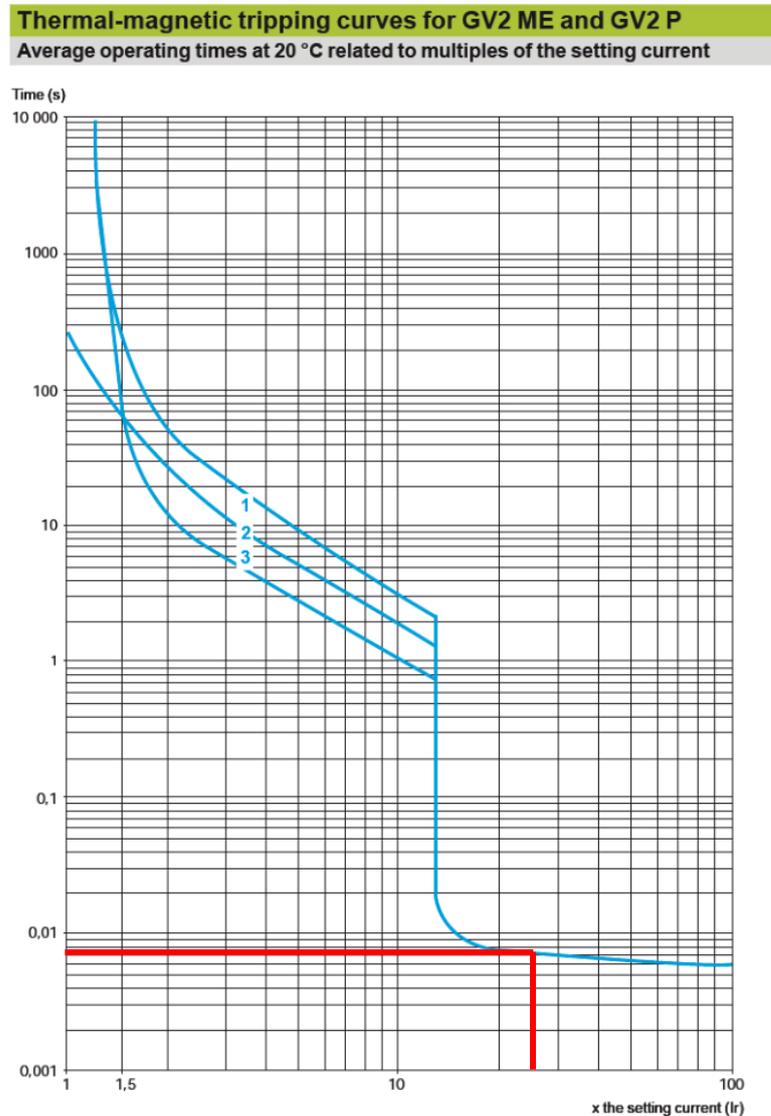
Comenzamos calculando la impedancia de defecto:

Impedancia de falla TS8		
Reactancia de fase S	$X_L$	0,001 [Ω]
Resistencia de fase S	$R_L$	0,001 [Ω]
Reactancia de fase $S_8$	$X_{S8}$	0,0076 [Ω]
Resistencia de fase $S_8$	$R_{S8}$	1,113 [Ω]
Reactancia de PE	$X_{PE}$	0,0028 [Ω]
Resistencia PE	$R_{PE}$	0,0026 [Ω]
Reactancia de $PE_8$	$X_{PE8}$	0,0076 [Ω]
Resistencia $PE_8$	$R_{PE8}$	1,113 [Ω]
Reactancia del trans.	$X_0$	0,0149 [Ω]
Resistencia del trans.	$R_0$	0,0031 [Ω]
Impedancia de falla	$Z_S$	2,233 [Ω]
Impedancia de PE	$Z_{PE}$	1,116 [Ω]

Con la impedancia de falla determinada, calculamos la corriente de falla monofásica fase-PE:

Corriente de defecto		
$I_d$	103,41	[A]

Con la corriente de defecto y de la regulación de la protección térmica ( $I_d/I_r=25.9$ ) se obtiene el tiempo de accionamiento de la protección magnética del guardamotor a partir de la gráfica de la curva del GV2 ME:



*Ilustración 206. Curva de protección GV2ME*

Observando la gráfica el tiempo en el que actuará la protección instantánea como máximo será:

$$t_a = 7[ms]$$

A partir de la corriente de defecto procedemos a calcular la tensión de contacto para verificar si se cumple con la duración máxima de la tensión de contacto:

### Tensión de contacto

$U_c$	115,37	[V]
-------	--------	-----

Con la tensión de contacto y la gráfica de la duración máxima de la tensión de contacto (AEA 90364) determinamos el tiempo máximo de despeje:

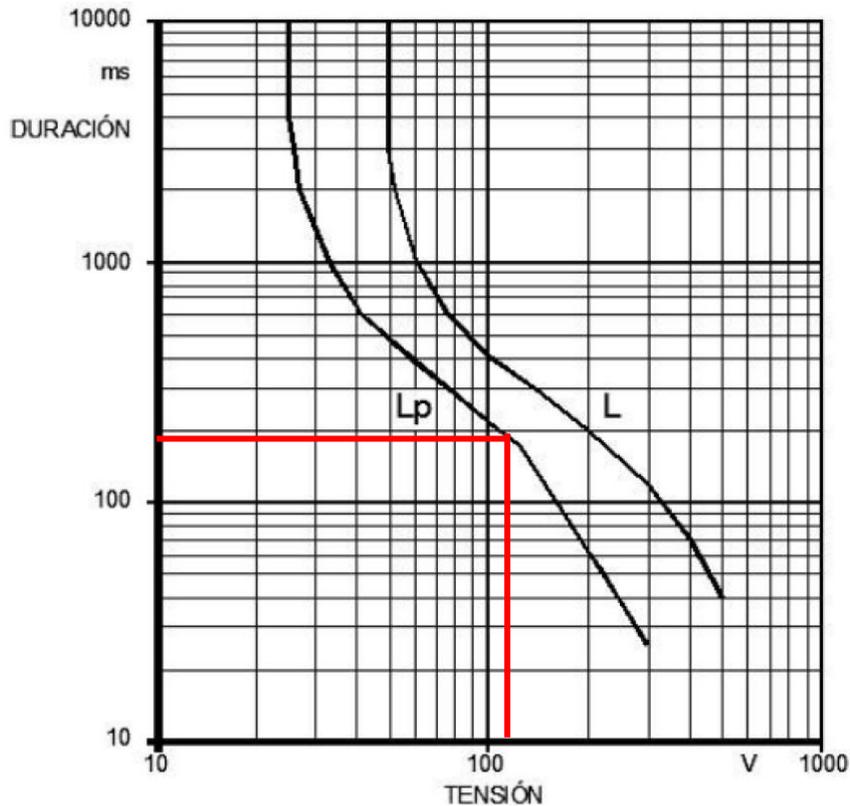


Figura 41.J Duración máxima de la tensión de contacto presunta-AEA 90364-  
*Ilustración 207. Duración máxima de tensión de contacto*

Como podemos observar el tiempo de despeje máximo es de aproximadamente de 190 [ms], por lo tanto, la protección contra el contacto indirecto es la acorde ya que la protección actuara a un tiempo menor.

Por último, determinamos la longitud máxima del conductor teniendo en cuenta que la sección del conductor de fase y el PE son distintas, que la corriente de actuación

de la protección magnética es 78[A] y la tensión fase-tierra es de 230[V], considerando esto la longitud es:

Longitud máxima		
$L_{max}$	101,3	[m]

Considerando que nuestra longitud de conductor es de 70 [m] por lo tanto verifica a la longitud máxima.

### 3.6.5.10 Tablero S9

Considerando la impedancia de los conductores de fase y puesta a tierra del transformador al TS9, la protección que se adoptó para el tablero TS9 es un interruptor termomagnético Acti9 iC60L 4P 50A curva C, la protección instantánea es fija ([A]) y el retardo de la protección de corto plazo no es regulable.

Comenzamos calculando la impedancia de defecto:

Impedancia de falla TS9		
Reactancia de fase S	$X_L$	0,001 [Ω]
Resistencia de fase S	$R_L$	0,001 [Ω]
Reactancia de fase S <sub>9</sub>	$X_{S9}$	0,0095 [Ω]
Resistencia de fase S <sub>9</sub>	$R_{S9}$	0,252 [Ω]
Reactancia de PE	$X_{PE}$	0,0028 [Ω]
Resistencia PE	$R_{PE}$	0,0026 [Ω]
Reactancia de PE <sub>9</sub>	$X_{PE9}$	0,0095 [Ω]
Resistencia PE <sub>9</sub>	$R_{PE9}$	0,252 [Ω]
Reactancia del trans.	$X_0$	0,0149 [Ω]
Resistencia del trans.	$R_0$	0,0031 [Ω]
Impedancia de falla	$Z_S$	0,512 [Ω]
Impedancia de PE	$Z_{PE}$	0,255 [Ω]

Con la impedancia de falla determinada, calculamos la corriente de falla monofásica fase-PE:

Corriente de defecto		
$I_d$	450,88	[A]

Con la corriente de defecto y de la protección térmica ( $I_d/I_r=9$ ) se obtiene el tiempo de accionamiento de la protección magnética del interruptor a partir de la gráfica de la curva del C:

Curvas B, C, D calibres de 6 a 63 A.

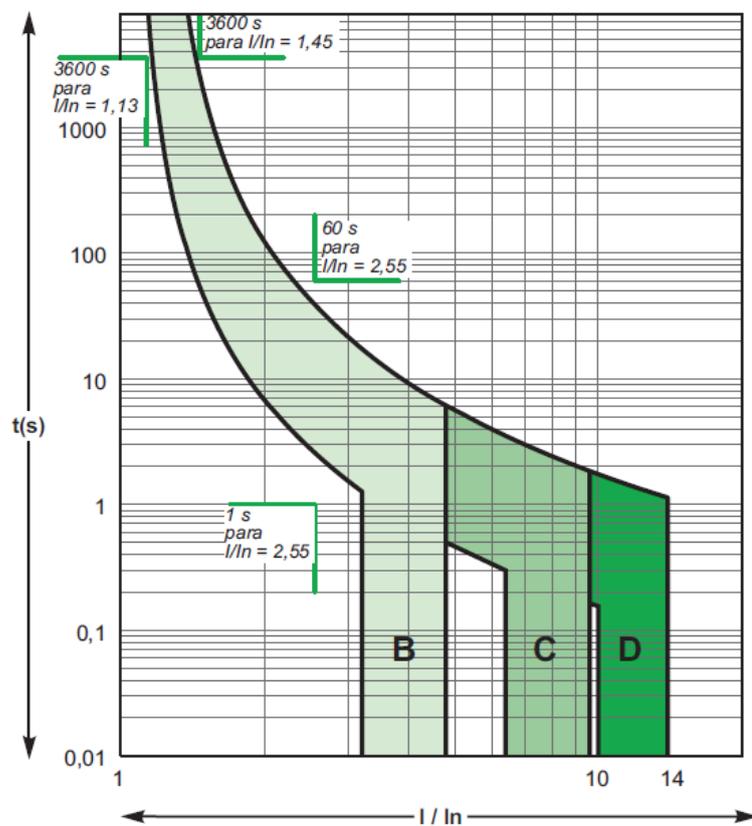


Ilustración 208. Curva C

Observando la gráfica el tiempo en el que actuará la protección instantánea como máximo será:

$$t_a < 10[ms]$$

A partir de la corriente de defecto procedemos a calcular la tensión de contacto para verificar si se cumple con la duración máxima de la tensión de contacto:

Tensión de contacto		
$U_c$	114,87	[V]

Con la tensión de contacto y la gráfica de la duración máxima de la tensión de contacto (AEA 90364) determinamos el tiempo máximo de despeje:

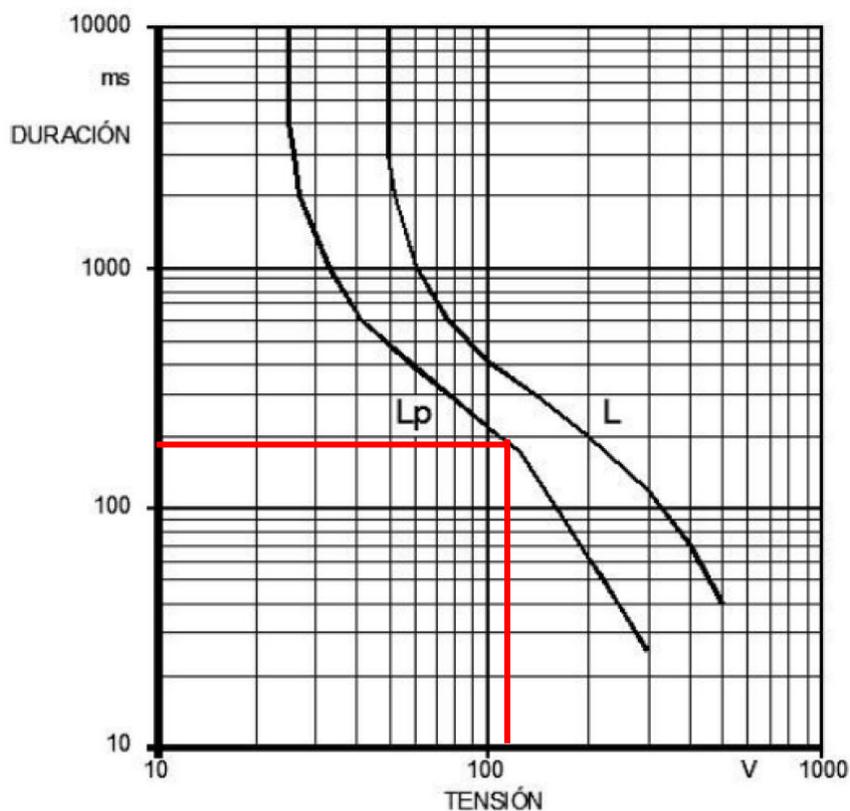


Figura 41.J Duración máxima de la tensión de contacto presunta-AEA 90364-  
 Ilustración 209. Duración máxima de tensión de contacto

Como podemos observar el tiempo de despeje máximo es de aproximadamente de 190 [ms], por lo tanto, la protección contra el contacto indirecto es la acorde ya que la protección actuara a un tiempo menor.

Por último, determinamos la longitud máxima del conductor teniendo en cuenta que la sección del conductor de fase y el PE son distintas, que la corriente de actuación

de la protección magnética es 400[A] y la tensión fase-tierra es de 230[V], considerando esto la longitud es:

Longitud máxima		
$L_{max}$	131,6	[m]

Considerando que nuestra longitud de conductor es de 110 [m] por lo tanto verifica a la longitud máxima.

### 3.6.5.11 Tablero S10

Considerando la impedancia de los conductores de fase y puesta a tierra del transformador al TS10, a protección que se adoptó para el tablero TS10 es un interruptor termomagnético Acti9 iC60L 4P 32A curva C, la protección instantánea es fija ([A]) y el retardo de la protección de corto plazo no es regulable.

Comenzamos calculando la impedancia de defecto:

Impedancia de falla TS10		
Reactancia de fase S	$X_L$	0,001 [Ω]
Resistencia de fase S	$R_L$	0,001 [Ω]
Reactancia de fase S <sub>10</sub>	$X_{S10}$	0,0096 [Ω]
Resistencia de fase S <sub>10</sub>	$R_{S10}$	0,423 [Ω]
Reactancia de PE	$X_{PE}$	0,0028 [Ω]
Resistencia PE	$R_{PE}$	0,0026 [Ω]
Reactancia de PE <sub>10</sub>	$X_{PE10}$	0,0096 [Ω]
Resistencia PE <sub>10</sub>	$R_{PE10}$	0,423 [Ω]
Reactancia del trans.	$X_0$	0,0149 [Ω]
Resistencia del trans.	$R_0$	0,0031 [Ω]
Impedancia de falla	$Z_S$	0,853 [Ω]
Impedancia de PE	$Z_{PE}$	0,425 [Ω]

Con la impedancia de falla determinada, calculamos la corriente de falla monofásica fase-PE:

Corriente de defecto		
$I_d$	270,69	[A]

Con la corriente de defecto y de la protección térmica ( $I_d/I_r=8.5$ ) se obtiene el tiempo de accionamiento de la protección magnética del interruptor a partir de la gráfica de la curva del C:

Curvas B, C, D calibres de 6 a 63 A.

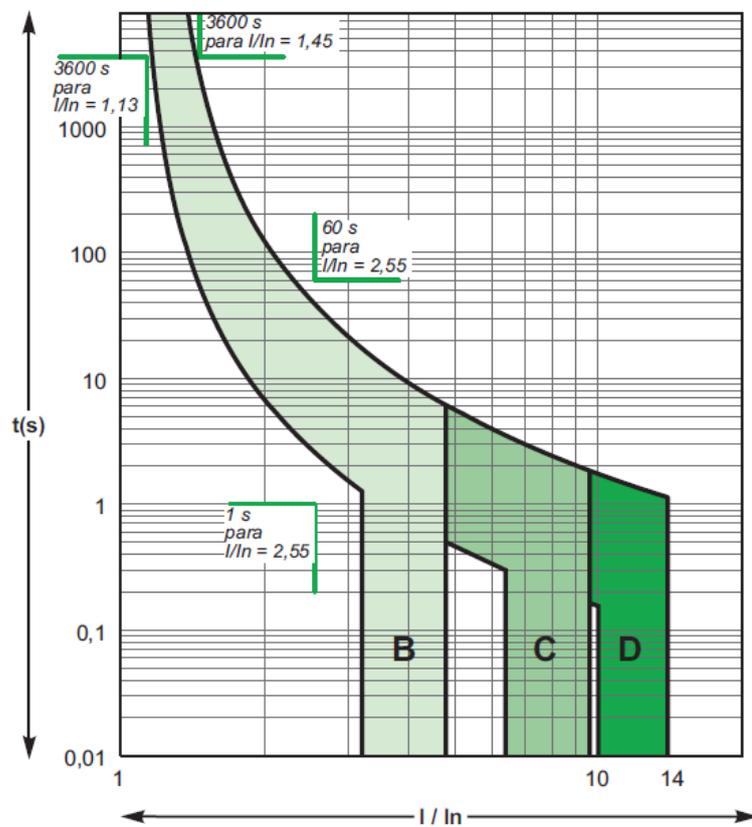


Ilustración 210. Curva C

Observando la gráfica el tiempo en el que actuará la protección instantánea como máximo será:

$$t_a < 10[ms]$$

A partir de la corriente de defecto procedemos a calcular la tensión de contacto para verificar si se cumple con la duración máxima de la tensión de contacto:

Tensión de contacto		
$U_c$	115,15	[V]

Con la tensión de contacto y la gráfica de la duración máxima de la tensión de contacto (AEA 90364) determinamos el tiempo máximo de despeje:

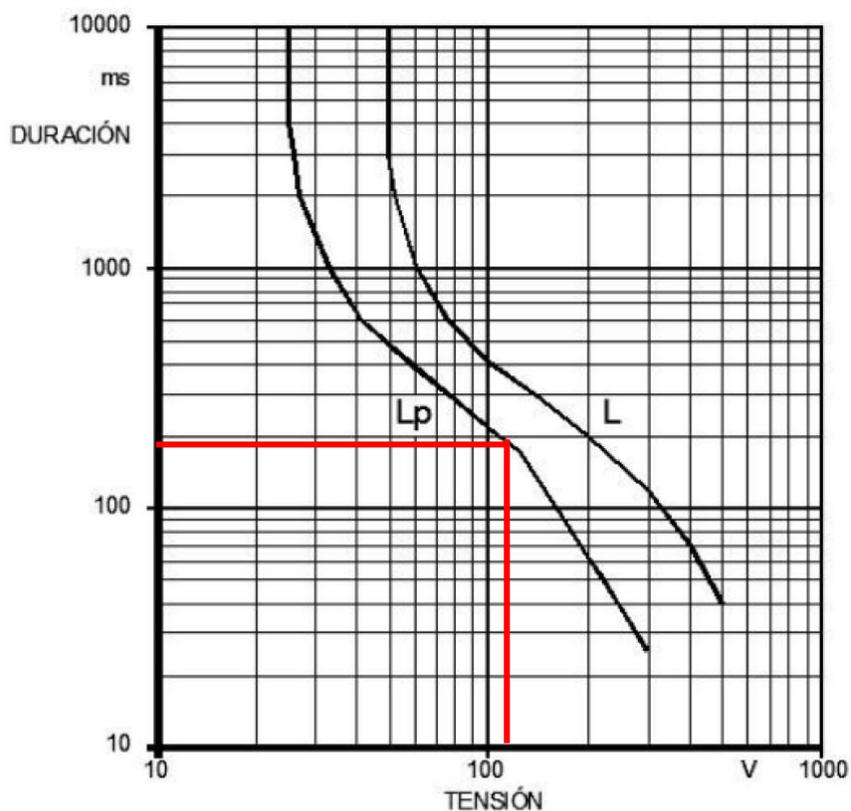


Figura 41.J Duración máxima de la tensión de contacto presunta-AEA 90364-  
 Ilustración 211. Duración máxima de tensión de contacto

Como podemos observar el tiempo de despeje máximo es de aproximadamente de 190 [ms], por lo tanto, la protección contra el contacto indirecto es la acorde ya que la protección actuara a un tiempo menor.

Por último, determinamos la longitud máxima del conductor teniendo en cuenta que la sección del conductor de fase y el PE son distintas, que la corriente de actuación

de la protección magnética es 256[A] y la tensión fase-tierra es de 230[V], considerando esto la longitud es:

Longitud máxima		
$L_{max}$	123,4	[m]

Considerando que nuestra longitud de conductor es de 107 [m] por lo tanto verifica a la longitud máxima.

### 3.6.5.12 Malla de puesta a tierra

La puesta a tierra es fundamental en la instalación y operación segura de un transformador de MT a BT, la malla de puesta a tierra desempeña un papel crucial para garantizar la seguridad, protección de personas y equipos contra fallos eléctricos. Para el diseño de una malla de puesta a tierra nos basaremos en la norma IEEE 80.

Las funciones de un sistema de puesta a tierra son las siguientes:

- En la puesta a tierra de servicio se conectan ciertos puntos del circuito para poder fijar el potencial de los circuitos a tierra, en nuestro caso se conectará el centro estrella del transformador.
- En la puesta a tierra de protección se conectan las partes metálicas de la instalación para si lograr la seguridad del personal y proteger la aislación.
- Limitar la tensión que puede aplicar al personal.
- Drenar a tierra corrientes de servicio en condiciones normales y de falla.

En un sistema de puesta a tierra podemos encontrar elementos tales como una malla compuesta por conductores desnudos, como así también electrodos profundos (jabalinas) o la combinación de ambas. Este último se puede dar cuando la malla dentro

del terreno no es suficiente para drenar la totalidad de la corriente de falla, por lo tanto, se complementa la malla con jabalinas. En el caso de que, si cumpliera la malla de puesta a tierra, se deben colocar también jabalinas en puntos estratégicos como los vértices del mallado, en el neutro del transformador, entre otros; esto permite que las corrientes evacúen de mejor manera.

Antes de comenzar con el diseño de la puesta a tierra, debemos de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- **Trazado:** Se busca que la forma del mallado sea de una forma regular tal como un rectángulo o cuadrados. Generando un perímetro y luego se trazan conductores verticales y horizontales, produciéndose una cuadrícula.
- **Profundidad:** Se considera que para los conductores interiores una profundidad de 0.8[m] y para la periferia de 1.2[m]
- **Material:** Se utiliza cobre con una sección mayor a los 35 mm<sup>2</sup> por la corrosión, como así también, se considera utilizar la menor cantidad de hilos. Las uniones se deben hacer mediante morsetos o soldadas.
- **Jabalinas:** Se conectan en los puntos de inserción de la malla y se recomienda que la longitud no debe ser menor a 6 metros. Esta se debe colocar a golpes para garantizar un buen contacto con el terreno, además de que se debe dejar una cámara de inspección para poder desconectar el morseto para poder realizar una medición de resistencia.
- **Recubrimiento del suelo:** Se recomienda recubrir la superficie del suelo para poder aumentar la resistividad y con esto permitir una mayor tensión de contacto y de paso.

Para comenzar con el diseño del mallado de puesta a tierra, calculamos los límites de corriente tolerados por el cuerpo humano debido a que dependiendo la magnitud de la corriente se pueden generar los siguientes efectos fisiológicos:

- Contracción muscular.
- Inconciencia.
- Fibrilación del corazón.
- Paro respiratorio.
- Quemaduras.

Este límite va a estar dado por la duración de la corriente que atraviesa el cuerpo humano y una constante relacionada con la energía producida durante el shock eléctrico, esta ecuación es la siguiente:

$$I_b = \frac{k}{\sqrt{t_s}}$$

Donde:

$I_b$  = Corriente que atraviesa el cuerpo humano en [A].

$t_s$  = Duración de la exposición en [s] (la ecuación es válida en un rango de 0.03 a 3 segundos)

$k$  = Constante relacionada con la energía producida durante el shock eléctrico (para persona de 70[kg] es de 0.157).

Luego tenemos que a partir de la corriente que tolera el cuerpo humano se obtienen los límites de tensión tolerables que además dependen de las impedancias entre la corriente y el cuerpo, estas son la tensión de contacto y de paso fundamentales para lograr un diseño seguro.

$$E_{paso} = (R_{cuerpo} + 6 * C_S * \rho_s) * I_b$$

$$E_{cont} = (R_{cuerpo} + 1.5 * C_S * \rho_s) * I_b$$

Donde:

$E_{paso}$  = Tensión de paso en [V].

$E_{cont}$  = Tensión de contacto en [V].

$R_{cuerpo}$  = Resistencia del cuerpo humano en [ $\Omega$ ] (tomamos 1000 $\Omega$ ).

$C_S$  = Coeficiente de reducción el cual considera la capa superficial teniendo en cuenta el espesor.

$\rho_s$  = Resistividad de la capa superficial en [ $\Omega$ \*m].

$h_s$  = Espesor de la capa en [m].

La resistividad de la capa superficial se toma la brindada por “Centros de transformación MT/BT de Schneider” (Schneider, 2000), la cual es de 3000[ $\Omega$ \*m], este material genera que la resistencia de contrato entre el suelo y los pies de las personas aumente considerablemente.

El factor de reducción  $C_s$  estará dado por la resistividad de la capa superficial, del espesor de esta y de la resistividad del suelo, y se calcula mediante la siguiente expresión.

$$C_S = \frac{1}{0.96} * \left[ 1 + 2 * \sum_{n=1}^{\infty} \frac{K^n}{\sqrt{1 + \left( 2 * n * \frac{h_s}{0.08} \right)^2}} \right]$$

$$K = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s}$$

En donde la resistividad del suelo puede variar dependiendo de la granulación, compactación, humedad, temperatura y cantidad de sales. La norma **IRAM 2281** brinda la siguiente tabla con los valores de resistividad más frecuentes que dependen del tipo del suelo:

Tipo de suelo	Resistividad [Ohm.m]
Tierra cenagosa	5 a 40
Barro, arcilla, humus	20 a 200
Arena	200 a 2500
Grava	2000 a 3000
Roca disgregada	Normalmente menor que 1000
Granito	2000 a 3000

Tabla 4 – Valores de resistividad medidos más frecuentemente (IRAM 2281 – 4)

*Ilustración 212. Tabla de resistividad de suelo*

Comenzamos con el dimensionamiento del conductor desnudo el cual se establecerá a partir de la corriente de falla, del material y las temperaturas que permite este y la temperatura ambiente:

$$A = I_G * \left( \frac{1}{\left( \frac{TCAP}{T_c * \alpha_r * \rho_r} \right) * \ln \left( \frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_0} \right)} \right)$$

Donde:

$I_G$  = Corriente de cortocircuito en [kA].

$A$  = Sección del conductor en [mm<sup>2</sup>].

$T_m$  = Temperatura máxima permitida para el material en [°C] (100[°C]).

$T_0$  = Temperatura ambiente en [°C] (20[°C]).

$T_r$  = Temperatura de referencia para las constantes del material en [°C] (20[°C]).

$\alpha_0$  = Coeficiente de resistividad térmica en [1/°C].

$\alpha_r$  = Coeficiente de resistividad térmica a la temperatura de  $T_r$  en 1/°C.

$\rho_r$  = Resistividad del conductor de la puesta.

$TCAP$  = Capacidad térmica por unidad de volumen en [J/(°C\*cm<sup>3</sup>)].

$T_c$  = Tiempo de duración de la falla en [s].

Considerando la corriente de cortocircuito fase-tierra brindada por la empresa que brinda el servicio eléctrico, la cual es de 3000[A], partiendo de este valor y considerando que se utilizara cable de cobre comercial duro, utilizaremos la siguiente tabla que tiene los valores característicos:

Descripción	Conductividad del material (%)	$\alpha_r$ a 20° C (1/°C)	$K_0$ a 0 °C (°C)	Temp. de fusión $T_m$ (°C)	$\rho_r$ 20°C ( $\mu\Omega\text{cm}$ )	TCAP [J/(cm <sup>3</sup> .°C)]
Cobre blando maleable	100	0,00393	234	1083	1,72	3,42
Cobre comercial duro	97	0,00381	242	1084	1,78	3,42
Alambre de acero recubierto de cobre	40	0,00378	245	1084	4,4	3,85

*Ilustración 213. Tabla de materiales de conductores*

Ya con las características obtenidas del conductor, partimos a calcular la sección de este:

<b>Cálculo de la sección del conductor</b>		
Sección conductor	S	39,3 [mm <sup>2</sup> ]
Capacidad térmica por unidad de vol.	TCAP	3,42 [j/(cm <sup>3</sup> *°C)]
Temperatura máxima permitida	$T_m$	100 °C
Temperatura ambiente	$T_0$	20 °
Coeficiente de resistividad térmica	$\alpha_r$	0,00381 [1/°C]
Resistividad del conductor de puesta a tierra	$\rho_r$	1,78 [ $\Omega$ *cm]
Coeficiente	$K_0$	242

Adoptando la próxima sección superior que es de 50[mm<sup>2</sup>], luego procedemos a calcular los valores límites de tensión de contacto y de paso, para ello consideraremos una persona de 70 [kg] y una duración de falla de 1 [s], en el cual podrá circular una corriente de manera segura de:

$$I_b = \frac{0.157}{\sqrt{1[s]}} = 0.157[A]$$

Lo siguiente a dimensionar es el factor de reducción por capa superficial que para este caso se contara con una capa de hormigón de 0,20 [m], por lo tanto, tomamos el valor mínimo de la tabla de resistividad del hormigón seco y que la resistividad del suelo es de 20[Ω\*m]. Partiendo de estas observaciones calculamos las tensiones mencionadas que se pueden observar en la siguiente tabla resumen:

<b>Cálculo de tensión de paso y contacto</b>		
Tensión de contacto límite para el humano	Ec	608,10 [V]
Tensión de paso límite para el humano	Ep	1961,41 [V]
Coeficiente de reducción de capa sup.	Cs	0,64
Resistividad del hormigón	Ohm	3000 [Ω *m]
Resistividad del suelo	Rho	20 [Ω *m]
Resistencia del cuerpo humano	Rb	1000 [Ω]
Espesor de capa superficial	hs	0,2 [m]

Luego de obtener la tensión de contacto y de paso limites, procedemos a calcular el máximo potencial a tierra el cual debe ser menor a las tensiones mencionadas (en caso de ser mayor se deben calcular las tensiones de paso y contacto con la corriente de cortocircuito). Este estará dado por la siguiente ecuación:

$$V_{GPR} = I_G \times R_g$$

Donde:

$I_G$  = Corriente máxima de falla en [A].

$R_g$  = Resistencia de puesta a tierra en [ $\Omega$ ].

Y la resistencia de puesta a tierra depende de la resistividad del terreno, la longitud del conductor, el área que cubre la malla y la profundidad que estará enterrada.

$$R_g = \rho_s * \left( \frac{1}{L_t} + \frac{1}{\sqrt{20 * A}} * \left( 1 + \frac{1}{1 + h * \sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right)$$

Donde:

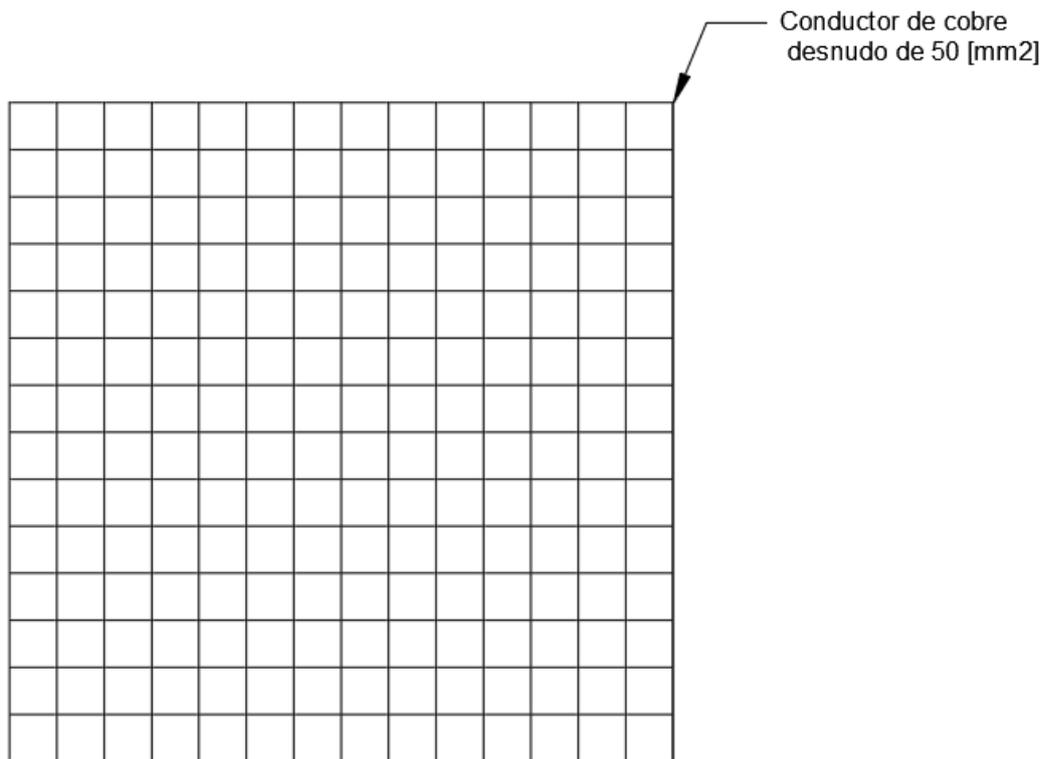
$\rho_s$  = Resistividad del suelo (20 [ $\Omega$ \*m]).

$L_t$  = Longitud del conductor enterrado en [m].

$A$  = Área ocupada por la malla en [m<sup>2</sup>].

$h$  = Profundidad de la malla en [m].

Para nuestro caso adoptamos un mallado de puesta a tierra de 7 [m] x 7[m], los conductores separados a 0.5 [m], por lo tanto, tendremos 15 conductores horizontales y 15 verticales, los cuales se encontrará ubicado en la sala del CT. A continuación, se puede observar la disposición del mallado.



*Ilustración 214. Malla 5x5 puesta a tierra*

Definido el mallado, se procede a calcular el máximo potencial a tierra, en la siguiente tabla se adjunta los valores obtenidos:

<b>Cálculo de máximo potencial a tierra</b>		
Máximo potencial de tierra (tensión de defecto)	VGPR	3237 [v]
Resistencia de puesta a tierra	Rg	1,1 [Ω]
Longitud total de los conductores	Lt	210 [m]
Profundidad de los conductores	h	1 [m]
Área cubierta por la malla	A	25 [m]
Corriente máxima de falla	I <sub>G</sub>	3000 [A]

El valor obtenido es mayor a las tensiones de contacto y de paso calculadas, no verificando la condición requerida que deben ser menores a la tensión de defecto. Por lo tanto, se debe calcular la tensión de malla y de paso. Para dimensionar la primera tensión, partimos de utilizar la siguiente ecuación:

$$E_m = \frac{\rho * K_m * K_i * I_G}{L_m}$$

Donde:

$\rho$  = Resistividad del terreno.

$K_m$  = Factor de espacio para el voltaje de malla.

$K_i$  = Factor de irregularidad.

$I_G$  = Corriente máxima que circula entre la puesta a tierra y la tierra circundante.

$L_m$  = Longitud del conductor efectivamente enterrados.

Para poder calcular la tensión de la malla, primero se deberán determinar los factores, comenzando con el de espacio:

$$K_m = \frac{1}{2 * \pi} * \left[ \ln \left( \frac{D^2}{16 * h * d} + \frac{(D + 2 * h)^2}{8 * D * d} - \frac{h}{4 * d} \right) \right] + \left[ \frac{K_{II}}{K_h} * \ln \left( \frac{8}{\pi * (2 * n - 1)} \right) \right]$$

Donde:

$D$  = Espacio entre conductores paralelos.

$d$  = Diámetro del conductor.

$h$  = Profundidad de los conductores de la malla de tierra.

$K_h$  = Factor de corrección de la profundidad de la malla.

$K_{II}$  = Factor de corrección de los conductores de internos.

$$K_{II} = \frac{1}{(2 * n)^{\frac{2}{n}}}$$

Donde n corresponde al número efectivos de conductores y es igual a:

$$n = \frac{2 * L_c}{L_p}$$

Donde:

$L_c$  = Longitud lineal total del conductor de la malla.

$L_p$  = Longitud perimetral de la malla.

Por último, se expresa la fórmula para determinar el factor de irregularidad:

$$K_i = 0.644 + 0.148 * n$$

A continuación, se muestra una tabla resumen con todos los valores para el cálculo de la tensión de malla:

Cálculo de tensión de malla		
Tensión de malla	Em	425,2 [V]
Factor de espacio para voltaje de m	Km	0,52
Factor de corrección con. Int. Esquina m.	Kii	1
Factor de corrección profundidad	Kh	1,4
Factor de geométrica	n	15
Facto de espacio de la geometría de m	Ki	2,86
Resistividad del suelo	$\rho$	20 [ $\Omega$ *m]
Corriente máxima de malla	IG	3000 [A]
Longitud efectiva	Lm	210 [m]
Espacio entre conductores paralelos	D	0,5 [m]
Diámetro de los conductores	d	0,0091 [m]
Longitud perimetral de la malla	Lp	28 [m]

Luego se procede a calcular la tensión de paso para si de esta manera realizar la comparativa final entre estos valores calculados y los admisibles para el cuerpo humano. Esta tensión está dada por la siguiente ecuación:

$$E_s = \frac{\rho * K_s * K_i * I_G}{L_s}$$

Donde:

$K_s$  = Factor de espacio para voltajes de paso.

$L_s$  = Longitud efectiva del voltaje de malla.

Para lo cual estas variables se calculan de la siguiente manera:

$$K_s = \frac{1}{\pi} * \left( \frac{1}{2 * h} + \frac{1}{D + h} + \frac{1}{D} * (1 - 0.5^{n-2}) \right)$$

$$L_s = 0.75 * L_c$$

Como el caso anterior, se procede a adjuntar una tabla resumen con los valores calculados.

<b>Cálculo de tensión de paso</b>		
Tensión de paso	Es	1100,2 [V]
Longitud efectiva	Ls	157,5 [m]
Factor de espacio para voltaje de paso	Ks	1,01

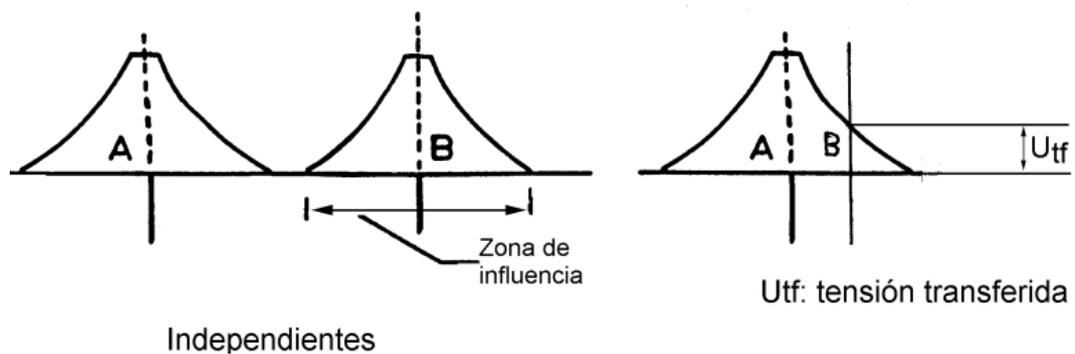
Por último, verificamos en la siguiente tabla comparativa que las tensiones de contacto y paso calculadas son menores a las admisibles.

<b>Tabla comparativa de tensión de paso y contacto</b>		
Tensión de contacto límite para el humano	Ec	608,10 [V]
Tensión de malla	Em	425,2 [V]
Tensión de paso límite para el humano	Ep	1961,41 [V]
Tensión de paso	Es	1100,2 [V]

Como podemos observar, se cumple satisfactoriamente las condiciones planteadas, dando por terminado el cálculo de la malla de puesta a tierra. Cabe mencionar que además del mallado de puesta a tierra se agregaran 4 jabalinas de cobre de 5/8" y 3 metros de largos en los vértices del mallado para permite que las corrientes evacuen de mejor manera.

Por último, se debe determinar si se compone un sistema de tierras reunidas o separadas, para ello nos basaremos en “Centros de transformación MT/BT” (Schneider, 2000). Que los sistemas se encuentren reunidos o separados hace referencia que la puesta a tierra de servicio y protección se dispongan en un solo sistema y electrodos en común o que se cuenten con dos redes separadas (cada una con su electrodo) respectivamente.

Primero explicaremos que sucede cuando se produce una falla como afecta tener la puesta a tierra de protecciones y servicio separadas a distintas distancias, para ello en la siguiente imagen representaremos dos electrodos de puestas a tierra A y B.



*Ilustración 215. Tierra de protección y servicio separada*

Si observamos la ilustración, se puede apreciar que ante un defecto se produce una circulación de corriente a tierra generándose un diferencial potencial que se van reduciendo con la distancia hasta llegar a cero. Por lo tanto, en el caso de la izquierda en donde los electrodos están separados una cierta distancia en la cual si se produce una falla ya sea en la tierra de protección o servicio, la diferencia de potencial que se produce no tendrá efecto en uno de ellos por estar fuera de la zona de influencia. Ahora bien, si observamos el caso de la derecha, podemos apreciar que, si se produce una circulación de corriente a tierra en el electrodo A y el electrodo B al encontrarse en la

zona de influencia, se genera una tensión transferida a este y por ende a los elementos conectados a él.

A partir de lo mencionado se deberá analizar si es conveniente que el sistema de tierra este separado o unido, para ello deberemos de analizar que si contamos con el sistema unido y antes un fallo de MT la tensión de defecto que circulará por los elementos de BT (Entre caja de transformador y el secundario de BT, entre armario de BT y los aparatos) deberá ser menor a la tensión de aislamiento de dichos elementos. Este valor se establece como la tensión de ensayo durante 1 minuto a  $2*U + 1000$  [V], pero se adopta un valor de 1000 [V] para de esta manera contar con un margen de seguridad, por lo tanto, la tensión de defecto no debe superar los 1000 [v]:

$$U_d = I_d * R_t \leq 1000 [V]$$

Ahora bien, analizando lo descrito en el desarrollo de la malla de puesta a tierra, la tensión de defecto que se producirá ante un fallo de MT  $U_d = 3372[V]$ . Por lo tanto, se concluye que se deberá contar con un sistema de tierra separado.

Estos electrodos, como se mencionó anteriormente, deberán estar separados una distancia D mínima que aseguro que no se transferirá una tensión mayor de 1000[V] entre electrodos. Esta distancia D mínima se calculará con la siguiente ecuación:

$$D \geq \frac{\rho * I_d}{2000 * \pi}$$

Reemplazando tendremos:

$$D \geq \frac{20[\Omega * m] * 3000[A]}{2000 * \pi}$$

$$D \geq 9,55 [m]$$

### 3.6.6 Compensación factor de potencia

La compensación del factor de potencia es un parámetro fundamental que afecta la eficiencia y la calidad del suministro eléctrico en sistema industriales, por lo tanto, se trata de mantener un factor cercano a la unidad para garantizar un uso eficiente de la energía eléctrica y evitar penalizaciones por parte de la compañía eléctrica. El mejoramiento del factor de potencia se fundamente en las siguientes pautas:

- Disminuir las pérdidas de energía.
- Disminuir las potencias aparentes necesarias de la maquina generadora y los transformadores intercalados.
- Disminuir la sección de los conductores de las líneas de transporte y distribución.
- Facilitar la regulación de la tensión.

Antes de comenzar con el dimensionamiento del mejoramiento del  $\cos \phi$ , cabe destacar algunos conceptos básicos tales como:

- Energía activa: Todo equipo eléctrico que es alimentado por corriente alterna convierten la energía eléctrica suministrada en trabajo mecánico y calor. Esta energía se denomina energía activa y se mide en kWh. Los equipos que absorben únicamente este tipo de energía se denominan resistivos.
- Energía reactiva: Otros equipos además de convertir la energía eléctrica en trabajo y calor, requieren de campos magnéticos para su funcionamiento tales como motores, transformadores, etc. Estos consumen otro tipo de energía, denominada reactiva, la cual provoca perdidas en los conductores y consumos de energía suplementarios que no son aprovechables (estos se producen entre la fuente y receptores).

- $\cos \phi$ : Las cargas inductivas provocan un desfase entre la onda de la tensión y la intensidad. El ángulo  $\phi$  es el que mide dicho desfase e indica la relación entre la intensidad reactiva y activa de una instalación (como así también para relacionar las potencias o energías activa y reactiva).

La compensación se puede realizar con unidades capacitivas, ya sea con capacitores eléctricos o la aplicación de motores sincrónicos, estos se pueden instalar de distintas maneras:

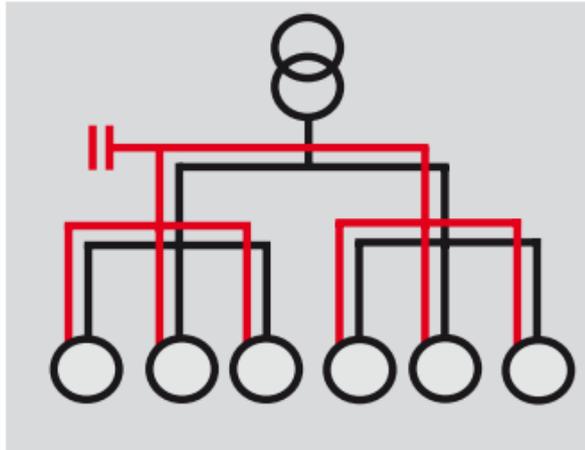
- Compensación global: Este tipo de compensación corrige el factor de potencia mediante un banco de capacitores que se instala en la acometida, cerca de los tableros de distribución, la cual suministra la potencia reactiva demandada por diversos equipos con diferentes potencias y tiempos de operación. El banco de capacitores se divide en varios bloques y mediante un regulador automático de energía reactiva, conecta y desconecta los bloques que sean necesarios para obtener el factor de potencia deseado. Las ventajas que se obtiene con esta compensación son:
  - Suprime las penalizaciones por factor de potencia bajo.
  - Ajusta la potencia aparente a la necesidad real de la instalación.
  - Mejora la utilización de la capacidad de los bancos de capacitores.
  - Se obtiene una mejora en la regulación del voltaje del sistema eléctrico.

Pero se presentan las siguientes desventajas:

- La corriente reactiva está presente en los conductores desde el motor hasta los tableros, por lo tanto, las pérdidas de efecto Joule en los cables no quedan disminuidas.

- Se requiere de un regulador automático para el banco de capacitores.

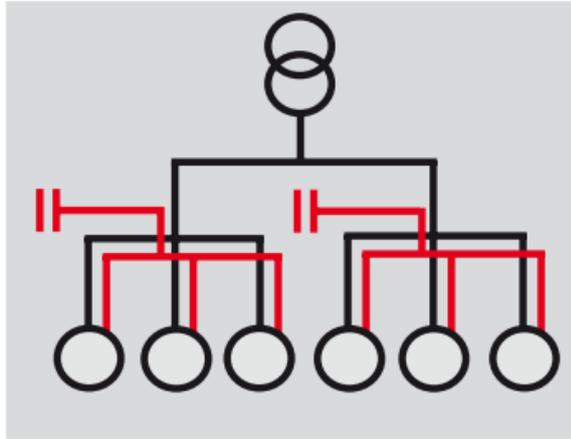
El diagrama de conexión de esta solución se puede apreciar en la siguiente ilustración.



*Ilustración 216 - Esquema de compensación global*

- Compensación parcial: Este tipo de compensación se utiliza cuando un grupo de cargas se conectan simultáneamente y demandan potencia reactiva constante. Las ventajas que se obtienen son las siguientes:
  - Suprime las penalizaciones por factor de potencia bajo.
  - Las pérdidas por efecto Joule en los cables disminuye.
  - Se reducen los costos de inversión respecto a la compensación individual.

La desventaja que presenta es que se optimiza una parte de la instalación, ya que la energía reactiva circulara entre el grupo de los equipos y la instalación de compensación. En la siguiente ilustración se puede observar dicha compensación en grupo.



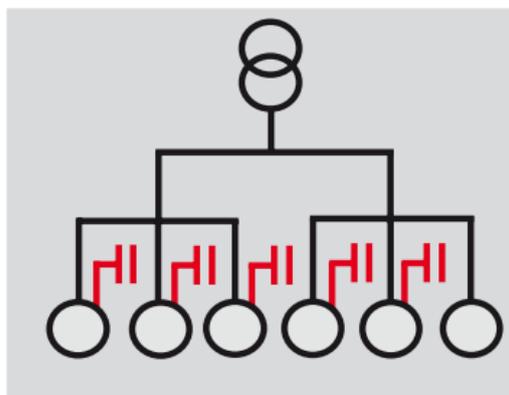
*Ilustración 217 - Esquema de compensación parcial*

- Compensación individual: En este caso cada carga inductiva se le asigna una unidad capacitiva que suministre reactiva para su compensación. Por lo general se utiliza en equipos que tienen una operación continua y su consumo de carga inductiva es representativo. Este tipo de compensación tiene las siguientes ventajas:
  - Suprime las penalizaciones por factor de potencia bajo.
  - Al abastecer la energía reactiva en el lugar del consumo, genera una optimización de toda la instalación eléctrica.
  - La corriente reactiva no se presenta en los cables de la instalación.
  - Las pérdidas por efecto Joule en los cables se suprimen.

Las desventajas que se presentan son las siguientes:

- El costo de varios capacitores por separado es mayor que el de un capacitor individual de valor equivalente.
- Existe subutilización para aquellos capacitores que no son usado con frecuencia.

En este caso los capacitores son instalados cerca de la carga inductiva generando que la potencia reactiva circule solamente por conductores cortos entre el motor y el capacitor, esto se puede apreciar en la siguiente ilustración.



*Ilustración 218 - Esquema de compensación individual*

Para el dimensionamiento de la capacidad del banco de capacitor debemos de tener en cuenta todas las cargas de los tableros seccionales obteniendo la potencia activa y reactiva total. Con dichos valores, obtenemos el factor de potencia global el cual utilizaremos para calcular la potencia requerida a compensar.

Tableros	Corriente [Aac]	Corriente [Ar]	Cos ( $\phi$ )	Potencia activa [kW]	Potencia reactiva [kVA]	Potencia aparente [kVa]
TS1	96	55	0,87	57	32	65
TS2	11	8	0,83	7	4	8
TS3	24	17	0,81	14	10	17
TS4	135	84	0,85	79	49	93
TS5	66	43	0,84	38	25	46
TS6	39	11	0,96	26	8	27
TS7	70	47	0,83	40	27	48
TS8	2	1	0,82	1	1	1
TS9	34	17	0,90	21	10	23
TS10	21	13	0,85	6	4	7
Total	498	296	0,86	289	169	336

*Tabla 90. Resumen de cargas*

Luego de obtener el factor de potencia global mediante las potencia activas y reactivas totales, se plantea un coseno de phi objetivo igual a 0.9, el cual utilizaremos para calcular la potencia reactiva a compensar. A continuación, se plantea la ecuación a utilizar para obtener la capacidad mínima del banco de capacitores:

$$Q = P * (tg(\phi_1) - tg(\phi_2))$$

A partir de dicha formula procedemos a realizar los cálculos necesarios, volcando los resultados en las siguientes tablas.

<b>Factor de potencia objetivo</b>	
Cos ( $\phi_2$ )	0,9
$\phi_2$	25,84

<b>Factor de potencia de la inst.</b>	
Cos ( $\phi_1$ )	0,86
$\phi_1$	30,74

<b>Potencia a compensar</b>	
Tg ( $\phi_2$ )	0,48
Tg ( $\phi_1$ )	0,59
Q [kVAr]	31,89

*Tabla 91. Factores y potencia a compensar*

Para verificar que los cálculos realizados son correctos, utilizaremos la table correspondiente al manual de Schneider “Corrección de FP”, en la cual para ingresar necesitaremos el coseno de phi objetivo y el coseno de phi antes de la compensación. Esto se puede observar en la siguiente ilustración:

Antes de la compensación		Potencia del condensador en kVAr a instalar por kW de carga para elevar el factor de potencia (cos φ o tg φ a obtener)														
tg φ	cos φ	tg φ	0,75	0,59	0,48	0,45	0,42	0,39	0,36	0,32	0,29	0,25	0,20	0,14	0,00	
		cos φ	0,8	0,86	0,9	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1	
2,29	0,40		1,541	1,698	1,807	1,836	1,865	1,896	1,928	1,963	2,000	2,041	2,088	2,149	2,291	
2,22	0,40		1,475	1,631	1,740	1,769	1,799	1,829	1,862	1,896	1,933	1,974	2,022	2,082	2,225	
2,16	0,42		1,411	1,567	1,676	1,705	1,735	1,766	1,798	1,832	1,869	1,910	1,958	2,018	2,161	
2,10	0,43		1,350	1,506	1,615	1,644	1,674	1,704	1,737	1,771	1,808	1,849	1,897	1,957	2,100	
2,04	0,44		1,291	1,448	1,557	1,585	1,615	1,646	1,678	1,712	1,749	1,790	1,838	1,898	2,041	
1,98	0,45		1,235	1,391	1,500	1,529	1,559	1,589	1,622	1,656	1,693	1,734	1,781	1,842	1,985	
1,93	0,46		1,180	1,337	1,446	1,475	1,504	1,535	1,567	1,602	1,639	1,680	1,727	1,788	1,930	
1,88	0,47		1,128	1,285	1,394	1,422	1,452	1,483	1,515	1,549	1,586	1,627	1,675	1,736	1,878	
1,83	0,48		1,078	1,234	1,343	1,372	1,402	1,432	1,465	1,499	1,536	1,577	1,625	1,685	1,828	
1,78	0,49		1,029	1,186	1,295	1,323	1,353	1,384	1,416	1,450	1,487	1,528	1,576	1,637	1,779	
1,73	0,5		0,982	1,139	1,248	1,276	1,306	1,337	1,369	1,403	1,440	1,481	1,529	1,590	1,732	
1,69	0,51		0,937	1,093	1,202	1,231	1,261	1,291	1,324	1,358	1,395	1,436	1,484	1,544	1,687	
1,64	0,52		0,893	1,049	1,158	1,187	1,217	1,247	1,280	1,314	1,351	1,392	1,440	1,500	1,643	
1,60	0,53		0,850	1,007	1,116	1,144	1,174	1,205	1,237	1,271	1,308	1,349	1,397	1,458	1,600	
1,56	0,54		0,809	0,965	1,074	1,103	1,133	1,163	1,196	1,230	1,267	1,308	1,356	1,416	1,559	
1,52	0,55		0,768	0,925	1,034	1,063	1,092	1,123	1,156	1,190	1,227	1,268	1,315	1,376	1,518	
1,48	0,56		0,729	0,886	0,995	1,024	1,053	1,084	1,116	1,151	1,188	1,229	1,276	1,337	1,479	
1,44	0,57		0,691	0,848	0,957	0,986	1,015	1,046	1,079	1,113	1,150	1,191	1,238	1,299	1,441	
1,40	0,58		0,655	0,811	0,920	0,949	0,969	1,009	1,042	1,076	1,113	1,154	1,201	1,262	1,405	
1,37	0,59		0,618	0,775	0,884	0,913	0,942	0,973	1,006	1,040	1,077	1,118	1,165	1,226	1,368	
1,33	0,6		0,583	0,740	0,849	0,878	0,907	0,938	0,970	1,005	1,042	1,083	1,130	1,191	1,333	
1,30	0,61		0,549	0,706	0,815	0,843	0,873	0,904	0,936	0,970	1,007	1,048	1,096	1,157	1,299	
1,27	0,62		0,515	0,672	0,781	0,810	0,839	0,870	0,903	0,937	0,974	1,015	1,062	1,123	1,265	
1,23	0,63		0,483	0,639	0,748	0,777	0,807	0,837	0,873	0,904	0,941	0,982	1,030	1,090	1,233	
1,20	0,64		0,451	0,607	0,716	0,745	0,775	0,805	0,838	0,872	0,909	0,950	0,998	1,058	1,201	
1,17	0,65		0,419	0,672	0,685	0,714	0,743	0,774	0,806	0,840	0,877	0,919	0,966	1,027	1,169	
1,14	0,66		0,388	0,639	0,654	0,683	0,712	0,743	0,775	0,810	0,847	0,888	0,935	0,996	1,138	
1,11	0,67		0,358	0,607	0,624	0,652	0,682	0,713	0,745	0,779	0,816	0,857	0,905	0,966	1,108	
1,08	0,68		0,328	0,576	0,594	0,623	0,652	0,683	0,715	0,750	0,788	0,828	0,875	0,936	1,078	
1,05	0,69		0,299	0,545	0,565	0,593	0,623	0,654	0,686	0,720	0,757	0,798	0,846	0,907	1,049	
1,02	0,7		0,270	0,515	0,536	0,565	0,594	0,625	0,657	0,692	0,729	0,770	0,817	0,878	1,020	
0,99	0,71		0,242	0,485	0,508	0,536	0,566	0,597	0,629	0,663	0,700	0,741	0,789	0,849	0,992	
0,96	0,72		0,214	0,456	0,480	0,508	0,538	0,569	0,601	0,665	0,672	0,713	0,761	0,821	0,964	
0,94	0,73		0,186	0,427	0,452	0,481	0,510	0,541	0,573	0,608	0,645	0,686	0,733	0,794	0,936	
0,91	0,74		0,159	0,398	0,425	0,453	0,483	0,514	0,546	0,580	0,617	0,658	0,706	0,766	0,909	
0,88	0,75		0,132	0,370	0,398	0,426	0,456	0,487	0,519	0,553	0,590	0,631	0,679	0,739	0,882	
0,86	0,76		0,105	0,343	0,371	0,400	0,429	0,460	0,492	0,526	0,563	0,605	0,652	0,713	0,855	
0,83	0,77		0,079	0,316	0,344	0,373	0,403	0,433	0,466	0,500	0,537	0,578	0,626	0,686	0,829	
0,80	0,78		0,052	0,289	0,318	0,347	0,376	0,407	0,439	0,574	0,511	0,552	0,559	0,660	0,802	
0,78	0,79		0,026	0,262	0,292	0,320	0,350	0,381	0,413	0,447	0,484	0,525	0,573	0,634	0,776	
0,75	0,8			0,235	0,266	0,294	0,324	0,355	0,387	0,421	0,458	0,449	0,547	0,608	0,750	
0,72	0,81			0,209	0,240	0,268	0,298	0,329	0,361	0,395	0,432	0,473	0,521	0,581	0,724	
0,70	0,82			0,183	0,214	0,242	0,272	0,303	0,335	0,369	0,406	0,447	0,495	0,556	0,698	
0,67	0,83			0,157	0,188	0,216	0,246	0,277	0,309	0,343	0,380	0,421	0,469	0,530	0,672	
0,65	0,84			0,131	0,162	0,190	0,220	0,251	0,283	0,317	0,354	0,395	0,443	0,503	0,646	
0,62	0,85			0,105	0,135	0,164	0,194	0,225	0,257	0,291	0,328	0,369	0,417	0,477	0,620	
0,59	0,86			0,079	0,109	0,138	0,167	0,198	0,230	0,265	0,302	0,343	0,390	0,451	0,593	
0,56	0,87			0,053	0,082	0,111	0,141	0,172	0,204	0,238	0,275	0,316	0,364	0,424	0,567	
0,53	0,88			0,029	0,055	0,084	0,114	0,145	0,177	0,211	0,248	0,289	0,337	0,397	0,540	
0,51	0,89				0,028	0,057	0,086	0,117	0,149	0,184	0,221	0,262	0,309	0,370	0,512	
0,342	0,90					0,029	0,058	0,089	0,121	0,156	0,193	0,234	0,281	0,48	0,484	

Ilustración 219 - Factor de [kVAr] por [kW]

Con el valor obtenido se procede a multiplicarlo por la potencia activa total para obtener la potencia reactiva a compensar:

$$Q = 0.109 * 289[kW] = 31.5[kVAr]$$

Verificando que el valor calculado es aproximadamente igual al valor obtenido mediante tabla.

Por último, deberemos seleccionar el banco de capacitores mejor se adapte a nuestras necesidades, para ello utilizaremos el catálogo de Schneider seleccionado el modelo “Varset Premiun automático 400 v con interruptor de cabecera”:

Referencias	Q (kVAr)	Escalón más pequeño	Regulación	Núm. de pasos eléctricos	Núm. de pasos físicos	Icu	Interruptor de cabecera	Armario
Fijación mural - acometida inferior								
VLVAW0N03526AA	6	3	3 + 3	2	2	15 kA	IC60H 13A	VLVAW0N
VLVAW0N03501AA	9	3	3 + 6.25	3	2		IC60H 20A	
VLVAW0N03527AA	12.5	3	3 + 3 + 6.25	4	3		IC60H 32A	
VLVAW0N03502AA	16	3	3 + 6.25 + 6.25	5	3		IC60H 40A	
VLVAW0N03503AA	22	3	3 + 6.25 + 12.5	7	3		IC60H 50A	
VLVAW0N03504AA	32	6.25	6.25 + 12.5 + 12.5	5	3	IC60H 63A		
<b>VLVAW1N03505AA</b>	<b>34</b>	<b>3</b>	<b>3 + 6.25 + 12.5 + 12.5</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	35 kA	<b>NSX160F 125A</b>	VLVAW1N
VLVAW1N03528AA	37.5	6.25	6.25 + 6.25 + 12.5 + 12.5	6	4		NSX160F 125A	
VLVAW1N03506AA	50	6.25	6.25 + 6.25 + 12.5 + 25	8	4		NSX160F 160A	
VLVAW1N03529AA	69	6.25	6.25 + 12.5 + 25 + 25	11	4		NSX250F 200A	
VLVAW1N03507AA	75	25	25 + 25 + 25	3	3		NSX250F 200A	
VLVAW1N03530AA	87.5	12.5	12.5 + 25 + 25 + 25	7	4	NSX250F 250A		
VLVAW1N03508AA	100	25	25 + 25 + 25 + 25	4	4	NSX250F 250A		
VLVAW2N03509AA	125	25	25 + 50 + 50	5	3	NSX400N 400A	VLVAW2N	
VLVAW2N03531AA	137.5	12.5	12.5 + 25 + 50 + 50	11	4	NSX400N 400A		
VLVAW2N03510AA	150	50	50 + 50 + 50	3	3	NSX400N 400A		
VLVAW2N03511AA	175	25	25 + 3x50	7	4	NSX400N 400A		
VLVAW3N03512AA	200	25	25 + 25 + 3x50	8	5	NSX400N 400A		
VLVAW3N03513AA	225	25	25 + 4x50	9	5	NSX630N 630A	VLVAW3N	
VLVAW3N03532AA	238	12.5	12.5 + 25 + 4x50	19	6	NSX630N 630A		
VLVAW3N03514AA	250	25	25 + 25 + 4x50	10	6	NSX630N 630A		
VLVAW3N03515AA	275	25	25 + 5x50	11	6	NSX630N 630A		
VLVAW3N03516AA	300	50	6x50	6	6	NSX630N 630A		

Como podemos observar seleccionamos un banco de capacitores “VLVAW1N03505AA” el cual posee una potencia reactiva Q de 34 [kVAr], el cual posee 4 escalones de 3, 6.25, 12.5 y 12.5. Este cuenta con un interruptor de cabecera NSX160 F de 125 [A] y un poder de cortocircuito de 15 [kA].

### 3.6.7 Cálculo de iluminación

El cálculo de iluminación en una nave industrial es fundamental para garantizar condiciones de trabajo seguras, eficientes y confortables todo el personal. Este proceso implica evaluar la cantidad y calidad de la luz necesaria en diferentes áreas de la planta industrial, considerando factores como la distribución del espacio, las actividades realizadas y las normativas de seguridad vigentes. En este apartado de cálculo, se determinan los tipos de luminarias, su disposición óptima y la intensidad lumínica adecuada para cada zona, los cuales se evaluarán a través de una simulación en software Dialux, programa ideal para este tipo de análisis.

## **Consideraciones generales**

Para realizar la simulación en Dialux, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- El cálculo se realizó solamente en el área de operación industrial, no se tuvieron en cuenta pasillos ni oficinas.
- No se consideraron los objetos o volúmenes que estarán ubicados dentro de la nave, tales como máquinas, acopios, etc, que puedan generar sombras.
- La altura de montaje de las luminarias es 6200 [mm] respecto del suelo de la nave industrial, y su eje longitudinal estará dispuesto de forma normal a dicho suelo, a excepción de los sectores que se requirió ajustar ángulos de 30° para lograr una mejor uniformidad de iluminación.
- La normativa que se utilizó como referencia es la Norma IRAM AADL J 2022.

## **Objetivo de la simulación**

Acorde a la normativa de la AADL (Asociación Argentina de Luminotecnia), el nivel de iluminación necesario en un espacio determinado está definido por el tipo de actividad a realizar. Existen tareas que requieren más nivel de iluminación que otras debido a la precisión que requiere tal proceso.

Para contar con valores de referencia, en la siguiente ilustración se muestra un extracto de la norma (IRAM AADL J 2022, 2011) que presenta los diferentes niveles mínimos en [lux] que recomienda esta normativa.

 <p><b>PAPELERA</b></p> <p>1) Las fuentes luminosas a utilizar tendrán una buena reproducción del color</p>	Inspección	600	
	Local de máquinas	100	
	Corte, terminación	300	
	Inspección	500	
	<b>Manufactura de cajas</b>		
	Encartonado fino	300	
	Cartones ordinarios, cajones	200	

*Ilustración 220. Nivel mínimo de iluminación*

Tomando en consideración que el rubro de la actividad es el rubro papelerero, y considerando que la fabricación de tubos de cartón se asemeja a grandes rasgos a una actividad de fabricación de cajas, se tomaron los siguientes valores de referencia para la simulación:

- **Rubro:** manufactura de cajas – cartones ordinarios, cajones
- **Nivel mínimo de iluminación:** 200 [lux]

### Área de cálculo

Dialux permite la posibilidad de dibujar un polígono que se destinará como superficie de cálculo para en análisis de iluminación. Como se mencionó en las consideraciones generales, este polígono estará limitado al área donde se desarrollarán las tareas operativas de la planta. En la imagen siguiente se muestra la superficie a evaluar, la cual se encuentra al mismo nivel del suelo de la planta.



Ilustración 221. Superficie de cálculo

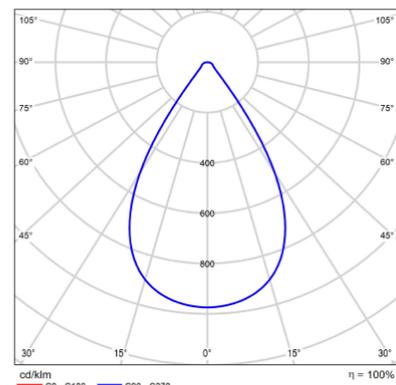
### Artefacto de iluminación

La luminaria a utilizar será de tecnología LED, para montaje en techo de forma colgante, cuyas características se presentan en la **Ilustración 222**.

### Ficha de producto

Lemvigh-Müller - LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°

	
N° de artículo	5641000930
P	210.0 W
Φ Lámpara	30000 lm
Φ Luminaria	29995 lm
η	99.98 %
Rendimiento lumínico	142.8 lm/W
CCT	6500 K
CRI	80



CDL polar

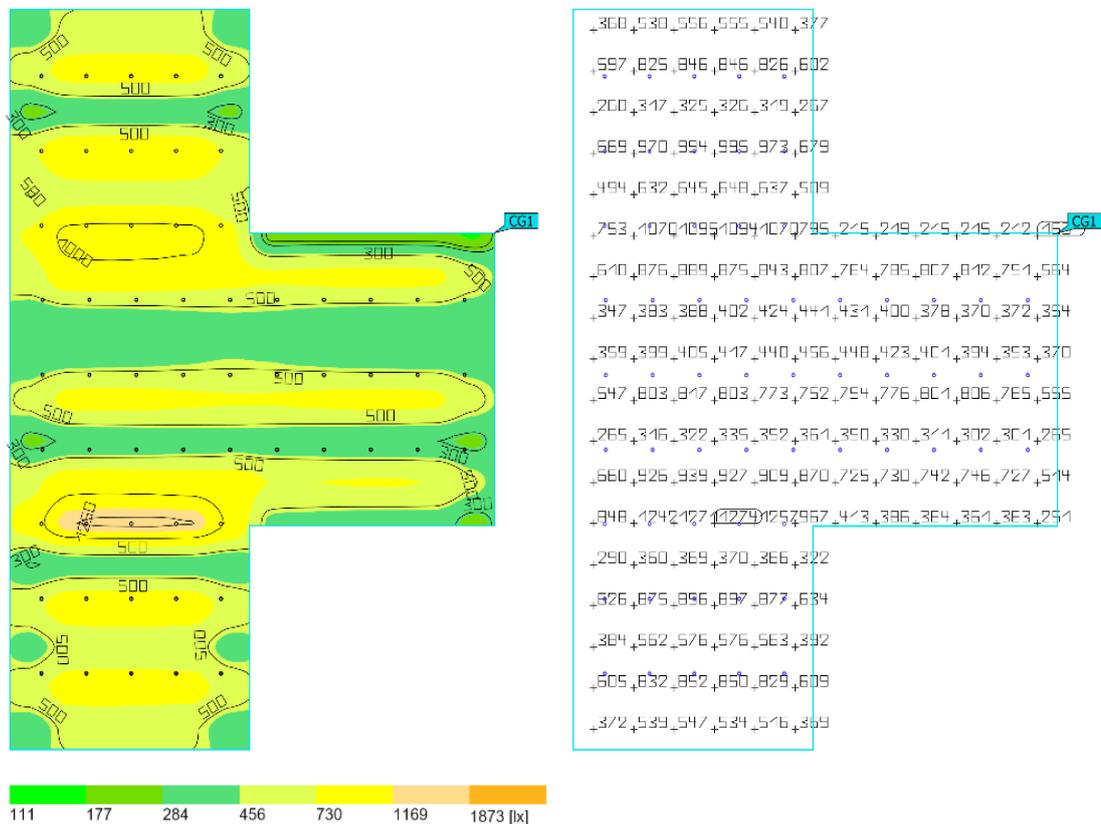
Ilustración 222. Luminaria LED Galponera

## Simulación lumínica

Definidos todos los parámetros para el cálculo lumínico de la nave, en la **Ilustración 223** se presentan los resultados de simulación realizada en software Dialux.

Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_0 (g_1)$	$g_2$	Índice
Área de trabajo Iluminancia perpendicular Altura: 0.000 m	595 lx	163 lx	1274 lx	0.27	0.13	CG1

Perfil de uso: Configuración DIALux predeterminada (5.1.4 Estándar (área de tránsito al aire libre))



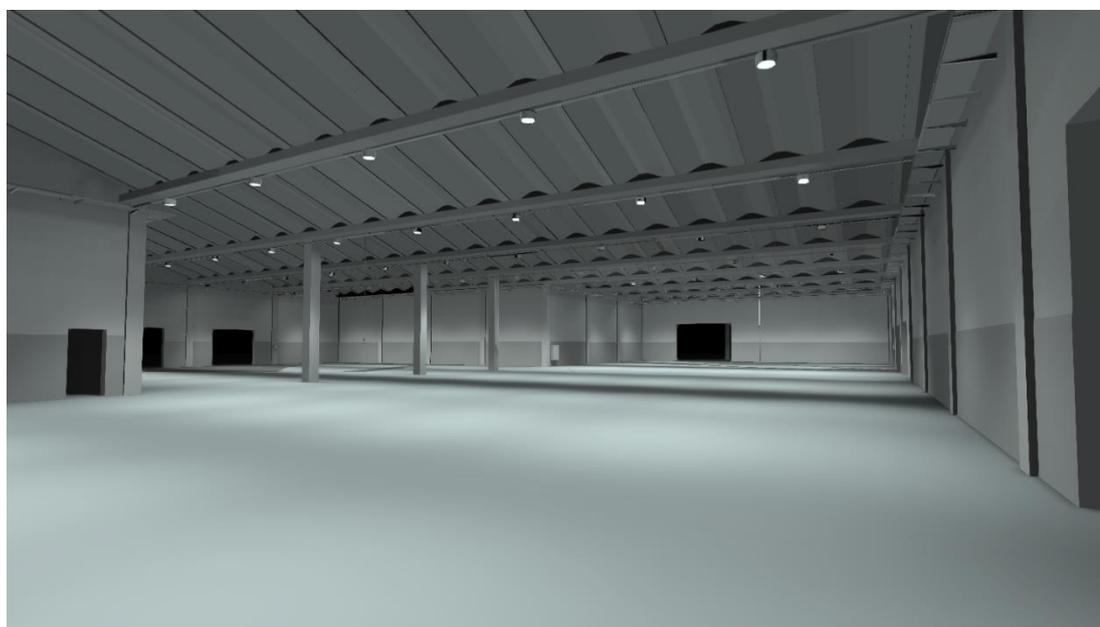
**Ilustración 223. Simulación lumínica en Dialux**

## Solución adoptada

En función de los resultados obtenidos en la simulación y presentados en la **Ilustración 223**, el valor mínimo de iluminación para esta solución es  $E_{\min} = 163$  [lux], no alcanzando los 200 [lux] mínimos que exige la normativa AADL. Sin embargo, este valor mínimo se da en una de las esquinas que, acorde al layout de la **Ilustración**

**221** estará destinada al acopio temporal de tubos de cartón de 6 metros de longitud. En adición a esto, se puede observar que en el área mayoritaria de la nave existen niveles de iluminación entre 200 [lux] y 700 [lux] según las curvas isolux de la **Ilustración 223**, con lo cual se puede concluir que la solución propuesta en la simulación cumple holgadamente las necesidades lumínicas operativas de la nave.

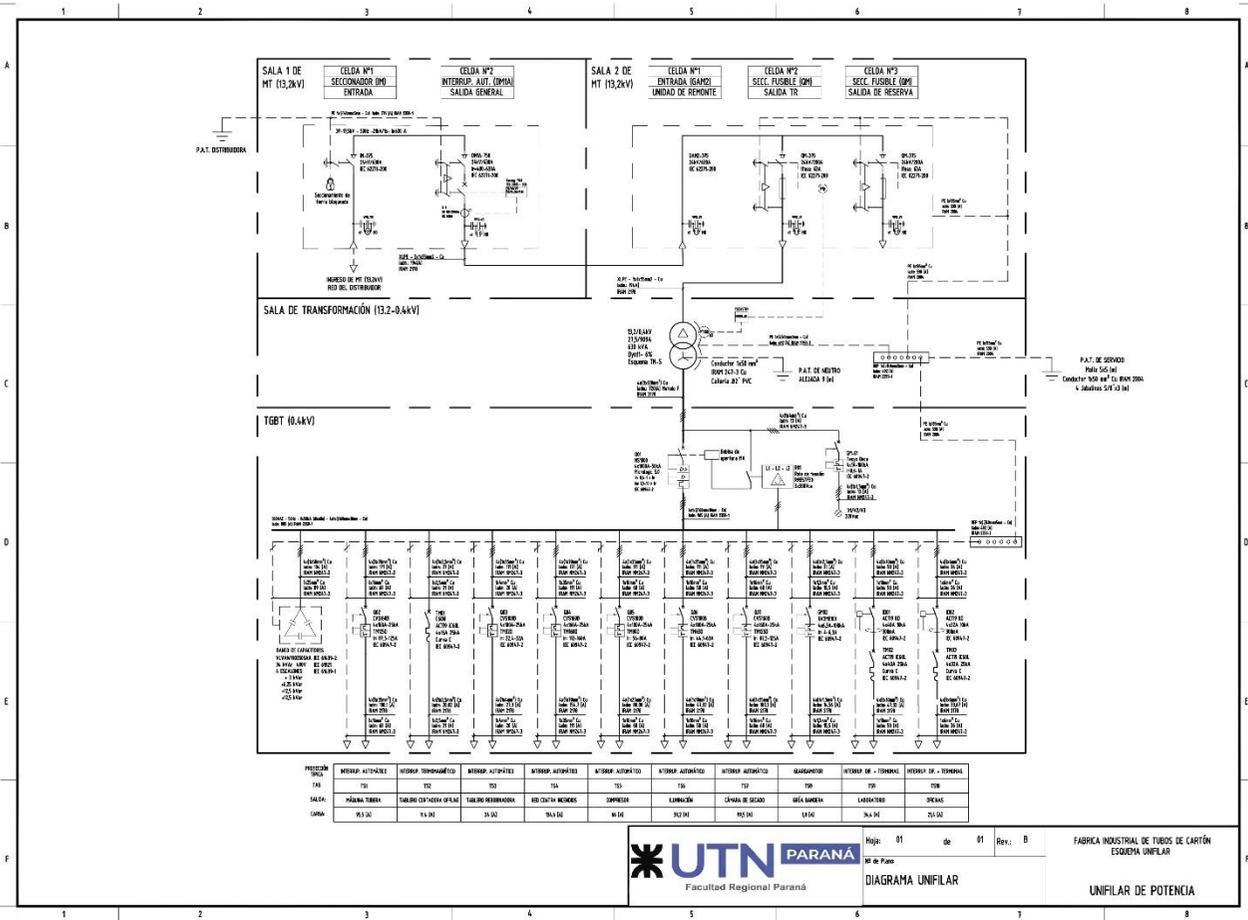
En conclusión, se deberán colocar **60 (sesenta) luminarias** dispuestas de forma lineal sobre las bandejas metálicas de 100 [mm] de ancho, instaladas de forma colgante, a una distancia de 4 [m] entre ellas, como se muestra en la **Ilustración 224**.



*Ilustración 224. Simulación lumínica en Dialux*

### **3.6.8 Diagrama unifilar definitivo**

Desarrollado todo el cálculo eléctrico de la instalación, en la **Ilustración 225** se presenta el diagrama unifilar final de la misma.



Tamaño A3: 420x297 mm

Ilustración 225. Diagrama unifilar definitivo

### 3.7 Layout definitivo

En el apartado de ingeniería básica se analizaron todas los posibles emplazamientos de los equipos, almacenamiento de materia prima y producto terminado, y por lo tanto, el flujo que sigue la materia prima dentro de la nave industrial. El estudio analítico llevado a cabo en dicho apartado comparaba las diferentes configuraciones posibles de layout en términos de distancias que debía recorrer la materia prima hasta que se despachaba como producto final.

El estudio comparativo demostró que la disposición más eficiente y que vinculaba una menor distancia total fue la *Opción 3*, la cual claramente fue la seleccionada y partimos de ella para diseñar y calcular los sistemas y equipamientos vinculados al proceso productivo. Otra ventaja de esta opción por sobre los demás layout posibles es que ante una posible ampliación futura de la nave industrial, la cual conllevaría la adquisición de una maquina tubera adicional, solo se requerirá trasladar la rebobinadora hacia el centro del ala de producción, es decir, en sentido este-oeste quedando emplazada entre las dos tuberías. A su vez, ésta hipotética ampliación también requeriría la reubicación del almacenamiento de materia prima y producto terminado.

En el inciso 5 Anexos, se adjuntan diferentes esquemas correspondientes a los layout de los sistemas que componen la planta industrial, dichos esquemas están compuestos con las siguientes capas:

- Sistema de producción
- Sistema eléctrico
- Sistema de iluminación
- Sistema neumático

- Sistema contra incendios

## 4 Análisis financiero

Concluida la etapa de ingeniería de detalle, se definieron un sinnúmero de equipos e instalaciones necesarias para el inicio y funcionamiento operativo de la nave industrial con mayor precisión. Esto implica que naturalmente se deba reevaluar el análisis financiero del proyecto, pasando de un análisis de prefactibilidad financiera a un análisis de factibilidad financiera definitivo.

### 4.1 Egresos definitivos

#### 4.1.1 Costos iniciales

En la **Tabla 92**, se presenta un resumen de los costos iniciales definitivos de todo el equipamiento necesario para iniciar la etapa operativa de la planta, los cuales están agrupados según su funcionalidad, considerando también que cada uno de estos fue desarrollado y desglosado en la etapa de ingeniería de detalle.

<b>Equipo/sistema</b>	<b>Precio [u\$d]</b>
Tubera	77.000,00
Rebobinadora	41.000,00
Cortadora fuera de línea	25.000,00
Cámara de secado	36.840,00
Sistema de media tensión	189.202,53
Sistema de baja tensión	75.672,09
Sistema de aire comprimido	79.435,00
Sistema de red contra incendios	238.774,00
Autoelevador	52.000,00
Grúa bandera	4.825,00
Obra civil	56.781,12
Equipos de laboratorio	23.820,48
Oficinas	16.048,00
<b>TOTAL:</b>	<b>916.398,22</b>

*Tabla 92. Resumen de costos iniciales*

#### 4.1.2 Costos operativos

Estos costos hacen referencia a erogaciones, generalmente de periodo mensual, que son necesarios para el funcionamiento operativo de la planta. Durante la etapa de ingeniería básica se consideraron determinados valores para los costos operativos, y se dividieron en costos fijos y costos variables.

Al igual que el ítem anterior, dado que ya está concluida la etapa de ingeniería de detalle, se presenta en **Tabla 93** los costos operativos finales correspondientes al funcionamiento de la planta.

Concepto	Cantidad	Precio [USD/un]	Subtotal [USD/mes]	Subtotal [USD/tn]
Autoelevador [Litros/mes]	1040	0,98	1019,2	1,57
Energía Eléctrica [kWh/mes]	89856	2469,7	2469,7	3,80
Mano de obra [horas/mes]	416	-	37393,3	57,53
Materia prima [tn/mes]	585	1318	770800	1185,85
Adhesivo [tn/mes]	61,8	1200	74160	114,09
Embalaje [un/mes]	-	-	9097,1	14,00
Servicio [un/mes]	-	-	44,0	0,07
		Total	894983	1377

*Tabla 93. Resumen de costos operativos*

#### 4.2 Ingresos definitivos

Los ingresos económicos por ventas se consideraron invariables. Con lo cual, se adoptará la **Tabla 26** como resumen final de ingresos por ventas, teniendo en cuenta que el periodo del resumen se presenta en formato mensual. A modo de disponer la información para lectura rápida, se vuelve a presentar dicha tabla en este ítem.

Tipo de tubo	Precio [U\$/tn]	Producción mensual [tn]	Ingreso mensual [U\$D]
Tubo pesado de Ø3" estándar	1400	72,2	98747,4
Tubo pesado de Ø3" reforzado	1800	0	0
Tubo pesado de Ø4" estándar	1400	100,6	137117,7
Tubo pesado de Ø4" reforzado	2000	0	0
Tubo pesado de Ø6" estándar	1500	88,4	129329,6
Tubo pesado de Ø6" reforzado	2200	0	0
Tubo de stretch Ø1 1/2" estándar	1400	160,5	219465,2
Tubo de stretch Ø3" estándar	1800	222	392457,9
<b>Total</b>		<b>643,7</b>	<b>977117,8</b>

*Tabla 26. Ingresos mensuales por ventas*

### 4.3 Flujo de caja

El flujo de caja es un análisis fundamental en la gestión financiera de cualquier proyecto. Se refiere al movimiento de efectivo dentro y fuera del proyecto, incluyendo ingresos, erogaciones, inversiones y financiamiento. La correcta planificación y control del flujo de caja permite asegurar que el proyecto disponga de los recursos financieros necesarios en cada etapa de su desarrollo, evitando problemas de liquidez que puedan comprometer su viabilidad.

Durante la etapa de prefactibilidad, se llevó a cabo un análisis por minorizado del contenido financiero del proyecto. En el presente apartado, se consideró este contenido con mayor precisión, en donde se tomaron los ingresos y egresos definitivos para conformar el flujo de caja final del proyecto, que se muestra en la **Tabla 94** e **Ilustración 226**, en formato de tabla y diagrama de barras, respectivamente.

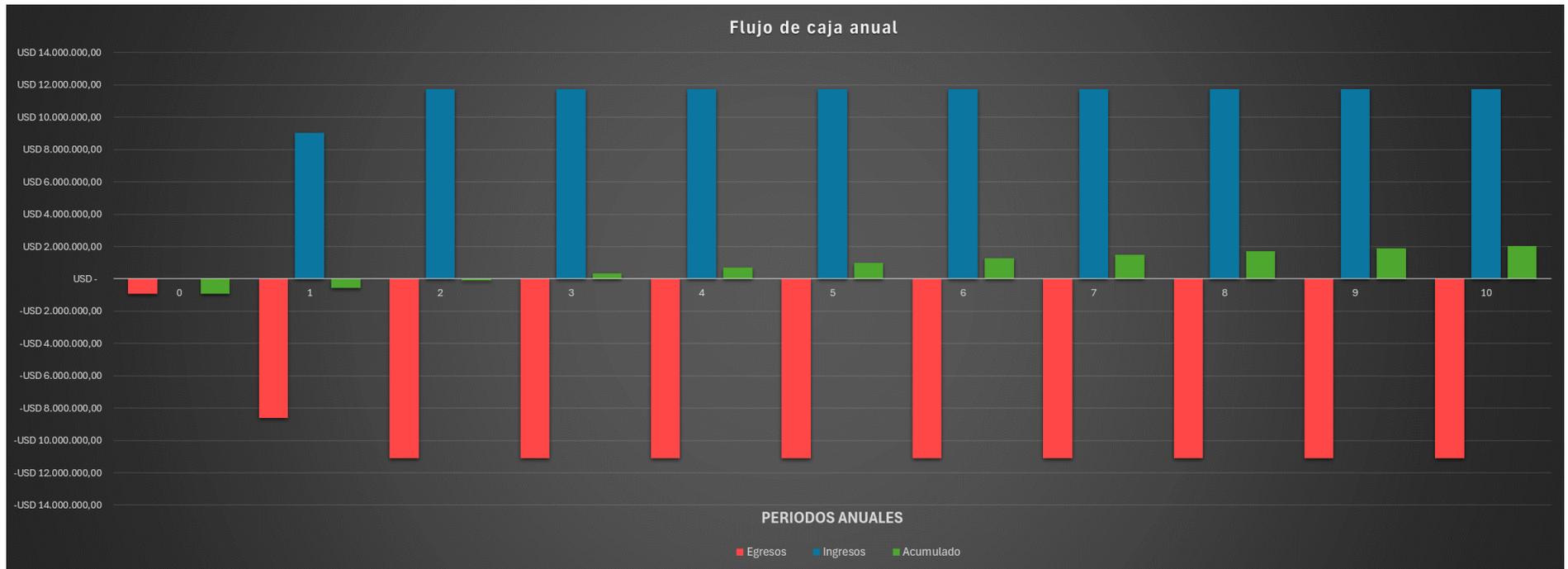
Para el conformado de este flujo de caja, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- El alcance del análisis financiero es de **10** años.
- Los *n* periodos son anuales.

- La tasa  $i$  de descuento (o de interés) de referencia es del **4,27%** mensual al día 21/06/2024, que corresponden a la tasa efectiva anual (TEA) del bono US10Y (Deuda pública del banco de los Estados Unidos).
- La inversión inicial es de **U\$D 916.398,22**, y proviene de capital de reserva de la empresa Papelera Entre Ríos, no se tomarán préstamos para financiar el proyecto.
- La producción se considera estable (650 [tn/mes]), salvo los primeros 8 meses, donde la producción crece de a 50 [tn] mensuales partiendo de 250 [tn/mes], a fines de considerar el periodo de adaptación y manejo del equipamiento y personal.

Período [Año]	Egresos							Producción [tn]	Ingresos [USD]	Flujo neto [USD]	Flujo descontado [USD]	Acumulado [USD]
	Costos de inversión [USD]	Costos operativos										
		Costos fijos [USD]			Costos variables [USD/tn]							
Servicios	Sueldos	Mantenimiento	Materia prima	Energía	Impuestos							
0	916398,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	-916398,22	-916398,22	-916398,22
1	0,00	528,00	448719,25	19500,00	1313,93	41866,64	218870,35	6000,00	9019560,00	406473,50	353455,22	-562943,00
2	0,00	528,00	448719,25	19500,00	1313,93	41866,64	338145,91	7800,00	11725428,00	627985,26	474847,08	-88095,93
3	0,00	528,00	448719,25	19500,00	1313,93	41866,64	338145,91	7800,00	11725428,00	627985,26	412910,50	324814,57
4	0,00	528,00	448719,25	19500,00	1313,93	41866,64	338145,91	7800,00	11725428,00	627985,26	359052,61	683867,18
5	0,00	528,00	448719,25	19500,00	1313,93	41866,64	338145,91	7800,00	11725428,00	627985,26	312219,66	996086,85
6	0,00	528,00	448719,25	19500,00	1313,93	41866,64	338145,91	7800,00	11725428,00	627985,26	271495,36	1267582,20
7	0,00	528,00	448719,25	19500,00	1313,93	41866,64	338145,91	7800,00	11725428,00	627985,26	236082,92	1503665,12
8	0,00	528,00	448719,25	19500,00	1313,93	41866,64	338145,91	7800,00	11725428,00	627985,26	205289,50	1708954,62
9	0,00	528,00	448719,25	19500,00	1313,93	41866,64	338145,91	7800,00	11725428,00	627985,26	178512,60	1887467,22
10	0,00	528,00	448719,25	19500,00	1313,93	41866,64	338145,91	7800,00	11725428,00	627985,26	155228,35	2042695,57

Tabla 94. Flujo de caja final



*Ilustración 226. Flujo de caja final*

#### 4.4 VAN y TIR

Durante la etapa de prefactibilidad se definieron los conceptos de VAN (Valor Actual Neto) y TIR (Tasa Interna de Retorno). A modo de repaso, se redefinen estos conceptos de la siguiente manera:

**VAN:** es una medida que calcula el valor presente de los flujos de caja futuros generados por una inversión, descontados a una tasa de descuento específica, menos la inversión inicial.

La fórmula básica para calcular el VAN es:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde:

$R_t$ = son los flujos de efectivo netos en el periodo t

$r$ = es la tasa de descuento (tasa de interés)

$I_0$ = es la inversión inicial o costo inicial del proyecto.

Un VAN positivo indica que la inversión es rentable, ya que los flujos de caja descontados superan la inversión inicial. Por el contrario, un VAN negativo sugiere que la inversión no recuperará su costo inicial.

**TIR:** La Tasa Interna de Retorno (TIR) es la tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos de caja futuros de una inversión con la inversión inicial. En otras palabras, es la tasa a la cual el VAN es igual a cero. La TIR se puede calcular resolviendo la siguiente ecuación:

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{R_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

La TIR representa la tasa de retorno que una inversión generará sobre el capital invertido. Si la TIR es mayor que la tasa de descuento o el costo del capital, la inversión es atractiva. Si la TIR es menor, la inversión no es rentable.

### **Cálculo de VAN y TIR**

Mediante software Excel, aplicando las funciones VNA y TIR, el programa permite calcular estos indicadores financieros, solicitando para ello los siguientes datos:

- La tasa  $i$  de descuento (o de interés) de referencia, en este caso será una suma de la tasa del **4,27%** mencionado en el apartado de flujo de caja, más una tasa libre de riesgo del **10,73%** definida por los proyectistas, dando una tasa total  $i = 15\%$ .
- Flujo neto de dinero por periodo: el cual se calculó en el flujo de caja de la **Tabla 94**.
- Inversión inicial: la cual se mencionó en el resumen de costos iniciales mostrado en la **Tabla 92**, cuyo valor es **U\$D 916.398,22**.

#### **4.4.1 Resultados de indicadores financieros**

Acorde a todos los datos mencionados anteriormente, se calculó mediante software Excel los indicadores financieros VAN y TIR, cuyos resultados se presentan en la **Tabla 95**.

<b>Concepto</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Tasa de referencia	15	%
Inversión inicial	916.398,22	U\$D
VAN	2.042.695,57	U\$D
TIR	58.9	%

*Tabla 95. Indicadores financieros finales*

A modo de conclusión, como el VAN es holgadamente **mayor que 0 (cero)**, y la TIR es mayor que la tasa de referencia utilizada para el VAN (**58.9% > 15%**), se concluye que el proyecto es **notablemente rentable**.

## **5 Conclusión**

En conclusión, este proyecto ha demostrado ser satisfactorio tanto desde el punto de vista técnico como financiero.

El análisis técnico ha sido revisado y aprobado por los evaluadores generales y específicos, demostrando de esta manera que todas las especificaciones y requerimientos del proyecto se cumplieron adecuadamente, garantizando un rendimiento aceptable y una fiabilidad adecuada de las instalaciones proyectadas.

Por otra parte, el análisis económico financiero fue desarrollado en base a una determinada cantidad de supuestos en la etapa de prefactibilidad, supuestos que luego se ajustaron en la etapa de ingeniería de detalle, donde en el análisis de factibilidad se demostró que el proyecto cumple holgadamente las expectativas financieras que se plantearon.

## 6 Bibliografía

- AEA 90364-5. (2006). *Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles*. -: Asociación Electrotécnica Argentina.
- AEA 90909. (2004). *Corrientes de cortocircuito en sistemas trifásicos de corriente alterna*.
- AEA-90364-7. (2006). *Reglamentación para la ejecución de instalaciones eléctricas en inmuebles*. Asociación electrotécnica Argentina.
- Association, N. F. (2007). *NFPA N° 14 Norma para la instalación de sistemas de tubería vertical y de mangueras*. Orlando FL.
- certificación, I. A. (s.f.). *Certificación de instalaciones contra incendios*. Buenos Aires.
- Certificación, I. A. (s.f.). *Certificación de instalaciones contra incendios*. Buenos Aires.
- Christian Puret. (1995). Cuaderno técnico N°155. *Biblioteca Técnica Schneider*, 31.
- compresores, K. (s.f.). *Kaeser Argentina*. Obtenido de <https://ar.kaeser.com/>
- FAIRES, V. M. (1970). *Diseño de elementos de máquinas*. MONTANER y SIMÓN, S. A.
- Group, P. (2018). *Guía técnica*. Drakan.
- IRAM. (2013). *3597 Instalaciones fijas contra incendios*.
- IRAM. (s.f.). *3548 Mangas de extinción de incendios*.
- IRAM AADL J 2022. (2011). *Asociación Argentina de Luminotecnia*.
- Mataix, C. (1982). *Mecánica de los fluidos y máquinas hidráulicas*. Madrid: Ediciones del castillo S.A.
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta*. Barcelona, España: Editorial Hispano Europea.
- NACIONAL, P. E. (1979). *Decreto N°351 Higiene y seguridad en el trabajo*.
- Nexans. (s.f.). *Ensayo y prueba de resistencia de aislamiento*. Centelsa.
- NFPA 13, P. (2019). *NFPA 13-Norma para la instalación de sistemas de rociadores*. Las Vegas, EEUU.
- Platas García, J. A., & Cervantes Valencia, M. I. (2014). *Planeación, diseño y layout en instalaciones*. México: Grupo Editorial Patria.
- Schneider, E. (2000). *Centros de transformación MT/BT*. Barcelona: Grupo Schneider.
- Serrano, N. (2009). *Neumática Práctica*. Madrid : Alicia Cerviño González.
- SHUNTEC. (21 de 6 de 2024). *Secador de cámara de deshumidificación*. Obtenido de <https://shuntecdrying.com/product/cold-drying-chamber-dryer/#machine-technical-parameters>
- SKF, G. (2019). *Rodamientos*.

## 7 Anexos

### 7.1 Anexo A-Fichas técnicas de equipamiento

#### 7.1.1 Anexo A1-Sistema eléctrico

##### 7.1.1.1 Celdas de media tensión (13.2 kV)

## Hoja de características del producto

Especificaciones



Celda SM6-24 IM 630A 20kA CIT  
embarrado 400A

SM62EIM62

### Principal

Gama De Producto	SM6
Tipo De Tecnología	Celda Aislada en Aire (AIS)
Nombre Abreviado Del Equipo	IM 375
Tipo De Producto O Componente	Cabina
Función	Interruptor
Frecuencia De Red	50 Hz
Tensión Asignada (Ur)	24 kV
Tensión A Impulso De Tipo Rayo	125 kV pico
Tensión De Ensayo A Frecuencia Industrial	28 kV rms 50 Hz for 1 min
Intensidad Asignada (Ir)	630 A
Corriente Térmica Asignada De Corta Duración (Ik)	20 kA rms 1 s
Normas	IEC 62271-200

### Complementario

Conexión De Cables	1 Unipolar 240 mm <sup>2</sup> por fase
Entrada De Cable	Parte inferior
Intensidad Asignada De Barras	630 A
Masa	130 kg
Altura	1600 mm
Ancho	375 mm
Profundidad	940 mm

### Entorno

Temperatura Ambiente De Funcionamiento	-5...40 °C
Grado De Protección Ip	IP3x
Altitud Máxima De Funcionamiento	<= 1000 m

### Unidades de embalaje

Tipo De Unidad De Paquete 1	PCE
Número De Unidades En El Paquete 1	1
Paquete 1 Altura	94,0 cm
Paquete 1 Longitud	160,0 cm
Paquete 1 Peso	125,0 kg

### Garantía contractual

Periodo De Garantía	18 months
---------------------	-----------

Aviso Legal: Esta documentación no pretende sustituir ni debe utilizarse para determinar la adecuación o la fiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de los usuarios

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Celda SM6 24kV DM1A Interruptor SF1 220Vca+P3U30 c/Eth. +3CT+3VT

SM61D1JHG6W671310

### Principal

Gama De Producto	SM6-24
Tipo De Tecnología	Celda Aislada en Aire (AIS) SF1
Nombre Corto Del Dispositivo	DM1A SF1
Tipo De Producto O Componente	Cabina
Clasificación De Arco Interno	A-FL Parte superior gases de salida
Gas De Deflagración	Gases de salida Parte superior
Protección De Arco Interno	12,5 kA 1 s
Frecuencia Asignada De Empleo	50 Hz
Tensión De Ensayo Dieléctrico	13,8 kV
[Icw] Intensidad De Corta Curación Admisible	95 kV peak
[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques	38 kV rms 50 Hz for 1 min
Tensión De Servicio	13,8 kV
Límites De Tensión De Medida	9...18 kV
Corriente Nominal	630 A
[Icw] Intensidad De Corta Curación Admisible	16 kA rms 1 s
Normas	IEC 62271-200

### Complementario

Tipo De Sensor	3xtransformador de intensidad 3xtransformador de tensión
Transformador De Tensión Secundario	5 A 10 VA at class 5P, 20
Transformador De Tensión Primario	13,2 kV/V3
Transformador De Tensión Secundario	110 V/V3 10 VA clase 0,5
Conexión De Cables	1 Unipolar 240 mm <sup>2</sup> por fase
Entrada De Cable	Inferior
Intensidad Asignada De Barras	630 A
Tipo De Operario	Mando CS límite actual Retorno de resorte Mando RI pulsador Interruptor automático
Tipo Decierre Con Llave	Universal
Tipo De Equipo Adicional	Relé de protección P3U20
Tipo De Protección	con sondas PTC

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

<b>Instalación Del Interruptor Automático</b>	Desconectable
<b>Masa</b>	400 kg
<b>Ancho</b>	750 mm
<b>Fondo</b>	1220 mm

## Entorno

<b>Temperatura Ambiente</b>	-5...40 °C
<b>Grado De Protección Ip</b>	IP3x
<b>Resistencia A Las Vibraciones</b>	0.5 gn Horizontal clase 2 0.4 gn Vertical clase 2
<b>Altitud Máxima De Funcionamiento</b>	<= 1000 m

## Unidades de embalaje

<b>Tipo De Unidad De Paquete 1</b>	PCE
<b>Número De Unidades En El Paquete 1</b>	1
<b>Paquete 1 Peso</b>	1 kg

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Celda modular de media tensión SM6 24kV GAM2 Remonte de cables

SM61G2JHJ6R600000

### Principal

Gama De Producto	SM6-24
Tipo De Tecnologia	Celda Aislada en Aire (AIS)
Nombre Corto Del Dispositivo	GAM2
Tipo De Producto O Componente	Cabina
Aplicación Del Dispositivo	Unidad de conexión de cable de entrada
Bloqueo	A-FL Parte superior gases de salida
Clasificación De Arco Interno	Gases de salida Parte superior
Protección De Arco Interno	12,5 kA 1 s
Frecuencia Asignada De Empleo	50 Hz
Tensión De Ensayo Dieléctrico	24 kV
[Icw] Intensidad De Corta Curación Admisible	95 kV peak
[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques	38 kV rms 50 Hz for 1 min
Gas De Deflagración	13.8 kV
Vpis	9...18 kV
Intensidad Asignada (Ik)	630 A
[Icw] Intensidad De Corta Curación Admisible	16 kA rms 1 s
Normas	IEC 62271-200

### Complementario

Conexión De Cables	1 95 mm <sup>2</sup> por fase
Entrada De Cable	Inferior
Intensidad Asignada De Barras	630 A
Composición Del Dispositivo	Thermal sensor TH110
Masa	120 kg
Ancho	375 mm
Fondo	940 mm

### Entorno

Temperatura Ambiente	-5...40 °C
Grado De Protección Ip	IP3x
Resistencia A Las Vibraciones	0.5 gn Horizontal clase 2 0.4 gn Vertical clase 2

22 jun 2024

Life Is On | Schneider Electric

1

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

---

Altitud Máxima De Funcionamiento <= 1000 m

### Unidades de embalaje

---

Tipo De Unidad De Paquete 1 PCE

---

Número De Unidades En El Paquete 1 1

---

Paquete 1 Peso 1 kg

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Celda modular de media tensión SM6 24kV QM Secc Fusible CI1 BobinaApert 220 Vca c/AuxCont

SM61Q3JHK6Z671000

### Principal

Gama De Producto	SM6-24
Tipo De Tecnología	Celda Aislada en Aire (AIS)
Nombre Corto Del Dispositivo	QM 375
Clasificación De Arco Interno	A-FL Parte superior gases de salida
Gas De Deflagración	Gases de salida Parte superior
Protección De Arco Interno	12,5 kA 1 s
Frecuencia Asignada De Empleo	50 Hz
Tensión De Ensayo Dieléctrico	24 kV
[Icw] Intensidad De Corta Curación Admisible	95 kV peak
Tensión De Servicio	13.8 kV
Límites De Tensión De Medida	9...18 kV
Intensidad Asignada (Ik)	630 A
[Icw] Intensidad De Corta Curación Admisible	16 kA rms 1 s
Normas	IEC 62271-200

### Complementario

Conexión De Cables	1 Unipolar 95 mm <sup>2</sup> por fase
Entrada De Cable	Inferior
Intensidad Asignada De Barras	630 A
Tipo De Operario	Mando CI1
Límites Tensión Del Circuito De Control	DIN indicación del fusible fundido
Composición Del Dispositivo	Thermal sensor TH110
Masa	130 kg
Ancho	375 mm
Fondo	940 mm

### Entorno

Temperatura Ambiente	-5...40 °C
Grado De Protección Ip	IP3x
Resistencia A Las Vibraciones	0.5 gn Horizontal clase 2 0.4 gn Vertical clase 2

22 jun 2024

Life Is On | Schneider Electric

1

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

---

Altitud Máxima De Funcionamiento	<= 1000 m
----------------------------------	-----------

### Unidades de embalaje

---

Tipo De Unidad De Paquete 1	PCE
-----------------------------	-----

---

Número De Unidades En El Paquete 1	1
------------------------------------	---

---

Paquete 1 Peso	1 kg
----------------	------

## 7.1.1.2 Relé de protección de MT Sepam

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Unidad Base S10Md Para Sepam Serie 40 24... 250 V Con Umi Avanzado

59604

### Principal

Gama De Producto	Sepam serie 40
Nombre Corto Del Dispositivo	S10MD
Tipo Umi	Avanzado

### Complementario

Indicación Umi	Ajuste protección Ajuste parámetro Sepam Versión de Sepam y módulos remotos Datos de medición y diagnóstico Estado entrada lógicas Mensajes de func y alarmas
Control Umi	Restablec Sepam Prueba salida Confirmac alarma
Resolución De La Pantalla	128 x 64 píxeles
Número De Teclas	9
Señalizaciones Frontales	2 LEDs para est func Sepam (cara frontal) 9 LED para indicación de parámetros (cara frontal)
Tipo De Salida	Relé anunciador: 100...240 V CA 47,5...63 Hz 2 A 1 A $\cos \mu > 0,3$ Relé anunciador: 127 V CC 2 A 0,5 A L/R < 20 ms Relé anunciador: 220 V CC 2 A 0,15 A L/R < 20 ms Relé anunciador: 24 V CC 2 A 2 A L/R < 20 ms Relé anunciador: 48 V CC 2 A 1 A L/R < 20 ms Relé de control: 100...240 V CA 47,5...63 Hz 8 A 5 A $\cos \mu > 0,3 < 15 A$ para 200 ms Relé de control: 100...240 V CA 47,5...63 Hz 8 A 8 A resistivo < 15 A para 200 ms Relé de control: 127 V CC 8 A 0,2 A L/R < 40 ms < 15 A para 200 ms Relé de control: 127 V CC 8 A 0,5 A L/R < 20 ms < 15 A para 200 ms Relé de control: 127 V CC 8 A 0,7 A resistivo < 15 A para 200 ms Relé de control: 220 V CC 8 A 0,1 A L/R < 40 ms < 15 A para 200 ms Relé de control: 220 V CC 8 A 0,2 A L/R < 20 ms < 15 A para 200 ms Relé de control: 220 V CC 8 A 0,3 A resistivo < 15 A para 200 ms Relé de control: 24 V CC 8 A 4 A L/R < 40 ms < 15 A para 200 ms Relé de control: 24 V CC 8 A 6 A L/R < 20 ms < 15 A para 200 ms Relé de control: 24 V CC 8 A 8 A resistivo < 15 A para 200 ms Relé de control: 48 V CC 8 A 1 A L/R < 40 ms < 15 A para 200 ms Relé de control: 48 V CC 8 A 2 A L/R < 20 ms < 15 A para 200 ms Relé de control: 48 V CC 8 A 4 A resistivo < 15 A para 200 ms
Tensión De Alimentación	110/240 V CA 47,5...63 Hz tolerancia: - 20...10 % < 6 VA < 25 VA 24/250 V CC tolerancia: - 20...10 % < 6 W < 11 W
Supply Inrush Current	< 28 A para 0.1 ms a 24/250 V CC < 15 A a 110/240 V CA
Tipo De Montaje	Fijo
Soporte De Montaje	Placa
Altura	222 mm
Ancho	176 mm

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

<b>Profundidad</b>	129 mm
<b>Peso Del Producto</b>	1,62 kg
<b>Resistencia Dieléctrica De Frecuencia De Alimentación</b>	2 kV durante 1 min conforme a IEC 60255-5
<b>[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques</b>	5 kV (1,2/50 µs) conforme a IEC 60255-5
<b>Robustez Mecánica</b>	Terremotos en funcionamiento 2) : 1 Gn (ejes vertical) conforme a IEC 60255-21-3 Terremotos en funcionamiento 2) : 2 Gn (ejes horizont) conforme a IEC 60255-21-3 Jolts desexcitado 2) : 20 Gn/16 ms conforme a IEC 60255-21-2 Impactos desexcitado 2) : 30 Gn/11 ms conforme a IEC 60255-21-2 Impactos en funcionamiento 2) : 10 Gn/11 ms conforme a IEC 60255-21-2 Vibraciones desexcitado 2) : 2 Gn, 10 Hz...150 Hz conforme a IEC 60255-21-1 Vibraciones en funcionamiento 2) : 1 Gn, 10 Hz...150 Hz conforme a IEC 60255-21-1 Vibraciones en funcionamiento Fc) : 2 Hz...13,2Hz, a = +/- 1 mm conforme a IEC 60068-2-6

## Entorno

<b>Estándares</b>	EN 50263 CSA C22.2 No 14-95 CSA C22.2 No 0.17-00 CSA C22.2 No 94-M91 UL 508
<b>Certificaciones De Producto</b>	C22.2 arch.N° 210625 UL 508 arch. N° 212533 CE
<b>Resistencia Al Fuego</b>	650 °C conforme a IEC 60695-2-11
<b>Grado De Protección Ip</b>	Otros paneles: IP20 conforming to IEC 60529 Panel frontal: IP52 conforming to IEC 60529
<b>Grado De Protección Nema</b>	Tipo 12 conforme a NEMA
<b>Inmunidad A Microcortes</b>	10 ms
<b>Compatibilidad Electromagnética</b>	Onda oscilatoria amort. 1 MHz: nivel de prueba: 2,5 kV MC, 1 kV MD (pruebas de inmunidad-perturbancia conducidas) III conforme a IEC 60255-22-1 Oscilaciones rápidas: nivel de prueba: 4kV, 2,5 kHz/2 kV, 5 kHz (pruebas de inmunidad-perturbancia conducidas) A o B conforme a IEC 60255-22-4 Oscilaciones rápidas: nivel de prueba: 4kV, 2,5 kHz (pruebas de inmunidad-perturbancia conducidas) IV conforme a IEC 61000-4-4 Inmunidad a campos magnéticos en Frecuencia asignada de empleo: nivel de prueba: 30 A/m (cnt)-300 A/m (13 s) (pruebas de inmunidad-perturbanciaradiadas) IV conforme a IEC 61000-4-8 Inmunidad a campos radiados: nivel de prueba: 10 V/m, 80 MHz...2 GHz (pruebas de inmunidad-perturbanciaradiadas) III conforme a IEC 61000-4-3 Sobrv.: nivel de prueba: 2 kV MC, 1 kV MD (pruebas de inmunidad-perturbancia conducidas) III conforme a IEC 61000-4-5 Onda oscilatoria amort. 1 MHz: nivel de prueba: 2,5 kV MC y MD (pruebas de inmunidad-perturbancia conducidas) conforme a ANSI C37.90.1 Onda oscilatoria amort. 100 MHz: nivel de prueba: 2,5 kV MC, 1 kV MD (pruebas de inmunidad-perturbancia conducidas) conforme a IEC 61000-4-12 Emisiones perturb. conducidas: (test de emisión) conforme a IEC 60255-25 Emisiones perturb. conducidas: (test de emisión) B conforme a EN 55022 Emisión campo perturb.: (test de emisión) conforme a IEC 60255-25 Emisión campo perturb.: (test de emisión) A conforme a EN 55022 Descarga electroestática: nivel de prueba: 8 kV aire, 4 kV contac (pruebas de inmunidad-perturbanciaradiadas) conforme a ANSI C37.90.3 Descarga electroestática: nivel de prueba: 8 kV aire, 6 kV contac (pruebas de inmunidad-perturbanciaradiadas) conforme a IEC 60255-22-2 Oscilaciones rápidas: nivel de prueba: 4kV, 2,5 kHz (pruebas de inmunidad-perturbancia conducidas) conforme a ANSI C37.90.1 Inmunidad a perturbancias conducidas de RF: nivel de prueba: 10 V (pruebas de inmunidad-perturbancia conducidas) conforme a IEC 60255-22-6 Inmunidad a campos radiados: nivel de prueba: 10 V/m, 80 MHz...1 GHz (pruebas de inmunidad-perturbanciaradiadas) conforme a IEC 60255-22-3 Inmunidad a campos radiados: nivel de prueba: 35 V/m, 25 MHz...1 GHz (pruebas de inmunidad-perturbanciaradiadas) conforme a ANSI C37.90.2 (1995) Interrupciones tensión: nivel de prueba: 100 %, 20 ms (pruebas de inmunidad-perturbancia conducidas) conforme a IEC 60255-11

<b>Resistencia Climática</b>	<p>Exposición continua a calor húmedo (en funcionamiento) : Ca: 10 días, 93 % RH, 40 °C (104 °F) conforme a IEC 60068-2-3</p> <p>Exposición continua a calor húmedo (en almacenamiento) : Ca: 56 días, 93 % RH, 40 °C (104 °F) conforme a IEC 60068-2-3</p> <p>Exposición al frío (en funcionamiento) : Ad: - 25 °C (- 13 °F) conforme a IEC 60068-2-1</p> <p>Exposición al frío (en almacenamiento) : Ab: - 25 °C (- 13 °F) conforme a IEC 60068-2-1</p> <p>Exposición al calor seco (en funcionamiento) : Bd: 70 °C (158 °F) conforme a IEC 60068-2-2</p> <p>Exposición al calor seco (en almacenamiento) : Bb: 70 °C (158 °F) conforme a IEC 60068-2-2</p> <p>Prueba 2 de gas/influencia corrosiva (en funcionamiento) : C: 21 días, 75 % RH, 25 °C (-13 °F), 0,5 ppm H2S, 1 ppm SO2 conforme a IEC 60068-2-60</p> <p>Variación de temperatura con índice de variación especificado (en funcionamiento) : Nb: - 25 °C a 70 °C (- 13 °F a 158 °F) 5 °C/mín (41 °F/mín) conforme a IEC 60068-2-14</p> <p>Prueba 4 de gas/influencia corrosiva (en funcionamiento) : 21 días, 75 % RH, 25 °C, 0,01 ppm H2S, 0,2 ppm SO2, 0,02 ppm NO2, 0,01 ppm Cl2 conforme a IEC 60068-2-60</p> <p>Salt mist (en funcionamiento) : Kb/2 conforme a IEC 60068-2-52</p>
------------------------------	---

## Unidades de embalaje

<b>Tipo De Unidad De Paquete 1</b>	PCE
<b>Número De Unidades En El Paquete 1</b>	1
<b>Paquete 1 Altura</b>	12,200 cm
<b>Paquete 1 Ancho</b>	27,200 cm
<b>Paquete 1 Longitud</b>	27,200 cm
<b>Paquete 1 Peso</b>	1,640 kg
<b>Tipo De Unidad De Paquete 2</b>	S03
<b>Número De Unidades En El Paquete 2</b>	3
<b>Paquete 2 Altura</b>	30,000 cm
<b>Paquete 2 Ancho</b>	30,000 cm
<b>Paquete 2 Longitud</b>	40,000 cm
<b>Paquete 2 Peso</b>	5,407 kg
<b>Tipo De Unidad De Paquete 3</b>	P12
<b>Número De Unidades En El Paquete 3</b>	24
<b>Paquete 3 Altura</b>	50,000 cm
<b>Paquete 3 Ancho</b>	80,000 cm
<b>Paquete 3 Longitud</b>	120,000 cm
<b>Paquete 3 Peso</b>	55,256 kg

### 7.1.1.3 Relé de protección de BT Harmony

## Ficha técnica del producto

Especificaciones



### Relé de Control de Secuencia y falta de Fase + Asimetría + Sub/ Sobre Tensión

RM35TF30

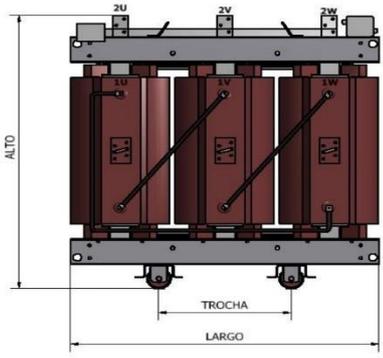
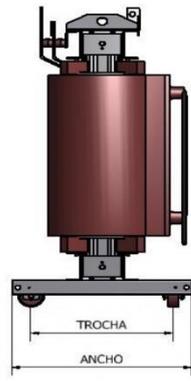
#### Principal

Gama de producto	Relés de control Harmony
tipo de relé	Relé control multifunción
Tipo de Producto o Componente	Relé de control trifásico
Aplicación específica de producto	Pf alimentación trifásica
nombre de relé	RM35TF
parámetros monitorizados del relé	Tensión baja y sobretensión en modo ventana Secuencia de fase Detección fallo de fase Asimetría
tiempo de retardo	Regulable 'or' no regulable 0.1...10 s, +/- 10 % del valor de escala completa TI- time delay upon fault
capacidad de conmutación en VA	1250 VA
rango de medida	220...480 V CA
Tipo y composición de contactos	2 C/D
[Uc] tensión de circuito de control	220...480 V

#### Complementario

hora de rearme	1500 ms a 480 V
tensión de conmutación máxima	250 V CA 250 V CC
corriente mínima de conmutación	10 mA a 5 V CC
corriente de conmutación máxima	5 A CA 5 A CC
[Un] rated nominal voltage	, self-powered provisión
límites de tensión de alimentación	194...528 V CA, 3 fases
límites tens. circ. control	- 12% + 10% Un
consumo	0...22 VA a 400 V CA 50 Hz
tensión umbral de detección	< 194 V
frecuencia del circuito de control	50...60 Hz +/- 10 %
contactos de salida	2 C/D
corriente de salida nominal	5 A
límites de tensión de medida	176...528 V CA
histéresis	2 %
retardo en el encendido	650 ms

### 7.1.1.4 Transformador de potencia seco 630 kVA (13.2 / 0.4 kV)

				Parque Industrial Navarro Navarro Pcia. de Buenos Aires (B6605ACL) Tel./Fax.: +54 - 02272 - 435099 info@tramaq.com.ar - www.tramaq.com.ar	
PLANILLA DE DATOS GARANTIZADOS - TRANSFORMADOR SECO ENCAPSULADO					
DATOS GARANTIZADOS			ACCESORIOS		
Potencia nominal (kVA):	630		Descripción	Cantidad	
Frecuencia (Hz):	50		Caja IP54 con 3 sondas PT100 - Tecsystem	1	
Tensión primaria (V):	13200		Central NT935AD - Tecsystem	1	
Conexión:	Triángulo		Cáncamos de izaje	2	
Bornes:	3		Ruedas orientables. Diám 125 mm	4	
Tensión secundaria (V):	400-231		Toma de tierra.	4	
Conexión:	Estrella + Neutro		Placa de características	1	
Bornes:	4				
Grupo de conexión:	Dyn11				
Perdidas en vacío (W):	1550				
Perdidas en cortocircuito a 75°C (W):	6800				
Tensión de cortocircuito (%):	6				
Componente Resistiva (R):	1,00				
Componente Reactiva (XL):	5,92				
Sobretemp. Conduct (°C)	100				
Sobretemp. Aceite (°C)	NA				
Ruido (dB)	58				
Tipo de refrigeración	AN				
Altitud de instalación ( m.s.n.m )	1000				
Material Arrollamientos	ALUMINIO				
RENDIMIENTOS			NORMATIVA APLICABLE		
CARGA	COS.FI=1 (%)	COS.FI=0.8 (%)	IEC 60076-11 - IRAM 2276 - IRAM 2277		
5/4	98,59	98,24			
4/4	98,78	98,78			
3/4	98,95	98,69			
2/4	99,05	98,81			
1/4	98,84	98,55			
REGULACION			TRANSFORMADOR TRIFASICO SECO ENCAPSULADO REFRIGERADO POR CIRCULACION NATURAL DE AIRE		
CARGA	COS.FI=1 (%)	COS.FI=0.8 (%)			
5/4	1,47	5,54			
4/4	1,18	4,44			
3/4	0,88	3,33			
2/4	0,59	2,22			
1/4	0,29	1,11			
PESOS APROXIMADOS					
TRAFO (kg.):	1750				
GABINETE (kg.):	0				
TOTAL (kg.):	1750				
DIMENSIONES APROXIMADAS					
LARGO (mm):	1560				
ANCHO (mm):	850				
ALTO (mm):	1690				
TROCHA (mm):	670				
REPUESTOS PARA LA O/C					
Descripción	Cantidad				
Sondas PT100	-				
Central de Temperatura T-154	-				
	-				
	-				
	-				
ENSAYOS DE TIPO, ( Sobre un Trafo)					
ENSAYO IMPULSO LAB. OFICIAL	OPCIONAL				
ENSAYO CALENTAMIENTO - TRAMAQ SRL	OPCIONAL				

## 7.1.1.5 Interruptor general Q01 4x1000A Micrologic 5.0

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



Int.Aut.Ns1000N 4X1000A 50Ka  
F.Micr. 5.0

33561

### Principal

Gama	Compacto
Nombre Del Producto	Compact NS
Gama De Producto	Compact NS630b...1600 ((*))
Nombre Corto Del Dispositivo	Compact NS1000N
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor
Aplicación Del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Número De Polos	4P
Descripción Polos Protegidos	4D
Posición De Polo De Neutro	Izquierda
(In) Corriente Nominal Hasta 65 °C	1000 A a 50 °C
Tensión Asignada De Empleo	690 V CA 50/60 Hz
Tipo De Red	CA
Frecuencia De Red	50/60 Hz
Idoneidad Para El Seccionamiento	Sí conforme a EN/IEC 60947-2
Categoría De Empleo	B
[Icu] Capacidad Nominal De Corte En Cortocircuito	30 kA Icu a "660/690 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 50 kA Icu a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 50 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 85 kA Icu a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 40 kA Icu a 500/525 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Nivel De Rendimiento	N 50 kA 415 V CA
Unidad De Control	Micrologic 5.0
Tipo De Unidad De Control	Electrónico
Funciones De Protección De Unidad De Disparo	LSI
Tipo De Control	Empuñadura Palanca de conmutación
Modo De Montaje Del Disyuntor	Fijo

### Complementario

Tensión Asignada De Aislamiento	800 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques	8 kV conforme a IEC 60947-2

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

<b>[Lcs] Capacidad Nominal De Corte En Cortocircuito</b>	30 kA a "660/690 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 40 kA a 500/525 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 50 kA a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 50 kA a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 50 kA a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
<b>[Iow] Corriente Nominal De Resistencia De Corta Duración</b>	19,2 kA 1 s conforme a IEC 60947-2
<b>Endurancia Mecánica</b>	10000 Ciclos
<b>Endurancia Eléctrica</b>	2000 Ciclos a 690 V In 4000 Ciclos a 690 V In/2 5000 Ciclos a 440 V In 6000 Ciclos a 440 V In/2
<b>Pérdidas De Energía</b>	22 W
<b>Soporte De Montaje</b>	Placa posterior
<b>Conexión Superior</b>	Panel
<b>Conexión Inferior</b>	Panel
<b>Paso Interpolar</b>	70 mm
<b>Tipo De Protección</b>	L : for prot.cont. sobrec. (per.largo) S : for prot.cont.cortoc. (per.corto) I (Cerrado) : for prot.contra cortocirc.(inst.)
<b>Corriente Derearme</b>	1000 A a 50 °C
<b>Ajuste De La Captación De Larga Duración Tipo Lr (Protección Térmica)</b>	9 regulaciones
<b>[Lr]Rango De Ajuste Del Retardo De La Protección De Larga Duración</b>	0,4...1 x In
<b>Tiempo De Ajuste Del Retardo De La Protección De Larga Duración Tr</b>	9 regulaciones
<b>[Tr] Rango De Ajuste Del Retardo De Protección De Larga Duración</b>	12,5...600 s a 1,5 x Ir 0,5...24 s a 6 x Ir 0,7...16,6 s a 7,2 x Ir
<b>Memoria Térmica</b>	20 mn
<b>Ajuste De La Protección De Corta Duración Tipo Isd</b>	9 regulaciones
<b>[Isd] Rango De Ajuste De La Captación De La Protección De Corta Duración</b>	1,5...10 x Ir
<b>Ajuste Del Retardo De Protección A Corto Plazo Tipo Tsd</b>	Regulable 'or' no regulable
<b>[Tsd] Rango De Ajuste Del Retardo De La Protección A Corto Plazo</b>	0,1...0,4 s I <sup>2</sup> t=encendido 0...0,4 s I <sup>2</sup> t=apagado
<b>Ajuste Del Arranque De La Protección Instantanea Tipo Li</b>	Regulable 'or' no regulable
<b>[li] Rango De Ajuste De La Captación De Protección Instantánea</b>	2...15 x In Apagado
<b>Protección De Fugas A Tierra</b>	Sin
<b>Ajustes De Protección Neutra</b>	Sin protección (3D) 0,5 x Ir (3d + N / 2) 1 x Ir (4D)
<b>Enclavamiento Selectivo De Zona</b>	Sin
<b>Composición Contacto Auxiliar</b>	1 NA/NC
<b>Señalización Local</b>	Indicación de error: 4 LEDs (Rojo) Sobrecarga: 1 LED (amarillo)
<b>Anchura (W)</b>	280 mm
<b>Altura (H)</b>	327 mm

Profundidad (D)	147 mm
Peso Del Producto	18 kg

## Entorno

Estándares	EN/IEC 60947-2
Certificaciones De Producto	ASEFA ASTA
Grado De Contaminación	3 conforme a IEC 60947
Grado De Protección Ip	IP40 conforming to IEC 60529
Grado De Protección Ik	IK07 conforming to EN 50102
Temperatura Ambiente De Funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura Ambiente De Almacenamiento	-50...85 °C
Humedad Relativa	0...95 %
Altitud Máxima De Funcionamiento	0...2000 m sin disminución 2000 m ... 5000 m con disminución

## Unidades de embalaje

Tipo De Unidad De Paquete 1	PCE
Número De Unidades En El Paquete 1	1
Paquete 1 Altura	30 cm
Paquete 1 Ancho	39 cm
Paquete 1 Longitud	58,6 cm
Paquete 1 Peso	15,7 kg

## Garantía contractual

Periodo De Garantia	18 Meses
---------------------	----------

## 7.1.1.6 Guardamotor GM01 4x1A

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Guardamotor termomagnético TeSys Deca 0.63-1A pulsador

GV2ME05

### Principal

Gama	TeSys Deca
Nombre Del Producto	TeSys GV2 TeSys Deca
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor de motor
Nombre Corto Del Dispositivo	GV2ME
Aplicación Del Dispositivo	Protección del motor
Tipo De Unidad De Control	Térmico-magnético

### Complementario

Número De Polos	3P
Tipo De Red	CA
Categoría De Utilización	A conforme a IEC 60947-2 AC-3 conforme a IEC 60947-4-1 AC-3e conforme a IEC 60947-4-1
Frecuencia Asignada De Empleo	50/60 Hz conforme a IEC 60947-4-1
Modo De Fijación	Perfil DIN simétrico de 35 mm: cortado Panel: con tornillos (Con placa adaptadora)
Potencia Del Motor En Kw	0,25 kW a 400/415 V CA 50/60 Hz 0,55 kW a 690 V CA 50/60 Hz
Poder De Corte	100 kA Icu a 230/240 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 kA Icu a 400/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 kA Icu a 500 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 kA Icu a 690 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
[Ics] Rated Service Short-Circuit Breaking Capacity	100 % a 230/240 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 % a 400/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 % a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 % a 500 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 % a 690 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Tipo De Control	Pulsador
Corriente Nominal	1 A
Rango De Ajustes De Protección Térmica	0,63...1 A conforme a IEC 60947-4-1
Corriente De Disparo Magnética	13 A
[Ith] Intensidad Térmica Convencional	1 A conforme a IEC 60947-4-1
Tensión Asignada De Empleo	690 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Tensión Asignada De Aislamiento	690 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques	6 kV conforme a IEC 60947-2

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

<b>Sensibilidad A Fallo De Fase</b>	Si conforme a IEC 60947-4-1
<b>Idoneidad Para El Seccionamiento</b>	Si conforme a IEC 60947-1 § 7-1-6
<b>Potencia Total Disipada Por Polo</b>	2,5 W
<b>Endurancia Mecánica</b>	100000 Ciclos
<b>Endurancia Eléctrica</b>	100000 Ciclos para AC-3 a 415 V In 100000 Ciclos para AC-3e a 415 V In
<b>Servicio Nominal</b>	Continuo conforme a IEC 60947-4-1
<b>Par De Apriete</b>	1,7 N.m - on terminal de abrazadera de fija
<b>Ancho</b>	45 mm
<b>Altura</b>	89 mm
<b>Profundidad</b>	78,5 mm
<b>Peso Del Producto</b>	0,28 kg
<b>Color</b>	Gris oscuro

## Entorno

<b>Estándares</b>	EN/IEC 60947-2 EN/IEC 60947-4-1
<b>Certificaciones De Producto</b>	CCC UL CSA EAC ATEX LROS (Lloyds registro de envío) BV RINA DNV-GL UKCA
<b>Grado De Protección Ik</b>	IK04
<b>Grado De Protección Ip</b>	IP20 conforme a IEC 60529
<b>Resistencia Climática</b>	conforme a IACS E10
<b>Temperatura Ambiente De Almacenamiento</b>	-40...80 °C
<b>Resistencia Al Fuego</b>	960 °C conforme a IEC 60695-2-11
<b>Temperatura Ambiente</b>	-20...60 °C
<b>Robustez Mecánica</b>	Impactos: 30 Gn para 11 ms Vibraciones: 5 Gn, 5 ... 150 Hz
<b>Altitud Máxima De Funcionamiento</b>	2000 m

## Unidades de embalaje

<b>Tipo De Unidad De Paquete 1</b>	PCE
<b>Número De Unidades En El Paquete 1</b>	1
<b>Paquete 1 Altura</b>	4,500 cm
<b>Paquete 1 Ancho</b>	8,500 cm
<b>Paquete 1 Longitud</b>	9,500 cm
<b>Paquete 1 Peso</b>	231,000 g
<b>Tipo De Unidad De Paquete 2</b>	S02
<b>Número De Unidades En El Paquete 2</b>	24

Paquete 2 Altura	15,000 cm
Paquete 2 Ancho	30,000 cm
Paquete 2 Longitud	40,000 cm
Paquete 2 Peso	5,582 kg
Tipo De Unidad De Paquete 3	P06
Número De Unidades En El Paquete 3	384
Paquete 3 Altura	75,000 cm
Paquete 3 Ancho	60,000 cm
Paquete 3 Longitud	80,000 cm
Paquete 3 Peso	100,784 kg

## Garantía contractual

Periodo De Garantía	18 Meses
---------------------	----------

## 7.1.1.7 Interruptor Q02 4x160A TMD125

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Interruptor termomagnético EasyPact CVS 25kA TMD 4P 3d 125A

LV516312

### Principal

Gama	EasyPact
Gama De Producto	EasyPact CVS100 ... 250
Nombre Del Producto	EasyPact CVS
Nombre Corto Del Dispositivo	CVS160B
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor
Aplicación Del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Número De Polos	4P
Descripción Polos Protegidos	3D
Protección Contra Fugas A Tierra	Sin
Corriente Nominal	125 A a 40 °C
Tipo De Red	CA
Categoría De Empleo	A
[Lcu] Poder De Corte	40 kA Icu a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 25 kA Icu a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 20 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Unidad De Control	TM-D
Tipo De Unidad De Control	Térmico-magnético
Corriente Derearme	125 A a 40 °C
Tipo De Protección	Prot. contra cortoc. (magnét.) Prot. contra sobrec. (térmica)

### Complementario

[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques	8 kV conforming to EN/IEC 60947-2
Frecuencia De Red	50/60 Hz
Tipo De Poder De Corte	B
[Ics] Poder De Corte En Servicio	15 kA a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 25 kA a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 40 kA a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Posición De Polo De Neutro	Izquierda
Endurancia Mecánica	25000 Ciclos
Endurancia Eléctrica	12000 Ciclos 415 V In conforme a IEC 60947-2
Tipo De Control	Palanca de conmutación
Rango De Ajustes De Protección Térmica	87,5...125 A

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

Ajuste Protección De Neutro	Sin protección (3D)
Tipo De Rearme	Regulable 'or' no regulable
Precisión De Rearme $\pm 20\%$	0,7...1 x In
Tipo Ajuste Temporizac. Larga	Fijo
Tipo De Ajuste De Rearme Insta	Fijo
Li No Regulable	1250 A
Indicación De Contacto Positivo	Sí
Soporte De Montaje	Placa posterior
Tipo De Montaje	Fijo
Conexión Superior	Panel
Conexión Inferior	Panel
Conexiones - Terminales	Conexión de tornillo
Paso Interpolar	35 mm
Código De Compatibilidad	CVS160
Ancho	140 mm
Profundidad	86 mm
Altura	161 mm
Peso Del Producto	1,9 kg

## Entorno

Estándares	IEC 60947-2 EN 60947-2
Certificaciones De Producto	IEC GOST
Tipo De Protección Desc. Eléct.	Clase II
Grado De Contaminación	3 conforme a IEC 60664-1
Grado De Protección Ip	IP40
Temperatura Ambiente De Funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura Ambiente De Almacenamiento	-50...85 °C

## Unidades de embalaje

Tipo De Unidad De Paquete 1	PCE
Número De Unidades En El Paquete 1	1
Paquete 1 Altura	13,500 cm
Paquete 1 Ancho	14,600 cm
Paquete 1 Longitud	19,000 cm
Paquete 1 Peso	2,246 kg
Tipo De Unidad De Paquete 2	S04
Número De Unidades En El Paquete 2	9
Paquete 2 Altura	30,000 cm
Paquete 2 Ancho	40,000 cm
Paquete 2 Longitud	60,000 cm

Paquete 2 Peso	20,944 kg
Tipo De Unidad De Paquete 3	P12
Número De Unidades En El Paquete 3	72
Paquete 3 Altura	45,000 cm
Paquete 3 Ancho	80,000 cm
Paquete 3 Longitud	120,000 cm
Paquete 3 Peso	179,552 kg

## 7.1.1.8 Termomagnética TM01 4x16A

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## INT. TERMOMAGNETICO IC60L 4X16 A CURVA C

A9F94416

### Principal

Aplicación Del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Gama	Acti 9
Nombre Del Producto	Acti9 iC60
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor en miniatura
Nombre Corto Del Dispositivo	iC60L
Número De Polos	4P
Número De Polos Protegidos	4
Corriente Nominal	16 A
Tipo De Red	CA CC
Tipo De Unidad De Control	Térmico-magnético
Código De Curva De Disparo Ins	C
Poder De Corte	15000 A Icn a 400 V CA 50/60 Hz conforme a EN / IEC 60898-1 50 kA Icu a 220...240 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 70 kA Icu a 12...60 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 70 kA Icu a 100 ... 133 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 25 kA Icu a 380...415 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu a <= 250 V CC conforme a EN/IEC 60947-2
Categoría De Utilización	A conforme a EN 60947-2 A conforme a IEC 60947-2
Idoneidad Para El Seccionamiento	Sí conforme a EN 60898-1 Sí conforme a EN 60947-2 Sí conforme a IEC 60898-1 Sí conforme a IEC 60947-2
Estándares	IEC 60947-2 EN 60898-1 EN 60947-2 IEC 60898-1

### Complementario

Frecuencia De Red	50/60 Hz
Límite De Enlace Magnético	8 x In +/- 20%

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

<b>[Ics] Poder De Corte En Servicio</b>	12,5 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 10 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 12,5 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 10 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 25 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 25 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 35 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 12 ... 133 V CA 50/60 Hz 35 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 12 ... 133 V CA 50/60 Hz 7500 A 50 % conforme a EN 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 7500 A 50 % conforme a IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 20 kA 100 % conforme a EN 60947-2 - 180 ... 250 V CC 20 kA 100 % conforme a IEC 60947-2 - 180 ... 250 V CC
<b>Clase De Limitación</b>	3 conforme a EN 60898-1 3 conforme a IEC 60898-1
<b>Tensión Asignada De Aislamiento</b>	500 V CA 50/60 Hz conforme a EN 60947-2 500 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
<b>[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques</b>	6 kV conforme a EN 60947-2 6 kV conforme a IEC 60947-2
<b>Indicación De Contacto Positivo</b>	Si
<b>Tipo De Control</b>	Palanca de conmutación
<b>Señalización Local</b>	Indicador deseng.
<b>Tipo De Montaje</b>	Fijo
<b>Soporte De Montaje</b>	Carril DIN
<b>Compatibilidad De Juego De Bar</b>	Arriba o abajo: Sí
<b>Pasos De 9 Mm</b>	8
<b>Altura</b>	85 mm
<b>Ancho</b>	72 mm
<b>Profundidad</b>	78,5 mm
<b>Peso Del Producto</b>	0,5 kg
<b>Color</b>	Blanco
<b>Endurancia Mecánica</b>	20000 Ciclos
<b>Endurancia Eléctrica</b>	10000 Ciclos
<b>Conexiones - Terminales</b>	Terminal único (arriba o abajo) 1...25 mm <sup>2</sup> rígido Terminal único (arriba o abajo) 1...16 mm <sup>2</sup> flexible
<b>Longitud De Pelado De Cable</b>	14 mm for arriba o abajo connection
<b>Par De Apriete</b>	2 N.m arriba o abajo
<b>Protección De Fugas A Tierra</b>	Bloque independiente

## Entorno

<b>Grado De Protección Ip</b>	IP20 conforming to IEC 60529 IP20 conforming to EN 60529
<b>Grado De Contaminación</b>	3 conforme a EN 60947-2 3 conforme a IEC 60947-2
<b>Categoría De Sobretensión</b>	IV
<b>Tropicalización</b>	2 conforme a IEC 60068-1
<b>Humedad Relativa</b>	95 % a 55 °C
<b>Altitud Máxima De Funcionamiento</b>	0...2000 m
<b>Temperatura Ambiente De Funcionamiento</b>	-35...70 °C
<b>Temperatura Ambiente De Almacenamiento</b>	-40...85 °C

## Unidades de embalaje

Tipo De Unidad De Paquete 1	PCE
Número De Unidades En El Paquete 1	1
Paquete 1 Altura	7,5 cm
Paquete 1 Ancho	7,2 cm
Paquete 1 Longitud	9,5 cm
Paquete 1 Peso	444,0 g
Tipo De Unidad De Paquete 2	BB1
Número De Unidades En El Paquete 2	3
Paquete 2 Altura	8,0 cm
Paquete 2 Ancho	9,8 cm
Paquete 2 Longitud	22,5 cm
Paquete 2 Peso	1,391 kg
Tipo De Unidad De Paquete 3	S03
Número De Unidades En El Paquete 3	33
Paquete 3 Altura	30,0 cm
Paquete 3 Ancho	30,0 cm
Paquete 3 Longitud	40,0 cm
Paquete 3 Peso	16,014 kg

## Garantía contractual

Periodo De Garantía	18 Meses
---------------------	----------

## 7.1.1.9 Interruptor Q03 4x100A TMD32

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Interruptor termomagnético EasyPact CVS 25kA TMD 4P 3d 32A

LV510312

### Principal

Gama	EasyPact
Gama De Producto	EasyPact CVS100 ... 250
Nombre Del Producto	EasyPact CVS
Nombre Corto Del Dispositivo	CVS100B
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor
Aplicación Del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Número De Polos	4P
Descripción Polos Protegidos	3D
Protección Contra Fugas A Tierra	Sin
Corriente Nominal	32 A a 40 °C
Tipo De Red	CA
Categoría De Empleo	A
[Lcu] Poder De Corte	40 kA Icu a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 25 kA Icu a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 20 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Unidad De Control	TM-D
Tipo De Unidad De Control	Térmico-magnético
Corriente Derearme	32 A a 40 °C
Tipo De Protección	Prot. contra sobrec. (térmica) Prot.contra cortoc. (magnét.)

### Complementario

[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques	8 kV conforming to EN/IEC 60947-2
Frecuencia De Red	50/60 Hz
Tipo De Poder De Corte	B
[Ics] Poder De Corte En Servicio	15 kA a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 25 kA a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 40 kA a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Posición De Polo De Neutro	Izquierda
Endurancia Mecánica	30000 Ciclos
Endurancia Eléctrica	12000 Ciclos 415 V In conforme a IEC 60947-2
Tipo De Control	Palanca de conmutación
Rango De Ajustes De Protección Térmica	22,4...32 A

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

Ajuste Protección De Neutro	Sin protección (3D)
Tipo De Rearme	Regulable 'or' no regulable
Precisión De Rearme $\pm 20\%$	0,7...1 x In
Tipo Ajuste Temporizac. Larga	Fijo
Tipo De Ajuste De Rearme Insta	Fijo
Li No Regulable	400 A
Indicación De Contacto Positivo	Si
Soporte De Montaje	Placa posterior
Tipo De Montaje	Fijo
Conexión Superior	Panel
Conexión Inferior	Panel
Conexiones - Terminales	Conexión de tornillo
Paso Interpolar	35 mm
Código De Compatibilidad	CVS100
Ancho	140 mm
Profundidad	86 mm
Altura	161 mm
Peso Del Producto	1,9 kg

## Entorno

Estándares	EN 60947-2 IEC 60947-2
Certificaciones De Producto	IEC GOST
Tipo De Protección Desc. Eléct.	Clase II
Grado De Contaminación	3 conforme a IEC 60664-1
Grado De Protección Ip	IP40
Temperatura Ambiente De Funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura Ambiente De Almacenamiento	-50...85 °C

## Unidades de embalaje

Tipo De Unidad De Paquete 1	PCE
Número De Unidades En El Paquete 1	1
Paquete 1 Altura	14,000 cm
Paquete 1 Ancho	15,000 cm
Paquete 1 Longitud	19,200 cm
Paquete 1 Peso	2,236 kg
Tipo De Unidad De Paquete 2	S04
Número De Unidades En El Paquete 2	9
Paquete 2 Altura	30,000 cm
Paquete 2 Ancho	40,000 cm
Paquete 2 Longitud	60,000 cm

## 7.1.1.10 Interruptor Q04 4x160A TMD160

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Interruptor termomagnético EasyPact CVS 25kA TMD 4P 3d 160A

LV516313

### Principal

Gama	EasyPact
Gama De Producto	EasyPact CVS100 ... 250
Nombre Del Producto	EasyPact CVS
Nombre Corto Del Dispositivo	CVS160B
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor
Aplicación Del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Número De Polos	4P
Descripción Polos Protegidos	3D
Protección Contra Fugas A Tierra	Sin
Corriente Nominal	160 A a 40 °C
Tipo De Red	CA
Categoría De Empleo	A
[Lcu] Poder De Corte	40 kA Icu a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 25 kA Icu a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 20 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Unidad De Control	TM-D
Tipo De Unidad De Control	Térmico-magnético
Corriente Derearme	160 A a 40 °C
Tipo De Protección	Prot. contra sobrec. (térmica) Prot.contra cortoc. (magnét.)

### Complementario

[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques	8 kV conforming to EN/IEC 60947-2
Frecuencia De Red	50/60 Hz
Tipo De Poder De Corte	B
[Ics] Poder De Corte En Servicio	15 kA a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 25 kA a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 40 kA a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Posición De Polo De Neutro	Izquierda
Endurancia Mecánica	25000 Ciclos
Endurancia Eléctrica	12000 Ciclos 415 V In conforme a IEC 60947-2
Tipo De Control	Palanca de conmutación
Rango De Ajustes De Protección Térmica	112...160 A

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

Ajuste Protección De Neutro	Sin protección (3D)
Tipo De Rearme	Regulable 'or' no regulable
Precisión De Rearme $\pm 20\%$	0,7...1 x In
Tipo Ajuste Temporizac. Larga	Fijo
Tipo De Ajuste De Rearme Insta	Fijo
Li No Regulable	1250 A
Indicación De Contacto Positivo	Sí
Soporte De Montaje	Placa posterior
Tipo De Montaje	Fijo
Conexión Superior	Panel
Conexión Inferior	Panel
Conexiones - Terminales	Conexión de tornillo
Paso Interpolar	35 mm
Código De Compatibilidad	CVS160
Ancho	140 mm
Profundidad	86 mm
Altura	161 mm
Peso Del Producto	1,9 kg

## Entorno

Estándares	EN 60947-2 IEC 60947-2
Certificaciones De Producto	IEC GOST
Tipo De Protección Desc. Eléct.	Clase II
Grado De Contaminación	3 conforme a IEC 60664-1
Grado De Protección Ip	IP40
Temperatura Ambiente De Funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura Ambiente De Almacenamiento	-50...85 °C

## Unidades de embalaje

Tipo De Unidad De Paquete 1	PCE
Número De Unidades En El Paquete 1	1
Paquete 1 Altura	14,000 cm
Paquete 1 Ancho	14,800 cm
Paquete 1 Longitud	19,500 cm
Paquete 1 Peso	2,241 kg
Tipo De Unidad De Paquete 2	S04
Número De Unidades En El Paquete 2	9
Paquete 2 Altura	30,000 cm
Paquete 2 Ancho	40,000 cm
Paquete 2 Longitud	60,000 cm

## 7.1.1.11 Interruptor Q05-Q07 4x100A TMD80

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Interruptor termomagnético EasyPact CVS 25kA TMD 4P 3d 80A

LV510316

### Principal

Gama	EasyPact
Gama De Producto	EasyPact CVS100 ... 250
Nombre Del Producto	EasyPact CVS
Nombre Corto Del Dispositivo	CVS100B
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor
Aplicación Del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Número De Polos	4P
Descripción Polos Protegidos	3D
Protección Contra Fugas A Tierra	Sin
Corriente Nominal	80 A a 40 °C
Tipo De Red	CA
Categoría De Empleo	A
[Lcu] Poder De Corte	40 kA Icu a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 25 kA Icu a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 20 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Unidad De Control	TM-D
Tipo De Unidad De Control	Térmico-magnético
Corriente Derearme	80 A a 40 °C
Tipo De Protección	Prot.contra cortoc. (magnét.) Prot. contra sobrec. (térmica)

### Complementario

[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques	8 kV conforming to EN/IEC 60947-2
Frecuencia De Red	50/60 Hz
Tipo De Poder De Corte	B
[Ics] Poder De Corte En Servicio	15 kA a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 25 kA a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 40 kA a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Posición De Polo De Neutro	Izquierda
Endurancia Mecánica	30000 Ciclos
Endurancia Eléctrica	12000 Ciclos 415 V In conforme a IEC 60947-2
Tipo De Control	Palanca de conmutación
Rango De Ajustes De Protección Térmica	56...80 A

5 jun 2024

Life Is On | Schneider Electric

1

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

Ajuste Protección De Neutro	Sin protección (3D)
Tipo De Rearme	Regulable 'or' no regulable
Precisión De Rearme $\pm 20\%$	0,7...1 x In
Tipo Ajuste Temporizac. Larga	Fijo
Tipo De Ajuste De Rearme Insta	Fijo
Li No Regulable	640 A
Indicación De Contacto Positivo	Sí
Soporte De Montaje	Placa posterior
Tipo De Montaje	Fijo
Conexión Superior	Panel
Conexión Inferior	Panel
Conexiones - Terminales	Conexión de tornillo
Paso Interpolar	35 mm
Código De Compatibilidad	CVS100
Ancho	140 mm
Profundidad	86 mm
Altura	161 mm
Peso Del Producto	1,9 kg

## Entorno

Estándares	EN 60947-2 IEC 60947-2
Certificaciones De Producto	IEC GOST
Tipo De Protección Desc. Eléct.	Clase II
Grado De Contaminación	3 conforme a IEC 60664-1
Grado De Protección Ip	IP40
Temperatura Ambiente De Funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura Ambiente De Almacenamiento	-50...85 °C

## Unidades de embalaje

Tipo De Unidad De Paquete 1	PCE
Número De Unidades En El Paquete 1	1
Paquete 1 Altura	13,600 cm
Paquete 1 Ancho	14,500 cm
Paquete 1 Longitud	18,900 cm
Paquete 1 Peso	2,156 kg
Tipo De Unidad De Paquete 2	S04
Número De Unidades En El Paquete 2	9
Paquete 2 Altura	30,000 cm
Paquete 2 Ancho	40,000 cm
Paquete 2 Longitud	60,000 cm

## 7.1.1.12 Interruptor Q06 4x100A TMD63

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Interruptor termomagnético EasyPact CVS 25kA TMD 4P 3d 63A

LV510315

### Principal

Gama	EasyPact
Gama De Producto	EasyPact CVS100 ... 250
Nombre Del Producto	EasyPact CVS
Nombre Corto Del Dispositivo	CVS100B
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor
Aplicación Del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Número De Polos	4P
Descripción Polos Protegidos	3D
Protección Contra Fugas A Tierra	Sin
Corriente Nominal	63 A a 40 °C
Tipo De Red	CA
Categoría De Empleo	A
[Lcu] Poder De Corte	40 kA Icu a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 25 kA Icu a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 20 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Unidad De Control	TM-D
Tipo De Unidad De Control	Térmico-magnético
Corriente Derearme	63 A a 40 °C
Tipo De Protección	Prot. contra sobrec. (térmica) Prot. contra cortoc. (magnét.)

### Complementario

[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques	8 kV conforming to EN/IEC 60947-2
Frecuencia De Red	50/60 Hz
Tipo De Poder De Corte	B
[Ics] Poder De Corte En Servicio	15 kA a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 25 kA a 380/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 40 kA a "220/240 V" CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Posición De Polo De Neutro	Izquierda
Endurancia Mecánica	30000 Ciclos
Endurancia Eléctrica	12000 Ciclos 415 V In conforme a IEC 60947-2
Tipo De Control	Palanca de conmutación
Rango De Ajustes De Protección Térmica	44,1...63 A

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

Ajuste Protección De Neutro	Sin protección (3D)
Tipo De Rearme	Regulable 'or' no regulable
Precisión De Rearme $\pm 20\%$	0,7...1 x In
Tipo Ajuste Temporizac. Larga	Fijo
Tipo De Ajuste De Rearme Insta	Fijo
Li No Regulable	500 A
Indicación De Contacto Positivo	Si
Soporte De Montaje	Placa posterior
Tipo De Montaje	Fijo
Conexión Superior	Panel
Conexión Inferior	Panel
Conexiones - Terminales	Conexión de tornillo
Paso Interpolar	35 mm
Código De Compatibilidad	CVS100
Ancho	140 mm
Profundidad	86 mm
Altura	161 mm
Peso Del Producto	1,9 kg

## Entorno

Estándares	EN 60947-2 IEC 60947-2
Certificaciones De Producto	IEC GOST
Tipo De Protección Desc. Eléct.	Clase II
Grado De Contaminación	3 conforme a IEC 60664-1
Grado De Protección Ip	IP40
Temperatura Ambiente De Funcionamiento	-25...70 °C
Temperatura Ambiente De Almacenamiento	-50...85 °C

## Unidades de embalaje

Tipo De Unidad De Paquete 1	PCE
Número De Unidades En El Paquete 1	1
Paquete 1 Altura	13,700 cm
Paquete 1 Ancho	14,500 cm
Paquete 1 Longitud	18,900 cm
Paquete 1 Peso	2,361 kg
Tipo De Unidad De Paquete 2	S04
Número De Unidades En El Paquete 2	9
Paquete 2 Altura	30,000 cm
Paquete 2 Ancho	40,000 cm
Paquete 2 Longitud	60,000 cm

## 7.1.1.13 Guardamotor GM02 4x6,3A

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Guardamotor termomagnético Tesys Deca 4-6.3A pulsador

GV2ME103

### Principal

Gama	TeSys Deca
Nombre Del Producto	TeSys GV2 TeSys Deca
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor de motor
Nombre Corto Del Dispositivo	GV2ME
Aplicación Del Dispositivo	Protección del motor
Tipo De Unidad De Control	Térmico-magnético

### Complementario

Número De Polos	3P
Tipo De Red	CA
Categoría De Utilización	A conforme a IEC 60947-2 AC-3 conforme a IEC 60947-4-1 AC-3e conforme a IEC 60947-4-1
Frecuencia Asignada De Empleo	50/60 Hz conforme a IEC 60947-4-1
Modo De Fijación	Perfil DIN simétrico de 35 mm: cortado Panel: con tornillos (Con placa adaptadora)
Potencia Del Motor En Kw	2,2 kW a 400/415 V CA 50/60 Hz 3 kW a 500 V CA 50/60 Hz
Poder De Corte	100 kA Icu a 230/240 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 kA Icu a 400/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 50 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 50 kA Icu a 500 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 3 kA Icu a 690 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
[Ics] Rated Service Short-Circuit Breaking Capacity	100 % a 230/240 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 % a 400/415 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 % a 440 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 100 % a 500 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2 75 % a 690 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Tipo De Control	Pulsador
Corriente Nominal	6,3 A
Rango De Ajustes De Protección Térmica	4...6,3 A conforme a IEC 60947-4-1
Corriente De Disparo Magnética	78 A
[Ith] Intensidad Térmica Convencional	6,3 A conforme a IEC 60947-4-1
Tensión Asignada De Empleo	690 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
Tensión Asignada De Aislamiento	690 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques	6 kV conforme a IEC 60947-2

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

<b>Sensibilidad A Fallo De Fase</b>	Si conforme a IEC 60947-4-1
<b>Idoneidad Para El Seccionamiento</b>	Si conforme a IEC 60947-1 § 7-1-6
<b>Potencia Total Disipada Por Polo</b>	2,5 W
<b>Endurancia Mecánica</b>	100000 Ciclos
<b>Endurancia Eléctrica</b>	100000 Ciclos para AC-3 a 415 V In 100000 Ciclos para AC-3e a 415 V In
<b>Servicio Nominal</b>	Continuo conforme a IEC 60947-4-1
<b>Ancho</b>	45 mm
<b>Altura</b>	101 mm
<b>Profundidad</b>	78,5 mm
<b>Peso Del Producto</b>	0,28 kg
<b>Color</b>	Gris oscuro

## Entorno

<b>Estándares</b>	EN/IEC 60947-2 EN/IEC 60947-4-1
<b>Certificaciones De Producto</b>	CCC UL CSA EAC ATEX LROS (Lloyds registro de envío) BV RINA DNV-GL UKCA
<b>Grado De Protección Ik</b>	IK04
<b>Grado De Protección Ip</b>	IP20 conforme a IEC 60529
<b>Resistencia Climática</b>	conforme a IACS E10
<b>Temperatura Ambiente De Almacenamiento</b>	-40...80 °C
<b>Resistencia Al Fuego</b>	960 °C conforme a IEC 60695-2-11
<b>Temperatura Ambiente</b>	-20...60 °C
<b>Robustez Mecánica</b>	Impactos: 30 Gn para 11 ms Vibraciones: 5 Gn, 5 ... 150 Hz
<b>Altitud Máxima De Funcionamiento</b>	2000 m

## Unidades de embalaje

<b>Tipo De Unidad De Paquete 1</b>	PCE
<b>Número De Unidades En El Paquete 1</b>	1
<b>Paquete 1 Altura</b>	5,5 cm
<b>Paquete 1 Ancho</b>	11 cm
<b>Paquete 1 Longitud</b>	8,5 cm
<b>Paquete 1 Peso</b>	304 g
<b>Tipo De Unidad De Paquete 2</b>	S02
<b>Número De Unidades En El Paquete 2</b>	20
<b>Paquete 2 Altura</b>	15 cm

Paquete 2 Ancho	30 cm
Paquete 2 Longitud	40 cm
Paquete 2 Peso	6,42 kg

### Garantía contractual

Periodo De Garantía	18 Meses
---------------------	----------

## 7.1.1.14 Disyuntor ID01 4x50A

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Interruptor diferencial Acti9 IID 4P 40A tipo AC 300mA

A9R74440

Certificado: DC-E-S26-002.22 - IRAM

### Principal

Gama	Acti 9
Nombre Del Producto	Acti9 IID
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor de corriente residual (RCCB)
Nombre Corto Del Dispositivo	IID
Número De Polos	4P
Posición De Polo De Neutro	Izquierda
Corriente Nominal	40 A
Tipo De Red	CA
Sensibilidad A La Fuga A Tierra	300 mA
Retraso Tiempo Protec. Pérdida A Tierra	Instantáneo
Prot. C. Fuga A Tier.(Tabular)	Tipo AC

### Complementario

Ubicación Del Dispositivo En El Sistema	Salida
Frecuencia De Red	50/60 Hz
Tensión Asignada De Empleo	380...415 V CA 50/60 Hz
Tecnología De Disparo Corriente Residual	Independiente tensión
Capacidad De Cierre Y Corte Nominal	Idm 1500 A Im 1500 A
Rated Conditional Short-Circuit Current	10 kA
Tensión Asignada De Aislamiento	500 V CA 50/60 Hz
[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques	6 kV
Indicación De Contacto Positivo	Si
Tipo De Control	Palanca de conmutación
Tipo De Montaje	Clip-on
Soporte De Montaje	Carril DIN
Pasos De 9 Mm	8
Altura	91 mm
Ancho	72 mm
Profundidad	73,5 mm
Peso Del Producto	0,37 kg

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

<b>Color</b>	Blanco
<b>Endurancia Mecánica</b>	20000 Ciclos
<b>Endurancia Eléctrica</b>	AC-1: 15000 Ciclos
<b>Descripción Opciones Bloqueo</b>	Dispositivo de cierre con candado
<b>Conexiones - Terminales</b>	Terminal único arriba o abajo1...35 mm <sup>2</sup> rígido Terminal único arriba o abajo1...25 mm <sup>2</sup> flexible Terminal único arriba o abajo1...25 mm <sup>2</sup> flexible con férula
<b>Longitud De Pelado De Cable</b>	14 mm for arriba o abajo connection
<b>Par De Apriete</b>	3,5 N.m arriba o abajo

## Entorno

<b>Normas</b>	EN / IEC 61008-1
<b>Certificaciones De Producto</b>	SNI
<b>Grado De Protección Ip</b>	IP20 conforming to IEC 60529 IP40 (envolvente modular) conforming to IEC 60529
<b>Grado De Contaminación</b>	3
<b>Compatibilidad Electromagnética</b>	Resistencia a choque 8/20 µs, 250 A conforme a EN / IEC 61008-1
<b>Temperatura Ambiente</b>	-5...60 °C
<b>Temperatura Ambiente De Almacenamiento</b>	-40...85 °C

## Unidades de embalaje

<b>Tipo De Unidad De Paquete 1</b>	PCE
<b>Número De Unidades En El Paquete 1</b>	1
<b>Paquete 1 Altura</b>	7,5 cm
<b>Paquete 1 Ancho</b>	8,4 cm
<b>Paquete 1 Longitud</b>	10,0 cm
<b>Paquete 1 Peso</b>	355,0 g
<b>Tipo De Unidad De Paquete 2</b>	S03
<b>Número De Unidades En El Paquete 2</b>	27
<b>Paquete 2 Altura</b>	30,0 cm
<b>Paquete 2 Ancho</b>	30,0 cm
<b>Paquete 2 Longitud</b>	40,0 cm
<b>Paquete 2 Peso</b>	10,274 kg

## Garantía contractual

<b>Periodo De Garantía</b>	18 Meses
----------------------------	----------

## 7.1.1.15 Disyuntor ID02 4x32A

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## Interruptor termomagnético Acti9 iC60N 4P 32A curva C

A9F74432

Certificado: DC-E-S26-042.6 - IRAM

### Principal

Aplicación Del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Gama	Acti 9
Nombre Del Producto	Acti9 iC60
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor en miniatura
Nombre Corto Del Dispositivo	IC60N
Número De Polos	4P
Número De Polos Protegidos	4
Corriente Nominal	32 A
Tipo De Red	CA CC
Tipo De Unidad De Control	Térmico-magnético
Código De Curva De Disparo Ins	C
Poder De Corte	6000 A Icn a 400 V CA 50/60 Hz conforme a EN / IEC 60898-1 36 kA Icu a 12...60 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu a 380...415 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu a 220...240 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 6 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 36 kA Icu a 100 ... 133 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 10 kA Icu a <= 250 V CC conforme a EN/IEC 60947-2
Categoría De Utilización	A conforme a EN 60947-2 A conforme a IEC 60947-2
Idoneidad Para El Seccionamiento	Sí conforme a EN 60898-1 Sí conforme a EN 60947-2 Sí conforme a IEC 60898-1 Sí conforme a IEC 60947-2
Estándares	EN 60947-2 IEC 60898-1 IEC 60947-2 EN 60898-1

### Complementario

Frecuencia De Red	50/60 Hz
Límite De Enlace Magnético	8 x In +/- 20%

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

<b>[Ics] Poder De Corte En Servicio</b>	15 kA 75 % conforme a EN 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 7,5 kA 75 % conforme a EN 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 4,5 kA 75 % conforme a EN 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 15 kA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 7,5 kA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 4,5 kA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 27 kA 75 % conforme a IEC 60947-2 - 12 ... 133 V CA 50/60 Hz 27 kA 75 % conforme a EN 60947-2 - 12 ... 133 V CA 50/60 Hz 6000 A 100 % conforme a EN 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 6000 A 100 % conforme a IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 10 kA 100 % conforme a IEC 60947-2 - 180 ... 250 V CC 10 kA 100 % conforme a EN 60947-2 - 180 ... 250 V CC
<b>Clase De Limitación</b>	3 conforme a EN 60898-1 3 conforme a IEC 60898-1
<b>Tensión Asignada De Aislamiento</b>	500 V CA 50/60 Hz conforme a EN 60947-2 500 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
<b>[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques</b>	6 kV conforme a EN 60947-2 6 kV conforme a IEC 60947-2
<b>Indicación De Contacto Positivo</b>	Si
<b>Tipo De Control</b>	Palanca de conmutación
<b>Señalización Local</b>	Indicador deseng.
<b>Tipo De Montaje</b>	Fijo
<b>Soporte De Montaje</b>	Carril DIN
<b>Compatibilidad De Juego De Bar</b>	Arriba o abajo: Sí
<b>Pasos De 9 Mm</b>	8
<b>Altura</b>	85 mm
<b>Ancho</b>	72 mm
<b>Profundidad</b>	78,5 mm
<b>Peso Del Producto</b>	0,5 kg
<b>Color</b>	Blanco
<b>Endurancia Mecánica</b>	20000 Ciclos
<b>Endurancia Eléctrica</b>	10000 Ciclos
<b>Conexiones - Terminales</b>	Terminal único (arriba o abajo) 1...35 mm <sup>2</sup> rígido Terminal único (arriba o abajo) 1...25 mm <sup>2</sup> flexible
<b>Longitud De Pelado De Cable</b>	14 mm for arriba o abajo connection
<b>Par De Apriete</b>	3,5 N.m arriba o abajo
<b>Protección De Fugas A Tierra</b>	Bloque independiente

## Entorno

<b>Grado De Protección Ip</b>	IP20 conforming to IEC 60529 IP20 conforming to EN 60529
<b>Grado De Contaminación</b>	3 conforme a EN 60947-2 3 conforme a IEC 60947-2
<b>Categoría De Sobretensión</b>	IV
<b>Tropicalización</b>	2 conforme a IEC 60068-1
<b>Humedad Relativa</b>	95 % a 55 °C
<b>Altitud Máxima De Funcionamiento</b>	0...2000 m
<b>Temperatura Ambiente De Funcionamiento</b>	-35...70 °C
<b>Temperatura Ambiente De Almacenamiento</b>	-40...85 °C

## 7.1.1.16 Termomagnética TM02 4x40A

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## INT. TERMOMAGNETICO IC60L 4X40 A CURVA C

A9F94440

### Principal

Aplicación Del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Gama	Acti 9
Nombre Del Producto	Acti9 IC60
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor en miniatura
Nombre Corto Del Dispositivo	IC60L
Número De Polos	4P
Número De Polos Protegidos	4
Corriente Nominal	40 A
Tipo De Red	CA CC
Tipo De Unidad De Control	Térmico-magnético
Código De Curva De Disparo Ins	C
Poder De Corte	15000 A Icn a 400 V CA 50/60 Hz conforme a EN / IEC 60898-1 70 kA Icu a 12...60 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 70 kA Icu a 100 ... 133 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 15 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu a 380...415 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 36 kA Icu a 220...240 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu a <= 250 V CC conforme a EN/IEC 60947-2
Categoría De Utilización	A conforme a EN 60947-2 A conforme a IEC 60947-2
Idoneidad Para El Seccionamiento	Sí conforme a EN 60898-1 Sí conforme a EN 60947-2 Sí conforme a IEC 60898-1 Sí conforme a IEC 60947-2
Estándares	EN 60947-2 IEC 60947-2 IEC 60898-1 EN 60898-1

### Complementario

Frecuencia De Red	50/60 Hz
Límite De Enlace Magnético	8 x In +/- 20%

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

<b>[Ics] Poder De Corte En Servicio</b>	18 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 10 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 7,5 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 18 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 10 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 7,5 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 35 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 12 ... 133 V CA 50/60 Hz 35 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 12 ... 133 V CA 50/60 Hz 7500 A 50 % conforme a EN 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 7500 A 50 % conforme a IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 20 kA 100 % conforme a EN 60947-2 - 180 ... 250 V CC 20 kA 100 % conforme a IEC 60947-2 - 180 ... 250 V CC
<b>Clase De Limitación</b>	3 conforme a EN 60898-1 3 conforme a IEC 60898-1
<b>Tensión Asignada De Aislamiento</b>	500 V CA 50/60 Hz conforme a EN 60947-2 500 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
<b>[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques</b>	6 kV conforme a EN 60947-2 6 kV conforme a IEC 60947-2
<b>Indicación De Contacto Positivo</b>	Si
<b>Tipo De Control</b>	Palanca de conmutación
<b>Señalización Local</b>	Indicador deseng.
<b>Tipo De Montaje</b>	Fijo
<b>Soporte De Montaje</b>	Carril DIN
<b>Compatibilidad De Juego De Bar</b>	Arriba o abajo: Sí
<b>Pasos De 9 Mm</b>	8
<b>Altura</b>	85 mm
<b>Ancho</b>	72 mm
<b>Profundidad</b>	78,5 mm
<b>Peso Del Producto</b>	0,5 kg
<b>Color</b>	Blanco
<b>Endurancia Mecánica</b>	20000 Ciclos
<b>Endurancia Eléctrica</b>	10000 Ciclos
<b>Conexiones - Terminales</b>	Terminal único (arriba o abajo) 1...35 mm <sup>2</sup> rígido Terminal único (arriba o abajo) 1...25 mm <sup>2</sup> flexible
<b>Longitud De Pelado De Cable</b>	14 mm for arriba o abajo connection
<b>Par De Apriete</b>	3,5 N.m arriba o abajo
<b>Protección De Fugas A Tierra</b>	Bloque independiente

## Entorno

<b>Grado De Protección Ip</b>	IP20 conforming to IEC 60529 IP20 conforming to EN 60529
<b>Grado De Contaminación</b>	3 conforme a EN 60947-2 3 conforme a IEC 60947-2
<b>Categoría De Sobretensión</b>	IV
<b>Tropicalización</b>	2 conforme a IEC 60068-1
<b>Humedad Relativa</b>	95 % a 55 °C
<b>Altitud Máxima De Funcionamiento</b>	0...2000 m
<b>Temperatura Ambiente De Funcionamiento</b>	-35...70 °C
<b>Temperatura Ambiente De Almacenamiento</b>	-40...85 °C

## 7.1.1.17 Termomagnética TM03 4x32A

# Ficha técnica del producto

Especificaciones



## INT. TERMOMAGNETICO IC60L 4X32 A CURVA C

A9F94432

### Principal

Aplicación Del Dispositivo	Distribución Eléctrica Residencial y Comercial
Gama	Acti 9
Nombre Del Producto	Acti9 IC60
Tipo De Producto O Componente	Disyuntor en miniatura
Nombre Corto Del Dispositivo	IC60L
Número De Polos	4P
Número De Polos Protegidos	4
Corriente Nominal	32 A
Tipo De Red	CC CA
Tipo De Unidad De Control	Térmico-magnético
Código De Curva De Disparo Ins	C
Poder De Corte	15000 A Icn a 400 V CA 50/60 Hz conforme a EN / IEC 60898-1 70 kA Icu a 12...60 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 70 kA Icu a 100 ... 133 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 15 kA Icu a 440 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu a 380...415 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 36 kA Icu a 220...240 V CA 50/60 Hz conforme a EN/IEC 60947-2 20 kA Icu a <= 250 V CC conforme a EN/IEC 60947-2
Categoría De Utilización	A conforme a EN 60947-2 A conforme a IEC 60947-2
Idoneidad Para El Seccionamiento	Sí conforme a EN 60898-1 Sí conforme a EN 60947-2 Sí conforme a IEC 60898-1 Sí conforme a IEC 60947-2
Estándares	EN 60947-2 IEC 60898-1 EN 60898-1 IEC 60947-2

### Complementario

Frecuencia De Red	50/60 Hz
Límite De Enlace Magnético	8 x In +/- 20%

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios

<b>[Ics] Poder De Corte En Servicio</b>	18 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 10 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 7,5 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 18 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 220...240 V CA 50/60 Hz 10 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 380...415 V CA 50/60 Hz 7,5 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 440 V CA 50/60 Hz 35 kA 50 % conforme a EN 60947-2 - 12 ... 133 V CA 50/60 Hz 35 kA 50 % conforme a IEC 60947-2 - 12 ... 133 V CA 50/60 Hz 7500 A 50 % conforme a EN 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 7500 A 50 % conforme a IEC 60898-1 - 400 V CA 50/60 Hz 20 kA 100 % conforme a EN 60947-2 - 180 ... 250 V CC 20 kA 100 % conforme a IEC 60947-2 - 180 ... 250 V CC
<b>Clase De Limitación</b>	3 conforme a EN 60898-1 3 conforme a IEC 60898-1
<b>Tensión Asignada De Aislamiento</b>	500 V CA 50/60 Hz conforme a EN 60947-2 500 V CA 50/60 Hz conforme a IEC 60947-2
<b>[Uimp] Tensión Asignada De Resistencia A Los Choques</b>	6 kV conforme a EN 60947-2 6 kV conforme a IEC 60947-2
<b>Indicación De Contacto Positivo</b>	Si
<b>Tipo De Control</b>	Palanca de conmutación
<b>Señalización Local</b>	Indicador deseng.
<b>Tipo De Montaje</b>	Fijo
<b>Soporte De Montaje</b>	Carril DIN
<b>Compatibilidad De Juego De Bar</b>	Arriba o abajo: Sí
<b>Pasos De 9 Mm</b>	8
<b>Altura</b>	85 mm
<b>Ancho</b>	72 mm
<b>Profundidad</b>	78,5 mm
<b>Peso Del Producto</b>	0,5 kg
<b>Color</b>	Blanco
<b>Endurancia Mecánica</b>	20000 Ciclos
<b>Endurancia Eléctrica</b>	10000 Ciclos
<b>Conexiones - Terminales</b>	Terminal único (arriba o abajo) 1...35 mm <sup>2</sup> rígido Terminal único (arriba o abajo) 1...25 mm <sup>2</sup> flexible
<b>Longitud De Pelado De Cable</b>	14 mm for arriba o abajo connection
<b>Par De Apriete</b>	3,5 N.m arriba o abajo
<b>Protección De Fugas A Tierra</b>	Bloque independiente

## Entorno

<b>Grado De Protección Ip</b>	IP20 conforming to IEC 60529 IP20 conforming to EN 60529
<b>Grado De Contaminación</b>	3 conforme a EN 60947-2 3 conforme a IEC 60947-2
<b>Categoría De Sobretensión</b>	IV
<b>Tropicalización</b>	2 conforme a IEC 60068-1
<b>Humedad Relativa</b>	95 % a 55 °C
<b>Altitud Máxima De Funcionamiento</b>	0...2000 m
<b>Temperatura Ambiente De Funcionamiento</b>	-35...70 °C
<b>Temperatura Ambiente De Almacenamiento</b>	-40...85 °C

## Unidades de embalaje

Tipo De Unidad De Paquete 1	PCE
Número De Unidades En El Paquete 1	1
Paquete 1 Altura	7,5 cm
Paquete 1 Ancho	7 cm
Paquete 1 Longitud	9,5 cm
Paquete 1 Peso	493 g
Tipo De Unidad De Paquete 2	BB1
Número De Unidades En El Paquete 2	3
Paquete 2 Altura	8 cm
Paquete 2 Ancho	10 cm
Paquete 2 Longitud	22,5 cm
Paquete 2 Peso	1,544 kg
Tipo De Unidad De Paquete 3	S03
Número De Unidades En El Paquete 3	33
Paquete 3 Altura	30 cm
Paquete 3 Ancho	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm
Paquete 3 Peso	17,475 kg

## Garantía contractual

Periodo De Garantía	18 Meses
---------------------	----------

## 7.1.2 Anexo A2-Sistema neumático

### 7.1.2.1 Compresor Kaeser ASD50

# Serie ASD – CSDX

## Compresores de tornillo con accionamiento 1:1 - hasta 90 kW

Modelo	Sobrepr. de servicio  bar	Flujo volumétrico <sup>1</sup> unidad completa a sobrepr. de servicio  m <sup>3</sup> /min	Sobrepr. máx. de servicio  bar	Pot.nominal motor del motor  kW	Dimensiones an x prof x al  mm	Conexión aire comprimido	Nivel de presión acústica <sup>1)</sup>  dB(A)	Masa  kg
ASD 35	7,5 10	3,16 2,63	8,5 12	18,5	1460 x 900 x 1530	G 1 ¼	65	610
ASD 40	7,5 10 13	3,92 3,13 2,58	8,5 12 15	22	1460 x 900 x 1530		66	655
ASD 50	7,5 10 13	4,58 3,85 3,05	8,5 12 15	25	1460 x 900 x 1530		66	695
ASD 60	7,5 10 13	5,53 4,49 3,71	8,5 12 15	30	1460 x 900 x 1530		69	750

### 7.1.2.2 Tanque de almacenamiento

## Datos técnicos

Volumen del tanque l	Presión máxima de trabajo psig	Versión		Versión vertical				Versión horizontal			
		Vertical	Horizontal	Alto mm	Diámetro mm	Conexión entrada/salida	Peso kg	Largo mm	Diámetro mm	Conexión entrada/salida	Peso kg
90	160 680	Sí	—	1,158 1,236	350 355	2 x G ½ posterior	33 125	—	—	—	—
150	160 232	Sí	Sí	1,190	450	2 x G ¾ posterior	60 60	1,050 1,346	450 400	2 x G 2	55 75
250	160 232	Sí	Sí	1,540 1,546	500	2 x G ¾ posterior	84 100	1,410 1,410	500	2 x G 2	84 100
	680		—	1,709	500	2 x G 1 posterior	250	—	—	—	—
350	160 232	Sí	Sí	1,770 1,815	460	2 x G 1 posterior	101 128	1,630	550	2 x G 2	101 164
500	160 232	Sí	Sí	1,941	-	2 x G 1 posterior	131 208	1,780 1,053	600	2 x G 2	131 208
	680		—	1,975			515	—	—	—	—
900	160	Sí	—	2,170	800	2 x G 2; 2 x G 1½	238	—	—	—	—
1,000	160 232	Sí	Sí	2,273 2,270	800	2 x G 1½; 2 x G 2	244 356	2,165	800	G 2; 1 x G 1½	244 348
	47		—	2,365		4 x G 1½	670	—	—	—	—
2,000	160 232	Sí	Sí	2,375 2,510	1,150 1,100	4 x G 2½	471 650	2,200	1,150	2 x G 2	471 600
	680		—	2,570	1,100	4 x DN 80	1,530	—	—	—	—
							683				

### 7.1.2.3 Secador de aire comprimido

## Especificaciones técnicas

Modelo	Serie TA			Serie TB		Serie TC			Serie TD			
	5	8	11	19	26	31	36	44	51	61	76	
Caudal <sup>1</sup>	m <sup>3</sup> /min	0,60	0,85	1,25	2,10	2,55	3,20	3,90	4,70	5,65	7,00	8,25
Pérdida de presión del secador refrigerativo <sup>1</sup>	bar	0,07	0,14	0,17	0,19	0,20	0,17	0,17	0,18	0,11	0,17	0,17
Pot. eléct. absorbida al 100% del volumen <sup>1</sup>	kW	0,30	0,29	0,39	0,53	0,80	0,74	0,89	0,68	0,97	1,25	1,67
Pot. eléct. absorbida al 50% del volumen <sup>1</sup>	kW	0,18	0,16	0,20	0,36	0,53	0,34	0,41	0,44	0,55	0,71	0,80
Peso	kg	70	80	85	108	116	155	170	200	251	251	287
Dimensiones an x prof x al	mm	630 x 484 x 779			620 x 540 x 963		764 x 660 x 1009			1125 x 759 x 1167		
Conexión de aire comprimido	G	1/2			1		1 1/2			1 1/2		2
Conexión de drenaje de condensado	G	1/2			1/2		1/2			1/2		
Alimentación eléctrica		230 V/1 Ph/50 Hz			230 V/1 Ph/50 Hz		230 V/1 Ph/50 Hz			400 V/3 Ph/50 Hz		
Agente refrigerante R-513A	kg	0,26	0,22	0,37	0,56	0,55	0,80	1,00	1,04	1,25	1,30	1,50
Agente refrigerante R-513A en CO <sub>2</sub> equivalente	t	0,18	0,14	0,23	0,35	0,35	0,50	0,63	0,66	0,79	0,82	0,95
Circuito de agente refrigerante hermético de acuerdo a la normativa sobre gases F		sí			sí		sí			sí		
<b>Opciones/accesorios</b>												
Contactos secos (sin potencia): Compresor de frío en marcha, punto de rocío alto		Opcional			Opcional		Estándar			Estándar		
Contactos secos (sin potencia): Compresor de frío en marcha, punto de rocío alto, alarma en el drenaje de condensados		No disponible			Opcional		Opcional			Opcional		
Patas del equipo atornillables		Opcional			Opcional		Opcional			Opcional		
Autotransformador separado para adaptación a otras tensiones de red		Opcional			Opcional		Opcional			Opcional		
Colores especiales (tonos RAL)		Opcional			Opcional		Opcional			Opcional		
Versión sin silicona (norma VW 3.10.7)		Opcional			Opcional		Opcional			Opcional		

**Observación:** Adecuado para temperaturas ambientales de +3°C a +43°C. Temperatura máx. de entrada del aire comprimido +55°C, presión máx./máx. 3 hasta 16 bar, contiene gas fluorado de efecto invernadero R-513A (GWP = 631)

<sup>1</sup> De acuerdo a la norma ISO 7183, opción A1. Punto de referencia: 1 bar(a), 20°C, 0% de humedad relativa; punto de servicio: punto de rocío +3°C, presión de servicio 7 bar, temperatura de entrada del aire comprimido 35°C, temperatura ambiente 25°C, 100% de humedad relativa.



## 7.1.2.4 Filtros

### Datos técnicos

Para modelos F6 hasta F320 y grados de filtración KB/KE/KA/KD

Modelo	Flujo volumétrico <sup>1</sup> m <sup>3</sup> /min	Sobrepresión bar	Temperatura ambiente °C	Temperatura de entrada aire comprimido °C	Peso máx. kg	Alimentación eléctrica ECO-DRAIN
F6	0,60	2 hasta 16	+3 hasta +50	+3 hasta +66	3,6	95...240 VAC ±10 % (50...60 Hz) / 100...125 VDC ±10 %
F9	0,90				3,7	
F16	1,60	2 hasta 16	+3 hasta +50	+3 hasta +66	4,2	
F22	2,20				4,4	
F26	2,60				4,5	
F46	4,61				8,4	
F83	8,25	2 hasta 16	+3 hasta +50	+3 hasta +66	9,3	
F110	11,00				10,9	
F142	14,20				11,1	
F184	18,40	2 hasta 16	+3 hasta +50	+3 hasta +66	16,9	
F250	25,00				18,6	
F320	32,00				20,6	

<sup>1</sup> Datos de rendimiento referidos a 7 bar de sobrepresión, a 1 bar absoluto de presión ambiental y 20 °C. En otras condiciones de servicio, el flujo volumétrico será diferente.

### Grados de filtración

Grado de filtración	KB Filtro de coalescencia Basic	KE Filtro de coalescencia Extra	KD Filtro de polvo Dust	KA Filtro de carbón activo Adsorption	KBE Extra Combination	KEA Carbon Combination
Presión dif. inicial con saturación	< 140 mbar	< 200 mbar	< 30 mbar (nuevo, seco)	< 40 mbar (nuevo, seco)	< 200 mbar	< 240 mbar
Cont. de aerosol en la entrada	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>	–	–	10 mg/m <sup>3</sup>	10 mg/m <sup>3</sup>
Contenido residual de aerosol en salida acorde a la ISO 12500-1 <sup>1</sup>	< 0,1 mg/m <sup>3</sup>	< 0,01 mg/m <sup>3</sup>	–	–	< 0,01 mg/m <sup>3</sup>	0,003 mg/m <sup>3</sup> (Contenido total de aceite)
Medio filtrante	Plisado profundo con estructura de soporte y filtro de drenaje de poliéster		Plisado profundo con estructura de soporte	Fibra de carbono -high-efficiency-	–	–
Aplicación	Filtración de aerosoles sólidos y líquidos y de partículas sólidas	Aplicación: como los KB, pero para una calidad su- perior del aire comprimido Alternativa: Filtro de partículas finísimas según el grado de filtración KD	Exclusivamente para la filtración de partículas sólidas	Exclusivamente para la eliminación de vapores de aceite	Combinación de KB y KE, pero para una calidad del aire comprimido más segura	Combinación de KE y KA; filtración de aerosoles, partículas sólidas y vapores de aceite

<sup>1</sup> Acordé a la ISO 12500-1:06-2007

## 7.1.2.5 Drenajes electrónicos ECO-DRAIN

### Especificaciones técnicas

Modelo	Presión mín. / máx. bar <sup>(a)</sup>	Zona climática <sup>1)</sup>	Caudal máx. del compresor según la zona climática 1/2/3 m³/min	Capacidad máx. del secador 1/2/3 m³/min	Capacidad del filtro <sup>2)</sup> máx. 1/2/3 m³/min	Campos de aplicación Condensado <sup>3)</sup> a/b	Contacto libre de potencial Contacto	Dimensiones an x prof x al mm	Peso kg	Alimentación eléctrica
ECO DRAIN 30	0,8/16	1/2/3	3/2,5/1,5	6/5/3	30/25/15	a/b	–	164 x 65 x 118	0,8	95...240 VAC ±10% (50...60 Hz) / 100...125 VDC ±10%
ECO DRAIN 31	0,8/16	1/2/3	6/5/3,5	12/10/7	60/50/35	a/b	•	179 x 74 x 130	0,9	
ECO DRAIN 32	0,8/16	1/2/3	12/10/7	24/20/14	120/100/70	a	•	211 x 74 x 157	1,6	
ECO DRAIN 32 CO	0,8/16	1/2/3	12/10/7	24/20/14	120/100/70	a/b	•	211 x 74 x 157	1,6	
ECO DRAIN 12	0,8/16	1/2/3	8/6,5/4	16/13/8	80/65/40	a	•	158 x 65 x 141	0,8	230 V / 1 Ph / 50-60 Hz
ECO DRAIN 12 CO	0,8/16	1/2/3	8/6,5/4	16/13/8	80/65/40	a/b	•	158 x 65 x 141	0,8	
ECO DRAIN 13	1,0/16	1/2/3	35/30/20	70/60/40	350/300/200	a	•	212 x 93 x 162	2,0	
ECO DRAIN 13 CO	0,8/16	1/2/3	35/30/20	70/60/40	350/300/200	a/b	•	212 x 93 x 162	2,0	
ECO DRAIN 14	0,8/16	1/2/3	150/130/90	300/260/180	1500/1300/900	a	•	252 x 120 x 180	2,9	
ECO DRAIN 14 CO	0,8/16	1/2/3	150/130/90	300/260/180	1500/1300/900	a/b	•	252 x 120 x 180	2,9	
ECO DRAIN 16 CO	0,8/16	1/2/3	1700/1400/1000	3400/2800/2000	–	a/b	•	260 x 280 x 280	5,9	
ECO-DRAIN 12 CO PN 63 <sup>4)</sup>	1,2/63	1/2/3	8/6,5/4	16/13/8	80/65/40	a/b	•	146 x 65 x 141	0,9	
ECO-DRAIN 13 CO PN 25 <sup>4)</sup>	1,2/25	1/2/3	35/30/20	70/60/40	350/300/200	a/b	•	197 x 93 x 162	2,2	

<sup>1)</sup> Zona climática: **1 = seco/frío** (norte de Europa, Canadá, norte de los EE.UU, Asia Central); **2 = moderado** (centro y sur de Europa, algunas zonas de Sudamérica, norte de África); **3 = húmedo** (regiones costeras del sureste asiático, Centroamérica, Oceanía, regiones del Amazonas y el Congo)

<sup>2)</sup> Instalación detrás del secador

<sup>3)</sup> a = Condensado de un compresor refrigerado por aceite, b = Condensado agresivo

<sup>4)</sup> Para altas presiones

## 7.1.3 Anexo A3-Red contra incendios

### 7.1.3.1 Moto generador diésel

#### Especificaciones Del Producto Para C4.4 | DE110E2



#### Especificaciones De Los Grupos Electrónicos

Clasificación mínima	110.0kVA
Clasificación máxima	110.0kVA
Estrategia de emisiones y combustible	Stage II de la Unión Europea y R96
Voltaje	De 220 a 415 voltios
Frecuencia	50 Hz
Velocidad	1.500 rpm
Ciclo de trabajo	De respaldo, principal

#### Especificaciones Del Motor

Modelo de motor	Cat® C4.4
Calibre	105 mm
Carrera	127 mm
Cilindrada	3.3 L
Relación de compresión	18.3:1
Aspiración	Turbocompresión
Sistema de combustible	En línea
Tipo de regulador	Electrónico

#### Dimensiones De Los Grupos Electrónicos

Longitud máxima	2089 mm
-----------------	---------

<b>Ancho máximo</b>	1120 mm
<b>Altura máxima</b>	1375 mm
<b>Peso en seco: grupo electrógeno (máximo)</b>	1129 kg

## C4.4 | DE110E2 Equipos Estándar

### Panel De Control

Panel de control GCCP

### Alternador Y Sus Accesorios

12 conductores  
 Protección IP23  
 Regulador de voltaje (detección de unafase)  
 Panel de la torre, IP22, entrada de cable inferior  
 Panel de cables separado de bajo voltaje (CA/CC)  
 Disyuntor, IEC, 3 polos, montado en el panel de la torre

### Sistema De Regulación

Sistema de regulación eléctrica

### Sistema De Enfriamiento

Radiador y ventilador de enfriamiento con protecciones  
 Tubería de drenaje de refrigerante con válvula  
 Mando del ventilador, mando del alternador de carga de la batería  
 Refrigerante de larga duración de Caterpillar

### Sistema De Admisión De Aire

Filtro de aire de servicio liviano con elemento desechable

### Sistema De Escape

Tubo de proyección, empaquetaduras, tapa contra lluvia y brida de escape SAE  
 Silenciador industrial

### Sistema De Combustible

Base y tanque de combustible del grupo abierto estándar

### Sistema De Lubricación

Aceite lubricante  
 Tubería de drenaje del aceite con válvula

### Sistema De Montaje

Aisladores de vibraciones lineales cautivas  
 Provisión de levantamiento y puntos de arrastre

### 7.1.3.2 Equipo de bombeo Grundfos

Producto	NK 80-250/263 A1F2BE-SBAQE
Código	96653651
Precio	
<b>Técnico</b>	
Caudal nominal	120 m <sup>3</sup> /h
Bomba con motor	Y
Altura nominal	20 m
Tolerancia de curva	ISO9906:2012 3B
<b>Materiales</b>	
Cuerpo hidráulico	Fundición
Carcasa de la bomba	EN-GJL-250 ASTM A48-30B
Mat. de anillo de desgaste	Latón
Impulsor	Bronce CuSn10-C
<b>Instalación</b>	
Presión de trabajo máxima	16 bar
Tipo de conexión de entrada	DIN
Tipo de conexión de salida	DIN
Presión nominal para la conexión	PN 16
<b>Líquido</b>	
Rango de temperatura del líquido	0 .. 120 °C
<b>Datos eléctricos</b>	
Potencia nominal - P2	11 kW
Número de polos	4
<b>Paneles control</b>	
Convertidor de frecuencia	None
Sensor de presión	N
<b>Otros</b>	
Estado ErP	Prod. independiente (directiva EuP)

## 7.1.4 Anexo A4-Grúa bandera

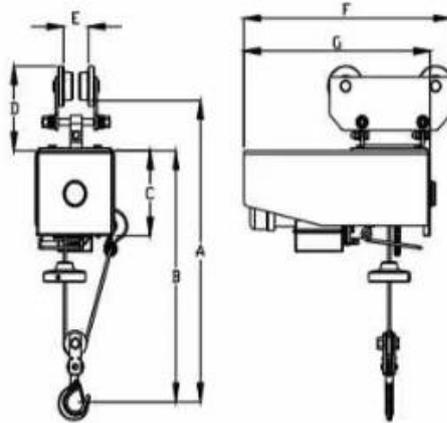
### 7.1.4.1 Polipasto

#### Elevador eléctrico

##### Datos técnicos

	125/250		250/500		500/1000	
	Sin reducción	Con reducción	Sin reducción	Con reducción	Sin reducción	Con reducción
Fuerza portante	125 Kgs.	250 Kgs.	250 Kgs.	500 Kgs.	500 Kgs.	1000 Kgs.
Altura de elevación	11 m	5,5 m	11 m	5,5 m	11 m	5,5 m
Velocidad de izaje	11 m/min	5,5 m/min	12 m/min	6 m/min	8 m/min	4 m/min
Largo del cable	11 mts					
Ø del cable	3 mm		5 mm		5,6 mm	
Resistencia del cable	900 Kgs.		1400 Kgs.		2000 Kgs.	
Tensión eléctrica	220 V - 50 Hz 110 V - 60 Hz					
Potencia del motor	0,3 CV		0,5 CV			
RPM motor	1400 RPM				2800 RPM	
Peso	Sin Carro	Con Carro	Sin Carro	Con Carro	Sin carro	Con carro
	18 Kgs.	22 Kgs.	22 Kgs.	27 Kgs.	31 Kgs.	46 Kgs.

##### Medidas



	A	B	C	D	E	F	G
125-250	380	290	145	145	55-85	400	350
250-500	581	482	165	145	55-85	440	405
500-1000	535	410	180	205	78-93	530	480

Este producto no es apto para el transporte de personas

### 7.1.4.2 Elevador magnético

## PML-100

Modelo	Peso (Kg)	Carga máxima (Kg)	Longitud máxima(mm)
PLM-100	3	± 100 - Ø 50	1000

## 7.1.5 Anexo A5-Cámara de secado

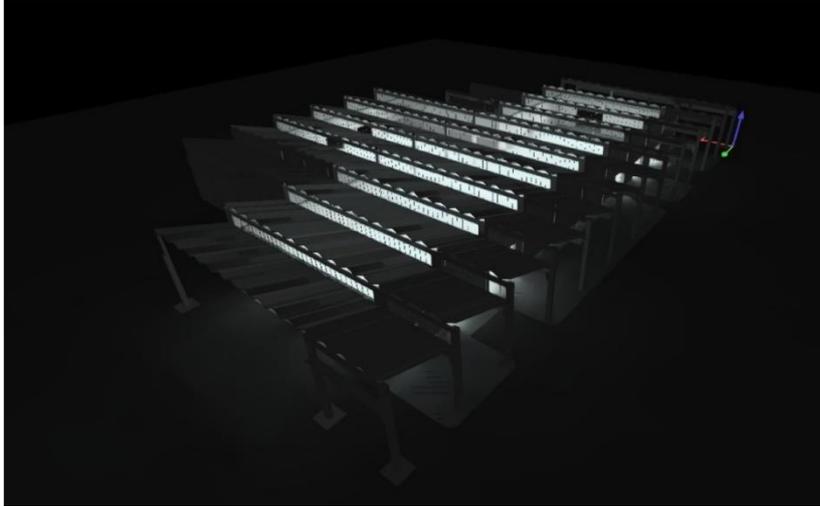
Parámetros técnicos de la máquina										
Tipo de unidad	JMHPK-XJ	JMHPK-8XC		JMHPK-10XC		JMHPK-16XC	JMHPK-22XC	JMHPK-36XC	JMHPK-50XC	JMHPK-72XC
Capacidad de calefacción nominal	kilovatios	8		10		dieciséis	22	36	50	72
Capacidad de deshumidificación	L/H	5.5		7		15	20	30	45	60
Potencia nominal	kilovatios	2.6		3.86		8.3	10.6	16.8	17.86	28.6
Poder máximo	kilovatios	5.6		6.86		11.3	13.6	22.6	23.86	34.6
Corriente eléctrica nominal	A	12	6	18	8	17	22	34	36	58
Corriente eléctrica máxima	A	26	11	32	14	23	28	46	48	70
Volumen total de aire del ventilador interior	m³/h	3000-6000		3000-8000		5000-10000	7000-12000	10000-16000	12000-18000	20000-36000
Fuente de alimentación	V/Hz	220/50	380/50	220/50	380/50	380/50				
Tipo de compresor	/	Tipo de rotor				Tipo de vórtice				
refrigerante	/	R134A								
ruido dB (A)	/	≤75								
Ambiente de trabajo	/	-15~43°C								
La temperatura de secado sonó	/	35-65°C								
TAMAÑO ( L/W/H)	MM	1330*960*1905		1865*1310*1905		3790*1310*2180	5025*1310*2180	5955*1950*2500	5955*1950*2500	7545*1950*2900
Peso neto	KG	380		550		1050	1350	1760	2145	2460

## 7.2 Anexo B-Simulaciones

### 7.2.1 Anexo B1-Iluminación en Dialux

Fecha 20/6/2024

DIALux



Proyecto Final - Fábrica tubera

Objeto  
Valentin Torra 5497

Created with DIALux

## Observaciones preliminares

Indicaciones para planificación:

Las magnitudes de consumo de energía no tienen en cuenta escenas de luz ni sus estados de atenuación.

## Contenido

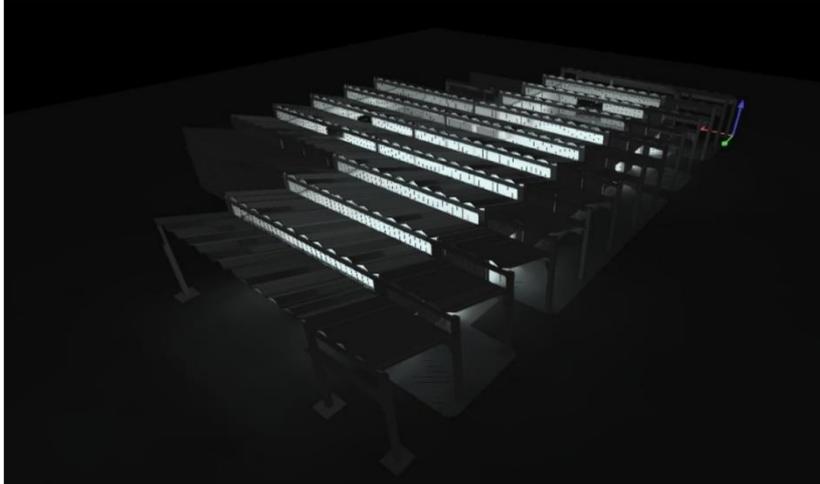
Portada .....	1
Observaciones preliminares .....	2
Contenido .....	3
Descripción .....	4
Imágenes .....	5
Lista de luminarias .....	8

## Fichas de producto

Lemvigh-Müller - LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70° (1x Fast LED) .....	9
---	---

## Terreno 1

Plano de situación de luminarias .....	11
Lista de luminarias .....	17
Objetos de cálculo / Escena de luz 1 .....	18
Área de trabajo / Escena de luz 1 / Iluminancia perpendicular .....	20
Glosario .....	21



## Descripción

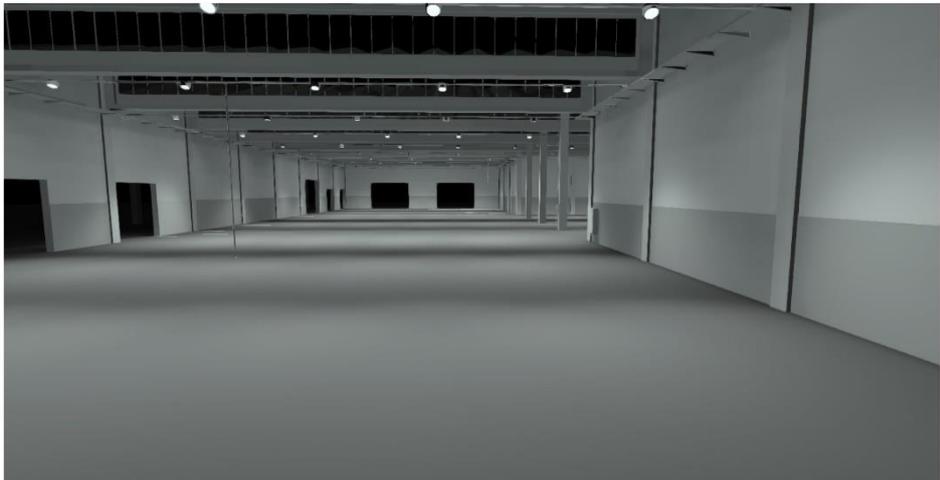
Proyecto Final de Grado - Ingeniería Electromecánica

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Paraná

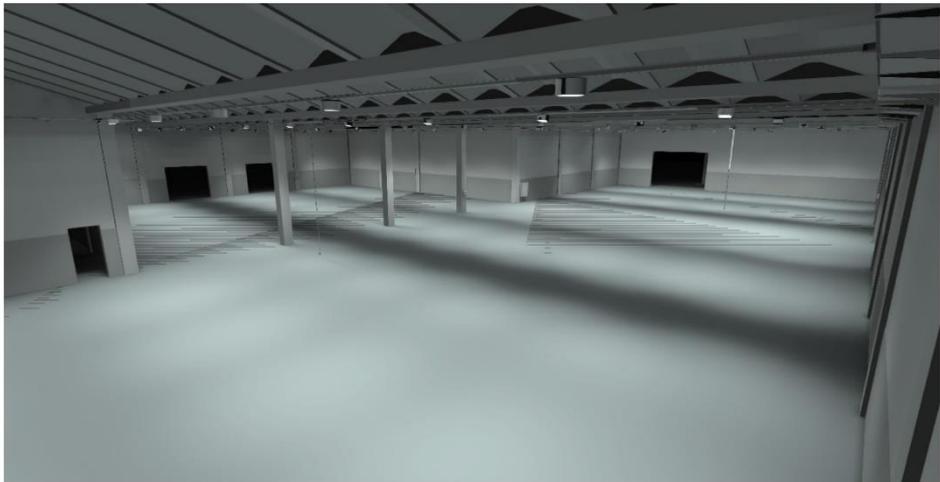
Autores:

- Cogorno Damian
- Ibaña Angel
- Nani Rodrigo

### Imágenes



## Imágenes



## Imágenes



### Lista de luminarias

$\Phi_{total}$ 1799700 lm	$P_{total}$ 12600.0 W	Rendimiento lumínico 142.8 lm/W
------------------------------	--------------------------	------------------------------------

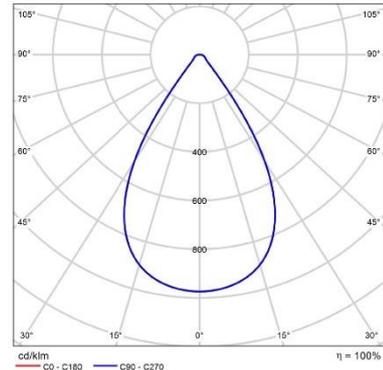
Uni.	Fabricante	N° de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
60	Lemvigh-Müller	5641000930	LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°	210.0 W	29995 lm	142.8 lm/W

Ficha de producto

Lemvigh-Müller - LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°



N° de artículo	5641000930
P	210.0 W
ΦLámpara	30000 lm
ΦLuminaria	29995 lm
η	99.98 %
Rendimiento lumínico	142.8 lm/W
CCT	6500 K
CRI	80



CDL polar

High Bay Performance fra LEDVANCE kombinerer den nyeste teknologi på markedet med et design, som gør monteringen nem og smertefri. De nye højloftsarmaturer er anvendelige ved loftshøjder fra 4,5 - 20 meter. Optikerne er designet, så der garanteres en lav blænding på UGR<math>\lt;lt>25</math> ved brug af 70° armaturer og UGR<math>\lt;lt>22</math> i kombination med reflektor. High Bay Performance leveres med 1,5 meter forud installeret ledning samt krog til ophængning. Det er muligt at tilkøbe monteringsbeslag, aluminiumsreflektor og klar refraktor i polykarbonat.

High Bay Performance findes i flere varianter:  
 - 93W/13.000 lumen i 70° eller 110°  
 - 155W/22.000 lumen i 70° eller 110°  
 - 190W/27.000 lumen i 70° eller 110°  
 - 210W/30.000 lumen i 70°

Derudover fås armaturet med eller uden DALI driver samt med eller uden integreret bevægelsessensor.

Alle armaturer yder en høj effektivitet på 140 lm/W. Samtidig er levetiden optimeret til hele 80.000 timer L70 eller 50.000 timer

Valoración de deslumbramiento según UGR													
		70°				110°				150°			
		70	90	110	130	70	90	110	130	70	90	110	130
a) Paredes		50	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50	30
b) Suelos		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local	X	Mirado en perpendicular al eje de lámpara				Mirado longitudinalmente al eje de lámpara							
Y													
2H	2H	22.4	23.3	22.6	23.5	23.7	22.4	23.3	22.6	23.5	23.7		
	3H	23.0	23.8	23.3	24.0	24.3	23.0	23.8	23.3	24.0	24.3		
	4H	23.4	24.1	23.7	24.4	24.7	23.4	24.1	23.7	24.4	24.7		
	6H	23.8	24.5	24.2	24.8	25.1	23.8	24.5	24.2	24.8	25.1		
	8H	24.0	24.7	24.4	25.0	25.3	24.0	24.7	24.4	25.0	25.3		
	12H	24.2	24.8	24.5	25.1	25.4	24.2	24.8	24.5	25.1	25.4		
4H	2H	22.5	23.2	22.8	23.5	23.8	22.5	23.2	22.8	23.5	23.8		
	3H	23.3	24.0	23.7	24.3	24.6	23.3	24.0	23.7	24.3	24.6		
	4H	23.9	24.5	24.3	24.8	25.2	23.9	24.5	24.3	24.8	25.2		
	6H	24.6	25.1	25.0	25.4	25.8	24.6	25.1	25.0	25.4	25.8		
	8H	24.8	25.3	25.3	25.7	26.1	24.8	25.3	25.3	25.7	26.1		
	12H	25.1	25.5	25.5	25.9	26.3	25.1	25.5	25.5	25.9	26.3		
8H	4H	24.2	24.6	24.8	25.0	25.4	24.2	24.6	24.8	25.0	25.4		
	6H	25.0	25.4	25.4	25.8	26.2	25.0	25.4	25.4	25.8	26.2		
	8H	25.4	25.7	25.9	26.2	26.6	25.4	25.7	25.9	26.2	26.6		
	12H	25.7	26.0	26.2	26.4	26.8	25.7	26.0	26.2	26.4	26.8		
12H	4H	24.2	24.6	24.8	25.0	25.4	24.2	24.6	24.8	25.0	25.4		
	6H	25.1	25.4	25.6	25.8	26.3	25.1	25.4	25.6	25.8	26.3		
	8H	25.5	25.8	25.9	26.3	26.8	25.5	25.8	25.9	26.3	26.8		

Variación de la posición del espectador para separaciones 5 entre luminarias:			
S = 1.0H	+2.2 / 0.9	+2.2 / 0.9	
S = 1.2H	+4.1 / -1.1	+4.1 / -1.1	
S = 2.0H	+6.8 / -1.3	+6.8 / -1.3	
Tabla estándar	BR04	BR04	
Suavizado de corrección	7.3	7.3	

Índice de deslumbramiento corregido en relación a 30000lm Flujo luminoso total

Diagrama UGR (SHR: 0.25)

## Ficha de producto

Lemvigh-Müller - LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°

L80. Der ydes 5 års systemgaranti på alle High Bay armaturer.

Valgfrit tilbehør:

4058075505285: monteringsbeslag 93W-155W

4058075505308: monteringsbeslag 190W-210W

4058075507029: refraktor klar 93W

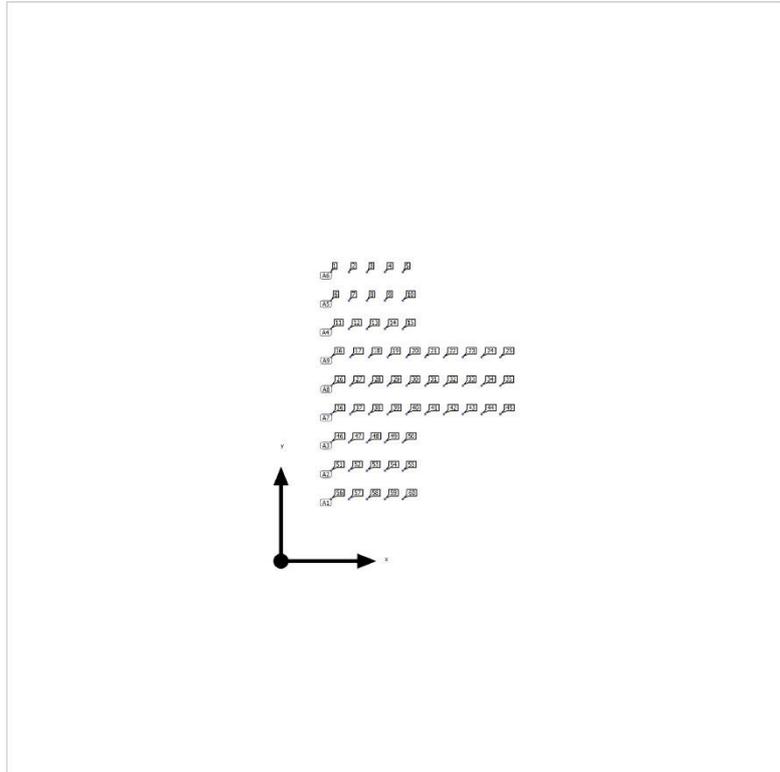
4058075507036: refraktor klar 155W-210W

4058075507043: reflektor alu 93W

4058075507050: reflektor alu 155W-210W

Terreno 1

**Plano de situación de luminarias**



Terreno 1

**Plano de situación de luminarias**



Fabricante	Lemvigh-Müller	P	210.0 W
N° de artículo	5641000930	Φ <sub>Luminaria</sub>	29995 lm
Nombre del artículo	LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°		
Lámpara	1x Fast LED		

5 x Lemvigh-Müller LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	12.249 m / 15.344 m / 6.242 m	12.249 m	15.344 m	6.242 m	56
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, 4.079 m	16.649 m	15.344 m	6.242 m	57
		21.049 m	15.344 m	6.242 m	58
Organización	A1	25.449 m	15.344 m	6.242 m	59
		29.849 m	15.344 m	6.242 m	60

5 x Lemvigh-Müller LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	12.249 m / 22.343 m / 6.242 m	12.249 m	22.343 m	6.242 m	51
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, Distancias desiguales	16.649 m	22.343 m	6.242 m	52
		21.049 m	22.343 m	6.242 m	53
Organización	A2	25.449 m	22.343 m	6.242 m	54

Terreno 1

**Plano de situación de luminarias**

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
29.849 m	22.343 m	6.242 m	55

5 x Lemvigh-Müller LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	12.249 m / 29.346 m / 6.242 m	12.249 m	29.346 m	6.242 m	46
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, Distancias desiguales	16.649 m	29.346 m	6.242 m	47
		21.049 m	29.346 m	6.242 m	48
		25.449 m	29.346 m	6.242 m	49
Organización	A3	29.849 m	29.346 m	6.242 m	50

5 x Lemvigh-Müller LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	12.249 m / 57.341 m / 6.242 m	12.249 m	57.341 m	6.242 m	11
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, Distancias desiguales	16.649 m	57.341 m	6.242 m	12
		21.049 m	57.341 m	6.242 m	13
		25.449 m	57.341 m	6.242 m	14
Organización	A4	29.849 m	57.341 m	6.242 m	15

5 x Lemvigh-Müller LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	12.249 m / 64.345 m / 6.242 m	12.249 m	64.345 m	6.242 m	6
		16.649 m	64.345 m	6.242 m	7
		21.049 m	64.345 m	6.242 m	8

Terreno 1

**Plano de situación de luminarias**

Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, Distancias desiguales	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
		25.449 m	64.345 m	6.242 m	9
Organización	A5	29.849 m	64.345 m	6.242 m	10

5 x Lemvigh-Müller LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	12.249 m / 71.343 m / 6.242 m	12.249 m	71.343 m	6.242 m	1
Dirección X	5 Uni., Borde externo - borde externo, Distancias desiguales	16.649 m	71.343 m	6.242 m	2
		21.049 m	71.343 m	6.242 m	3
		25.449 m	71.343 m	6.242 m	4
Organización	A6	29.849 m	71.343 m	6.242 m	5

10 x Lemvigh-Müller LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	12.349 m / 36.348 m / 6.242 m	12.349 m	36.348 m	6.242 m	36
Dirección X	10 Uni., Borde externo - borde externo, 4.279 m	16.949 m	36.348 m	6.242 m	37
		21.549 m	36.348 m	6.242 m	38
Organización	A7	26.149 m	36.348 m	6.242 m	39
		30.749 m	36.348 m	6.242 m	40
		35.349 m	36.348 m	6.242 m	41
		39.949 m	36.348 m	6.242 m	42
		44.549 m	36.348 m	6.242 m	43
		49.149 m	36.348 m	6.242 m	44
		53.749 m	36.348 m	6.242 m	45

Terreno 1

**Plano de situación de luminarias**

10 x Lemvigh-Müller LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	12.349 m / 43.346 m / 6.242 m	12.349 m	43.346 m	6.242 m	26
Dirección X	10 Uni., Borde externo - borde externo, 4.279 m	16.949 m	43.346 m	6.242 m	27
		21.549 m	43.346 m	6.242 m	28
Organización	A8	26.149 m	43.346 m	6.242 m	29
		30.749 m	43.346 m	6.242 m	30
		35.349 m	43.346 m	6.242 m	31
		39.949 m	43.346 m	6.242 m	32
		44.549 m	43.346 m	6.242 m	33
		49.149 m	43.346 m	6.242 m	34
		53.749 m	43.346 m	6.242 m	35

10 x Lemvigh-Müller LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°

Tipo	Disposición en línea	X	Y	Altura de montaje	Luminaria
1era Luminaria (X/Y/Z)	12.349 m / 50.349 m / 6.242 m	12.349 m	50.349 m	6.242 m	16
Dirección X	10 Uni., Borde externo - borde externo, 4.279 m	16.949 m	50.349 m	6.242 m	17
		21.549 m	50.349 m	6.242 m	18
Organización	A9	26.149 m	50.349 m	6.242 m	19
		30.749 m	50.349 m	6.242 m	20
		35.349 m	50.349 m	6.242 m	21
		39.949 m	50.349 m	6.242 m	22
		44.549 m	50.349 m	6.242 m	23
		49.149 m	50.349 m	6.242 m	24

Terreno 1

**Plano de situación de luminarias**

X	Y	Altura de montaje	Luminaria
53.749 m	50.349 m	6.242 m	25

Terreno 1

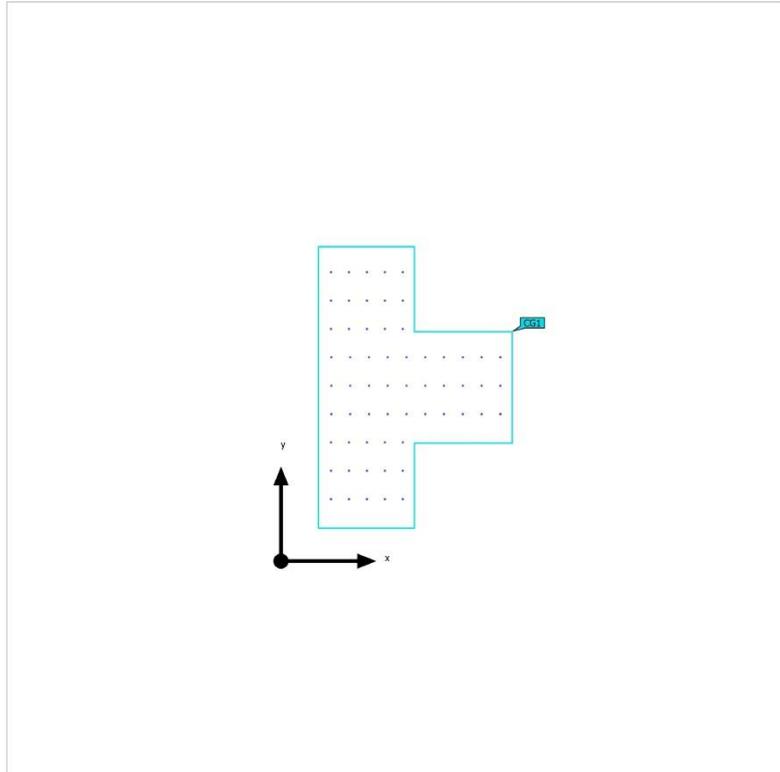
**Lista de luminarias**

$\Phi_{total}$ 1799700 lm	$P_{total}$ 12600.0 W	Rendimiento lumínico 142.8 lm/W
------------------------------	--------------------------	------------------------------------

Uni.	Fabricante	Nº de artículo	Nombre del artículo	P	$\Phi$	Rendimiento lumínico
60	Lemvigh-Müller	5641000930	LEDVANCE High Bay Performance 30000lm 210W 865 IP65 70°	210.0 W	29995 lm	142.8 lm/W

Terreno 1 (Escena de luz 1)

**Objetos de cálculo**



Terreno 1 (Escena de luz 1)

### Objetos de cálculo

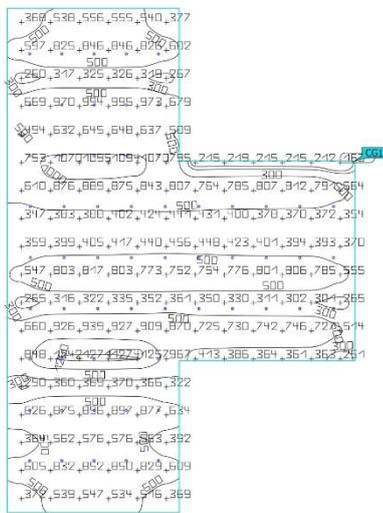
Superficie de cálculo

Propiedades	$\bar{E}$	$E_{\min}$	$E_{\max}$	$U_0 (g_1)$	$g_2$	Índice
Área de trabajo Iluminancia perpendicular Altura: 0.000 m	595 lx	163 lx	1274 lx	0.27	0.13	CG1

Perfil de uso: Configuración DIALux predeterminada (5.1.4 Estándar (área de tránsito al aire libre))

Terreno 1 (Escena de luz 1)

Área de trabajo



Propiedades	E	E <sub>min</sub>	E <sub>máx</sub>	U <sub>0</sub> (g <sub>1</sub> )	g <sub>2</sub>	Índice
Área de trabajo Iluminancia perpendicular Altura: 0.000 m	595 lx	163 lx	1274 lx	0.27	0.13	CG1

Perfil de uso: Configuración DIALux predeterminada (5.1.4 Estándar (área de tránsito al aire libre))

## Glosario

### A

A	Símbolo para una superficie en la geometría
Altura interior del local	Designación para la distancia entre el borde superior del suelo y el borde inferior del techo (para un local en su estado terminado).
Autonomía de la luz del día	Describe qué porcentaje del tiempo de trabajo diario se cubre con la iluminación solar necesaria. La iluminancia nominal se utiliza a partir del perfil de la habitación, a diferencia de lo descrito en la norma EN 17037. El cálculo no se realiza en el centro de la habitación sino en el punto de medición del sensor colocado. Se considera que una habitación está suficientemente iluminada con luz solar si alcanza al menos un 50 % de autonomía con luz solar.

### Á

Área circundante	El área circundante limita directamente con el área de la tarea visual y debe contar con una anchura de al menos 0,5 m, según DIN EN 12464-1. Se encuentra a la misma altura que el área de la tarea visual.
Área de fondo	El área de fondo limita, según DIN EN 12464-1, con el área inmediatamente circundante y alcanza los límites del local. En el caso de locales grandes, el área de fondo tiene al menos 3 m de anchura. Es horizontal y se encuentra a la altura del suelo.
Área de la tarea visual	El área requerida para llevar a cabo una tarea visual según DIN EN 12464-1. La altura corresponde a la altura a la que se lleva a cabo la tarea visual.

### C

CCT	<p>(ingl. correlated colour temperature)</p> <p>Temperatura del cuerpo de un proyector térmico, que se utiliza para la descripción de su color de luz. Unidad: Kelvin [K]. Entre menor sea el valor numérico, más rojo, a mayor valor numérico, más azul será el color de luz. La temperatura de color de lámparas de descarga gaseosa y semiconductores se denomina, al contrario de la temperatura de color de los proyectores térmicos, como "temperatura de color correlacionada".</p> <p>Correspondencia entre colores de luz y rangos de temperatura de color según EN 12464-1:</p> <p>Color de luz - temperatura de color [K]          blanco cálido (ww) &lt; 3.300 K          blanco neutro (nw) ≥ 3.300 – 5.300 K          blanco luz diurna (tw) &gt; 5.300 K</p>
-----	--

## Glosario

Cociente de luz diurna	<p>Relación entre la iluminancia que se alcanza en un punto en el espacio interior, debida únicamente a la incidencia de luz diurna, y la iluminancia horizontal en el espacio exterior bajo cielo abierto.</p> <p>Símbolo: D (ingl. daylight factor) Unidad: %</p>
CRI	<p>(ingl. colour rendering index) Denominación para el índice de reproducción cromática de una luminaria o de una fuente de luz según DIN 6169: 1976 o. CIE 13.3: 1995.</p> <p>El índice general de reproducción cromática Ra (o CRI) es un coeficiente adimensional que describe la calidad de una fuente de luz blanca en lo que respecta a su semejanza a una fuente de luz de referencia, en los espectros de remisión de 8 colores de prueba definidos (ver DIN 6169 o CIE 1974).</p>
D	
Densidad lumínica	<p>Medida de la "impresión de claridad" que el ojo humano percibe de una superficie. Es posible que la superficie misma ilumine o que refleje la luz que incide sobre ella (valor de emisor). Es la única dimensión fotométrica que el ojo humano puede percibir.</p> <p>Unidad: Candela por metro cuadrado Abreviatura: cd/m<sup>2</sup> Símbolo: L</p>
E	
Eta ( $\eta$ )	<p>(ingl. light output ratio) El grado de eficacia de funcionamiento de luminaria describe qué porcentaje del flujo luminoso de una fuente de luz de radiación libre (o módulo LED) abandona la luminaria instalada.</p> <p>Unidad: %</p>

## Glosario

### Evaluación energética

Basado en un procedimiento de cálculo horario de la luz solar en espacios interiores, teniendo en cuenta la geometría del proyecto y los sistemas de control de la luz solar existentes. También se tiene en cuenta la orientación y ubicación del proyecto. El cálculo utiliza la potencia del sistema especificada de las luminarias para determinar la demanda de energía. Se asume una relación lineal entre la potencia y el flujo luminoso en el estado atenuado para las luminarias controladas por la luz solar. Los tiempos de uso y la iluminancia nominal se determinan a partir de los perfiles de uso de los espacios. Las luminarias encendidas que se excluyen explícitamente del control también tienen en cuenta los tiempos de uso especificados. Los sistemas de control de la luz solar usan una lógica de control simplificada que los cierra con una iluminancia horizontal de 27.500 lx.

El año natural 2022 se usa solo como referencia. No es una simulación de este año. El año de referencia solo se utiliza para asignar los días de la semana a los resultados calculados. No se contempla el cambio al horario de verano. El tipo de cielo de referencia utilizado es el cielo medio descrito en CIE 110 sin luz solar directa.

El método fue desarrollado junto con el Fraunhofer Institute for Building Physics y está disponible para su revisión por parte del Grupo de trabajo conjunto 1 ISO TC 274 como una extensión del método basado en regresión anual anterior.

## F

### Factor de degradación

Véase MF

### Flujo luminoso

Medida para la potencia luminosa total emitida por una fuente de luz en todas direcciones. Es con ello un "valor de emisor" que especifica la potencia de emisión total. El flujo luminoso de una fuente de luz solo puede determinarse en el laboratorio. Se diferencia entre el flujo luminoso de lámpara o de módulo LED y el flujo luminoso de luminaria.

Unidad: Lumen  
Abreviatura: lm  
Símbolo:  $\Phi$

## G

### g<sub>1</sub>

Con frecuencia también  $U_o$  (ingl. overall uniformity)  
Denomina la uniformidad total de la iluminancia sobre una superficie. Es el cociente de  $E_{min}$  y  $E$  y se utiliza, entre otras, en normas para la especificación de iluminación en lugares de trabajo.

### g<sub>2</sub>

Denomina en realidad la "desigualdad" de la iluminancia sobre una superficie. Es el cociente entre  $E_{min}$  y  $E_{max}$  y por lo general es relevante solo como evidencia de iluminación de emergencia según EN 1838.

## Glosario

<b>Grado de reflexión</b>	El grado de reflexión de una superficie describe qué cantidad de la luz incidente es reflejada. El grado de reflexión se define mediante la coloración de la superficie.
<b>Grupo de control</b>	Un grupo de luminarias que se atenúan y controlan juntas. Para cada escena de iluminación, un grupo de control proporciona su propio valor de atenuación. Todas las luminarias dentro de un grupo de control comparten este valor de atenuación. Los grupos de control con sus luminarias los determina DIALux automáticamente en función de las escenas de iluminación creadas y sus grupos de luminarias.
<b>I</b>	
<b>Iluminancia, adaptativa</b>	Para la determinación de la iluminancia media adaptativa sobre una superficie, ésta se rasteriza en forma "adaptativa". En el área en que hay las mayores diferencias en iluminancia dentro de la superficie, la rasterización se hace más fina, en el área de menores diferencias, se realiza una rasterización más gruesa.
<b>Iluminancia, horizontal</b>	Iluminancia, calculada o medida sobre un plano horizontal (éste puede ser p.ej. una superficie de una mesa o el suelo). La iluminancia horizontal se identifica por lo general con las letras $E_h$ .
<b>Iluminancia, perpendicular</b>	Iluminancia perpendicular a una superficie, medida o calculada. Este se debe considerar en superficies inclinadas. Si la superficie es horizontal o vertical, no existe diferencia entre la iluminancia perpendicular y la vertical u horizontal.
<b>Iluminancia, vertical</b>	Iluminancia, calculada o medida sobre un plano vertical (este puede ser p.ej. la parte frontal de una estantería). La iluminancia vertical se identifica por lo general con las letras $E_v$ .
<b>Intensidad lumínica</b>	Describe la intensidad de luz en una dirección determinada (valor de emisor). La intensidad lumínica es el flujo luminoso $\Phi$ , entregado en un ángulo determinado $\Omega$ del espacio. La característica de emisión de una fuente de luz se representa gráficamente en una curva de distribución de intensidad luminosa (CDL). La intensidad lumínica es una unidad básica SI.  Unidad: Candela Abreviatura: cd Símbolo: I
<b>Intensidad lumínica</b>	Describe la relación del flujo luminoso que cae sobre una superficie determinada y el tamaño de esta superficie ( $\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lx}$ ). La iluminancia no está vinculada a una superficie de un objeto. Puede determinarse en cualquier punto del espacio (interior o exterior). La iluminancia no es una propiedad de un producto, ya que se trata de un valor del receptor. Para su medición se utilizan aparatos de medición de iluminancia.  Unidad: Lux Abreviatura: lx Símbolo: E

## Glosario

### L

LENI	(ingl. lighting energy numeric indicator) Indicador numérico de energía de iluminación según EN 15193  Unidad: kWh/m <sup>2</sup> año
LLMF	(ingl. lamp lumen maintenance factor)/según CIE 97: 2005 Factor de mantenimiento de flujo luminoso de lámparas, tiene en cuenta la disminución del flujo luminoso de una lámpara o de un módulo LED en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento de flujo luminoso de lámparas se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin disminución de flujo luminoso).
LMF	(ingl. luminaire maintenance factor)/según CIE 97: 2005 Factor de mantenimiento de luminaria, tiene en cuenta el ensuciamiento de la luminaria en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento de luminaria se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin suciedad).
LSF	(ingl. lamp survival factor)/según CIE 97: 2005 Factor de supervivencia de la lámpara, tiene en cuenta el fallo total de una luminaria en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de supervivencia de la lámpara se expresa como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (dentro del tiempo considerado, no hay fallo, o sustitución inmediata tras un fallo).

### M

MF	(ingl. maintenance factor)/según CIE 97: 2005 Factor de mantenimiento, número decimal entre 0 y 1, describe la relación entre el valor nuevo de una dimensión de planificación fotométrica (p.ej. iluminancia) y el valor de mantenimiento tras un tiempo determinado. El factor de mantenimiento tiene en cuenta el ensuciamiento de lámparas y locales, así como la disminución de flujo luminoso y el fallo de fuentes de luz. El factor de mantenimiento se considera en forma general aproximada o se calcula en forma detallada según CIE 97: 2005, por medio de la fórmula $RMF \times LMF \times LLMF \times LSF$ .
----	---

### O

Observador UGR	Punto de cálculo en el espacio, para el cual el DIALux determina el valor UGR. La posición y altura del punto de cálculo deben corresponder a la posición del observador típico (posición y altura de los ojos del usuario).
----------------	--

## Glosario

P

**P** (ingl. power)  
Consumo de potencia eléctrica

Unidad: Vatio  
Abreviatura: W

---

**Plano útil** Superficie virtual de medición o de cálculo a la altura de la tarea visual, por lo general sigue la geometría del local. El plano útil puede también dotarse de una zona marginal.

---

R

**R<sub>(UG)</sub> max** (engl. rating unified glare)  
Medida del deslumbramiento psicológico en espacios interiores. Además de la luminancia de las luminarias, el valor del nivel de R<sub>(UG)</sub> también depende de la posición del observador, la dirección visual y la luminancia ambiental. El cálculo se realiza mediante el método de la tabla, consulte CIE 117. Entre otras cosas, EN 12464-1:2021 especifica unos valores R<sub>(UG)</sub> - R<sub>(UG,L)</sub> máximos permisibles para varios lugares de trabajo en interiores.

---

**Rendimiento lumínico** Relación entre la potencia luminosa emitida  $\Phi$  [lm] y la potencia eléctrica consumida P [W] Unidad: lm/W.

Esta relación puede formarse para la lámpara o el módulo LED (rendimiento lumínico de lámpara o del módulo), para la lámpara o módulo junto con su dispositivo de control (rendimiento lumínico del sistema) y para la luminaria completa (rendimiento lumínico de luminaria).

---

**RMF** (ingl. room maintenance factor)/según CIE 97: 2005  
Factor de mantenimiento del local, tiene en cuenta el ensuciamiento de las superficies que rodean el local en el curso de su tiempo de funcionamiento. El factor de mantenimiento del local se especifica como número decimal y puede tomar un valor máximo de 1 (sin suciedad).

---

S

---

**Superficie útil - Cociente de luz diurna** Una superficie de cálculo, dentro de la cual se calcula el cociente de luz diurna.

---

## Glosario

### U

UGR (max)

(ingl. unified glare rating)

Medida para el efecto psicológico de deslumbramiento de un espacio interior. Además de la luminancia de la luminaria, el valor UGR depende también de la posición del observador, la dirección de observación y la luminancia del entorno. Entre otras, en la norma EN 12464-1 se especifican valores UGR máximos permitidos para diversos lugares de trabajo en espacios interiores.

---

### Z

Zona marginal

Zona circundante entre el plano útil y las paredes, que no se considera en el cálculo.

---

## 7.2.2 Anexo B2-Cámara de secado

### 7.2.2.1 Informe de análisis de tensión – Estiva 2 rack



Archivo analizado:	SC1-S01-001.iam
Versión de Autodesk Inventor:	2024 (Build 280153000, 153)
Fecha de creación:	18/6/2024, 06:15
Autor del estudio:	Angel – Damián - Rodrigo
Resumen:	

---

#### Análisis estático:1

#### Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis estático
Fecha de la última modificación	18/6/2024, 06:13
Estado de modelo	[Principal]
Vista de diseño	Por defecto
Posicional	[Principal]
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

#### iProperties

## Resumen

Autor	Angel – Damián - Rodrigo
-------	--------------------------

## Estado

Estado del diseño	Trabajo en curso
-------------------	------------------

## Propiedades físicas

Masa	250,123 kg
Área	16423800 mm <sup>2</sup>
Volumen	31862900 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=400,403 mm y=496,96 mm z=-2950 mm

Nota: los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por CEF indicados a continuación.

## Configuración de malla:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

## Material(es)

Nombre	Acero, carbono
--------	----------------

General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	77,5194 GPa
Nombre(s) de pieza	SC1-S01-001.ipt	
Nombre	Genérico	
General	Densidad de masa	1 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	0 MPa
	Resistencia máxima a tracción	0 MPa
Tensión	Módulo de Young	0,0000001 GPa
	Coefficiente de Poisson	0 su
	Módulo cortante	0,00000005 GPa
Nombre(s) de pieza	Reference Skeleton	
Nombre	Acero, suave	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	220 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,275 su
	Módulo cortante	86,2745 GPa
Nombre(s) de pieza	DIN 59 410 60x40x2.9 - 5900 DIN 59 410 60x40x2.9 - 725 DIN 59 410 60x40x2.9 - 900 DIN 59 410 60x40x2.9 - 900 DIN 59 410 60x40x2.9 - 5900 DIN 59 410 60x40x2.9 - 900 DIN 1026-1 U 80 - 150 DIN 59 410 60x40x2.9 - 725 DIN 59 410 60x40x2.9 - 900	

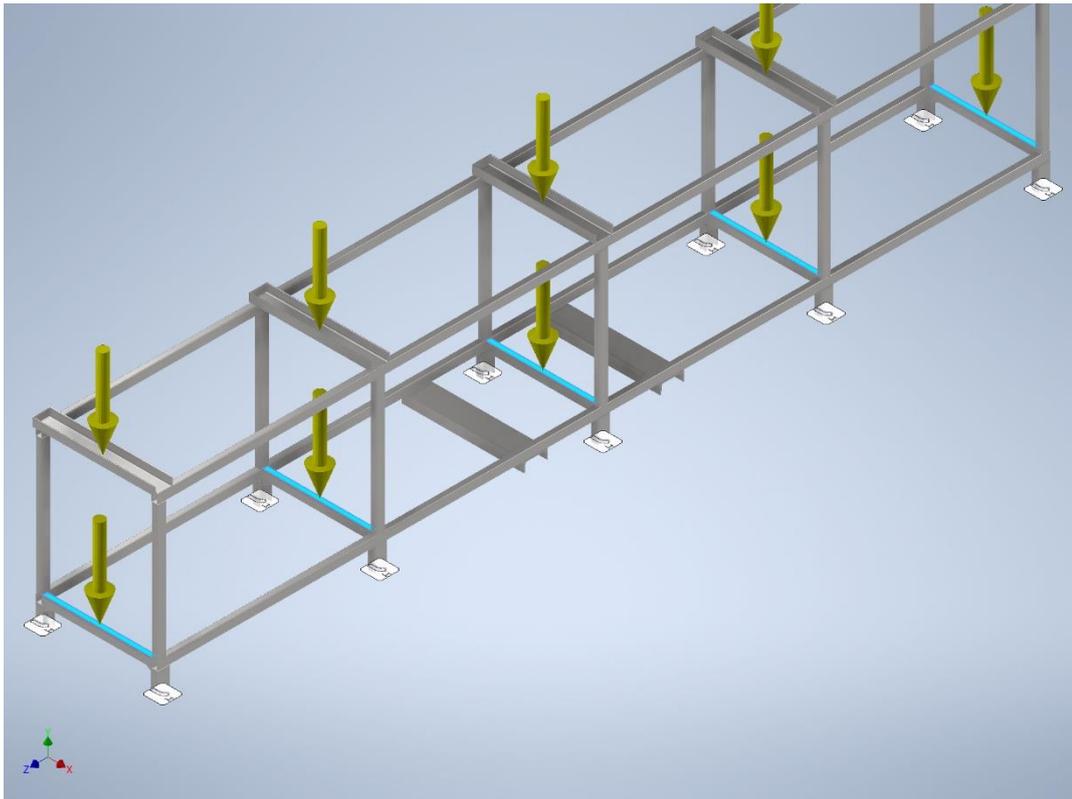
DIN 59 410 60x40x2.9 - 5900
DIN 59 410 60x40x2.9 - 900
DIN 59 410 60x40x2.9 - 5900
DIN 59 410 60x40x2.9 - 725
DIN 59 410 60x40x2.9 - 900
DIN 59 410 60x40x2.9 - 725
DIN 59 410 60x40x2.9 - 900
DIN 59 410 60x40x2.9 - 725
DIN 1026-1 U 120 - 805
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 120 - 805
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 80 - 150
Esquinas afiladas (mm) 55 x 120 x 5
DIN 1026-1 U 160 - 805
DIN 1026-1 U 120 - 805
DIN 1026-1 U 120 - 805
DIN 1026-1 U 160 - 805
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 80 - 150
Esquinas afiladas (mm) 55 x 120 x 5
DIN 1026-1 U 120 - 805
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 80 - 150

**Condiciones de funcionamiento**

**Fuerza:1**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	2200,000 N
Vector X	-0,000 N
Vector Y	-2200,000 N
Vector Z	0,000 N

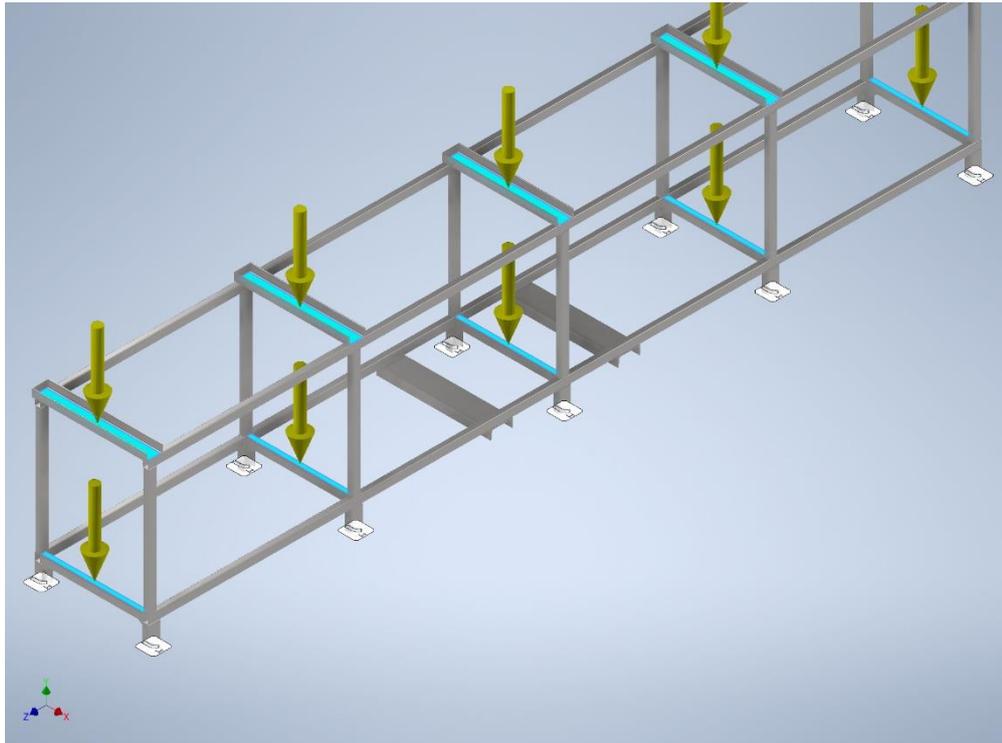
**Cara(s) seleccionada(s)**



**Fuerza:2**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	9200,000 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-9200,000 N
Vector Z	-0,000 N

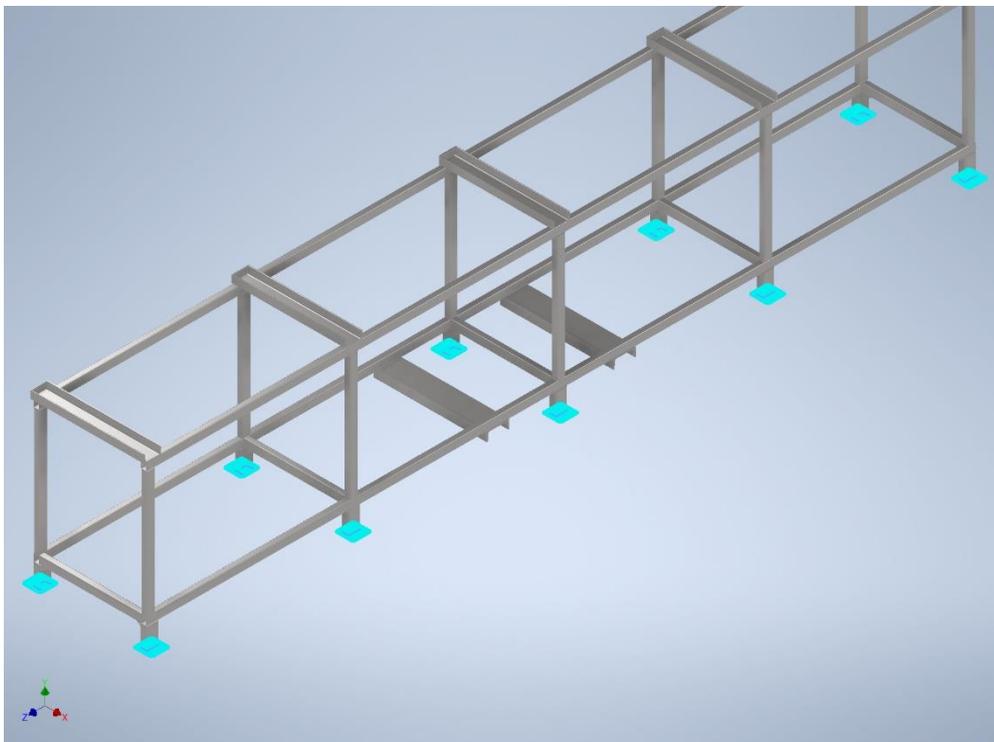
Cara(s) seleccionada(s)



Restricción fija:1

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

Cara(s) seleccionada(s)



## Resultados

### Fuerza y pares de reacción en restricciones

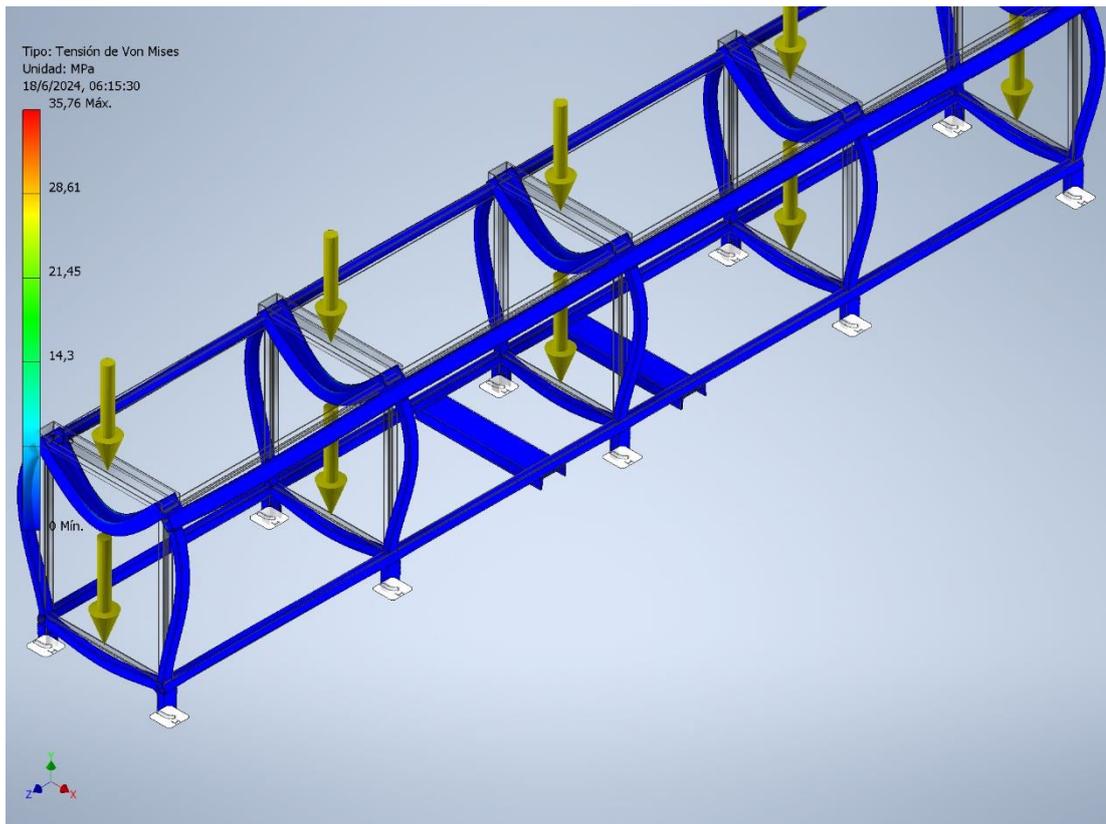
Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	11400 N	0 N	0 N m	0 N m
		11400 N		0 N m
		0 N		0 N m

### Resumen de resultados

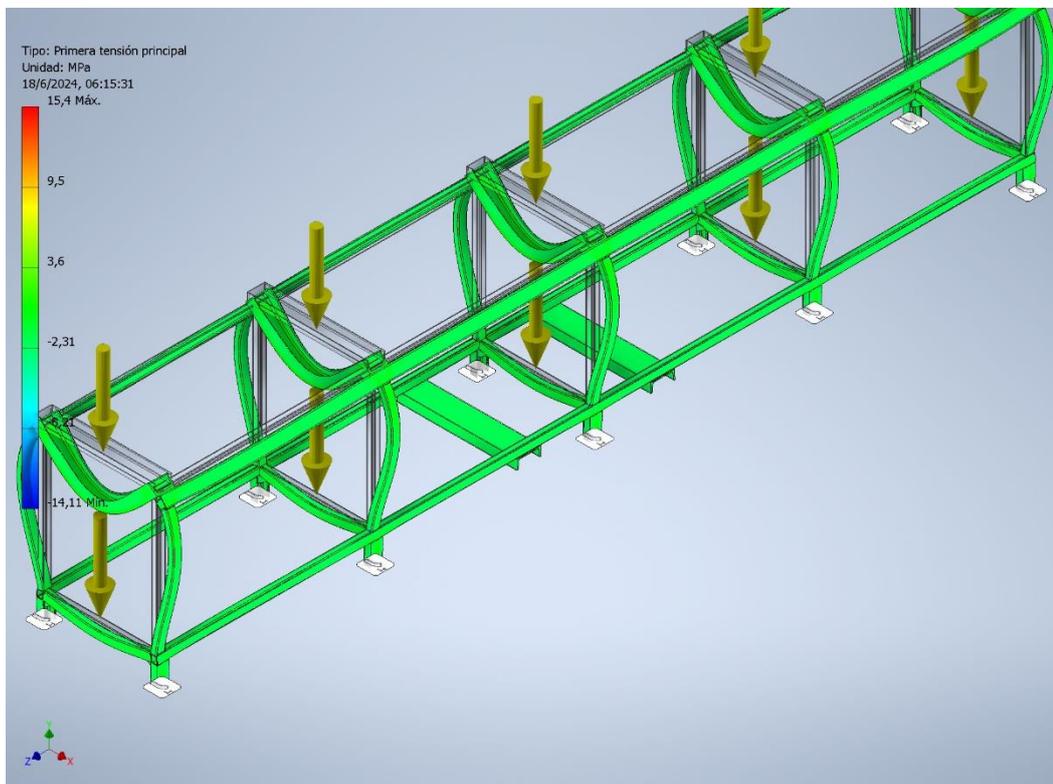
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	31862900 mm <sup>3</sup>	
Masa	250,123 kg	
Tensión de Von Mises	0,000567404 MPa	35,7574 MPa
Primera tensión principal	-14,1116 MPa	15,4027 MPa
Tercera tensión principal	-49,9279 MPa	3,81843 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,107043 mm
Coefficiente de seguridad	5,78902 su	15 su

## Figuras

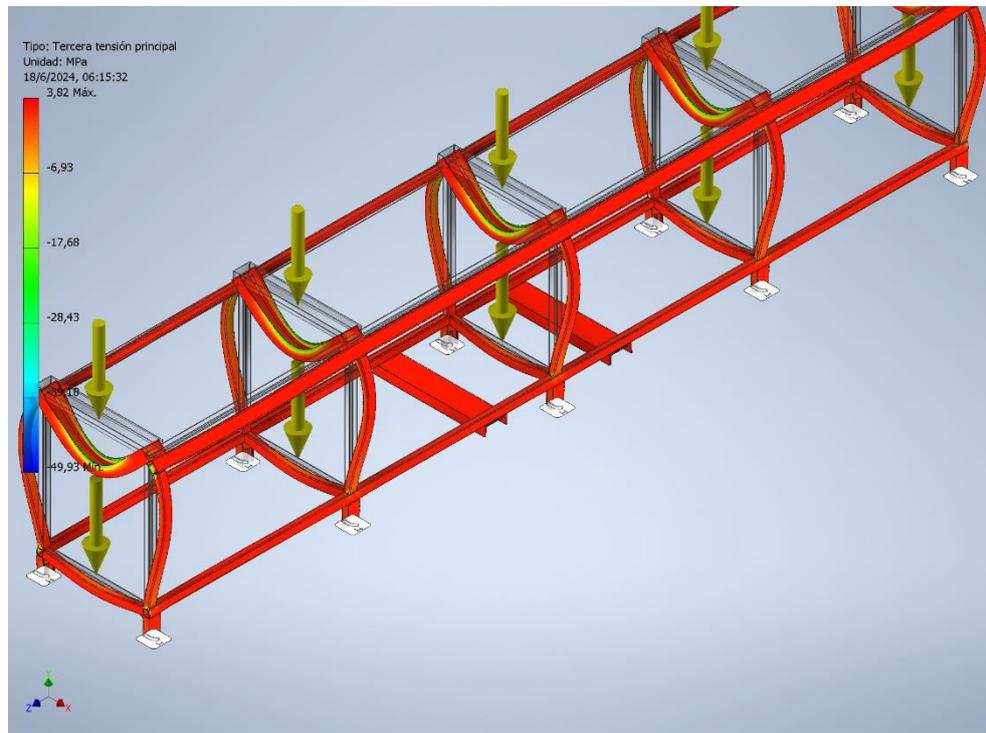
## Tensión de Von Mises



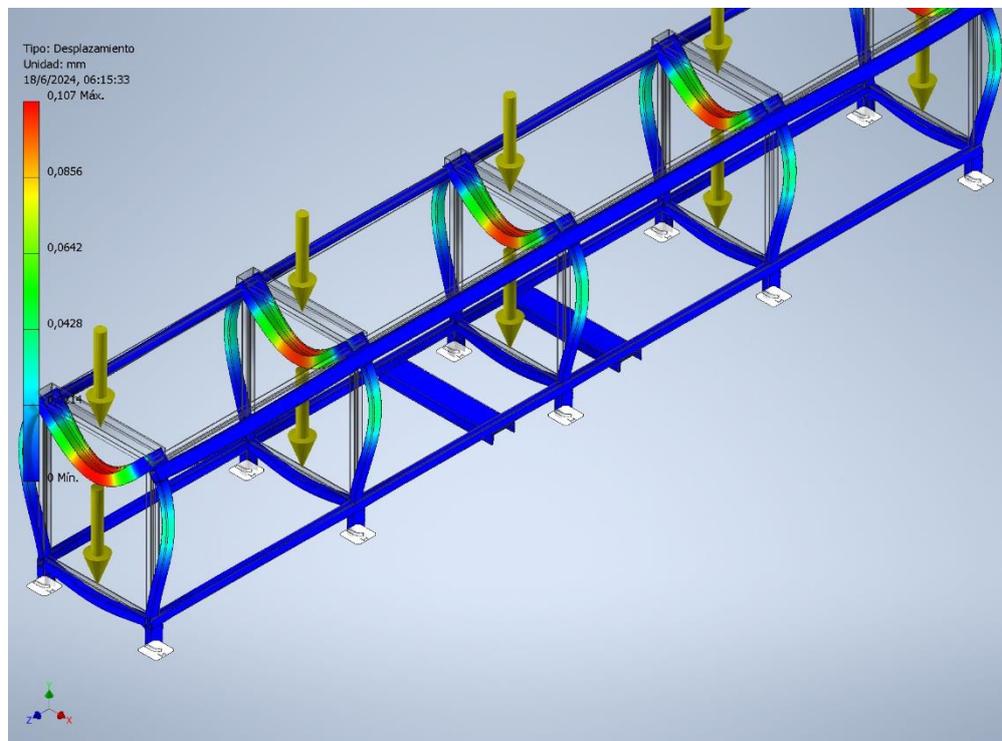
## Primera tensión principal



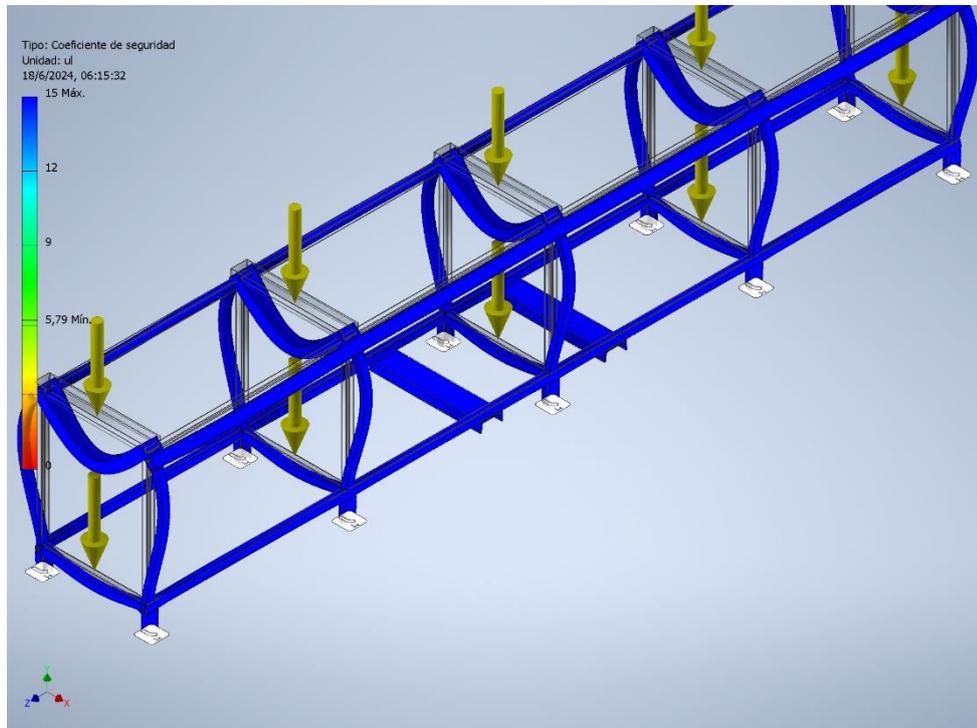
### Tercera tensión principal



### Desplazamiento



## Coeficiente de seguridad



### 7.2.3 Informe de análisis de tensión - Autoelevador



Archivo analizado:	SC1-S01-001.iam
Versión de Autodesk Inventor:	2024 (Build 280153000, 153)
Fecha de creación:	18/6/2024, 06:09
Autor del estudio:	Angel – Damián - Rodrigo
Resumen:	

#### Análisis estático:1

#### Objetivo general y configuración:

Objetivo del diseño	Punto único
Tipo de estudio	Análisis estático
Fecha de la última modificación	18/6/2024, 06:08
Estado de modelo	[Principal]
Vista de diseño	Por defecto
Posicional	[Principal]
Detectar y eliminar modos de cuerpo rígido	No
Separar tensiones en superficies de contacto	No
Análisis de cargas de movimiento	No

#### iProperties

#### Resumen

Autor	Angel – Damián - Rodrigo
-------	--------------------------

## Estado

Estado del diseño	Trabajo en curso
-------------------	------------------

## Propiedades físicas

Masa	250,123 kg
Área	16423800 mm <sup>2</sup>
Volumen	31862900 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=400,403 mm y=496,96 mm z=-2950 mm

Nota: los valores físicos pueden ser diferentes de los valores físicos utilizados por CEF indicados a continuación.

## Configuración de malla:

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0,1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0,2
Factor de modificación	1,5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	No
Usar medida basada en pieza para la malla del ensamblaje	Sí

## Material(es)

Nombre	Acero, carbono	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>

	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,29 su
	Módulo cortante	77,5194 GPa
Nombre(s) de pieza	SC1-S01-001.ipt	
Nombre	Genérico	
General	Densidad de masa	1 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	0 MPa
	Resistencia máxima a tracción	0 MPa
Tensión	Módulo de Young	0,0000001 GPa
	Coefficiente de Poisson	0 su
	Módulo cortante	0,00000005 GPa
Nombre(s) de pieza	Reference Skeleton	
Nombre	Acero, suave	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa
Tensión	Módulo de Young	220 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,275 su
	Módulo cortante	86,2745 GPa
Nombre(s) de pieza	DIN 59 410 60x40x2.9 - 5900 DIN 59 410 60x40x2.9 - 725 DIN 59 410 60x40x2.9 - 900 DIN 59 410 60x40x2.9 - 900 DIN 59 410 60x40x2.9 - 5900 DIN 59 410 60x40x2.9 - 900 DIN 1026-1 U 80 - 150 DIN 59 410 60x40x2.9 - 725 DIN 59 410 60x40x2.9 - 900 DIN 59 410 60x40x2.9 - 5900 DIN 59 410 60x40x2.9 - 900	

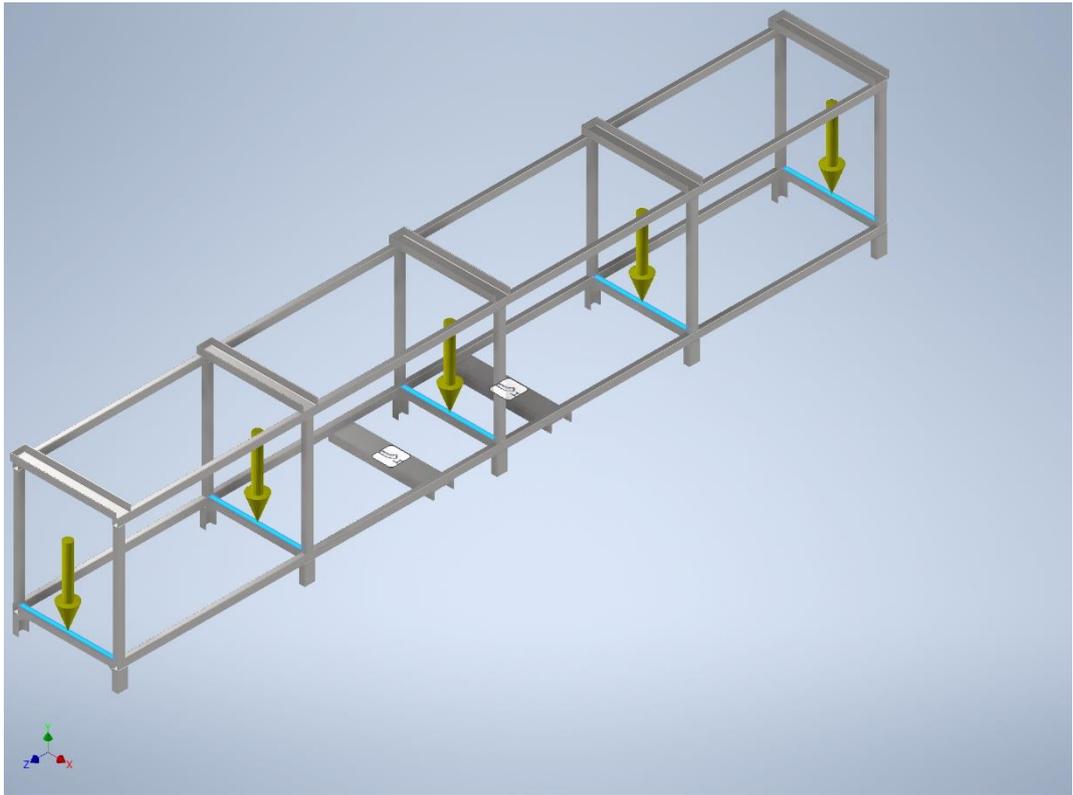
DIN 59 410 60x40x2.9 - 5900
DIN 59 410 60x40x2.9 - 725
DIN 59 410 60x40x2.9 - 900
DIN 59 410 60x40x2.9 - 725
DIN 59 410 60x40x2.9 - 900
DIN 59 410 60x40x2.9 - 725
DIN 1026-1 U 120 - 805
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 120 - 805
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 80 - 150
Esquinas afiladas (mm) 55 x 120 x 5
DIN 1026-1 U 160 - 805
DIN 1026-1 U 120 - 805
DIN 1026-1 U 120 - 805
DIN 1026-1 U 160 - 805
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 80 - 150
Esquinas afiladas (mm) 55 x 120 x 5
DIN 1026-1 U 120 - 805
DIN 1026-1 U 80 - 150
DIN 1026-1 U 80 - 150

**Condiciones de funcionamiento**

**Fuerza:1**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	2200,000 N
Vector X	-0,000 N
Vector Y	-2200,000 N
Vector Z	0,000 N

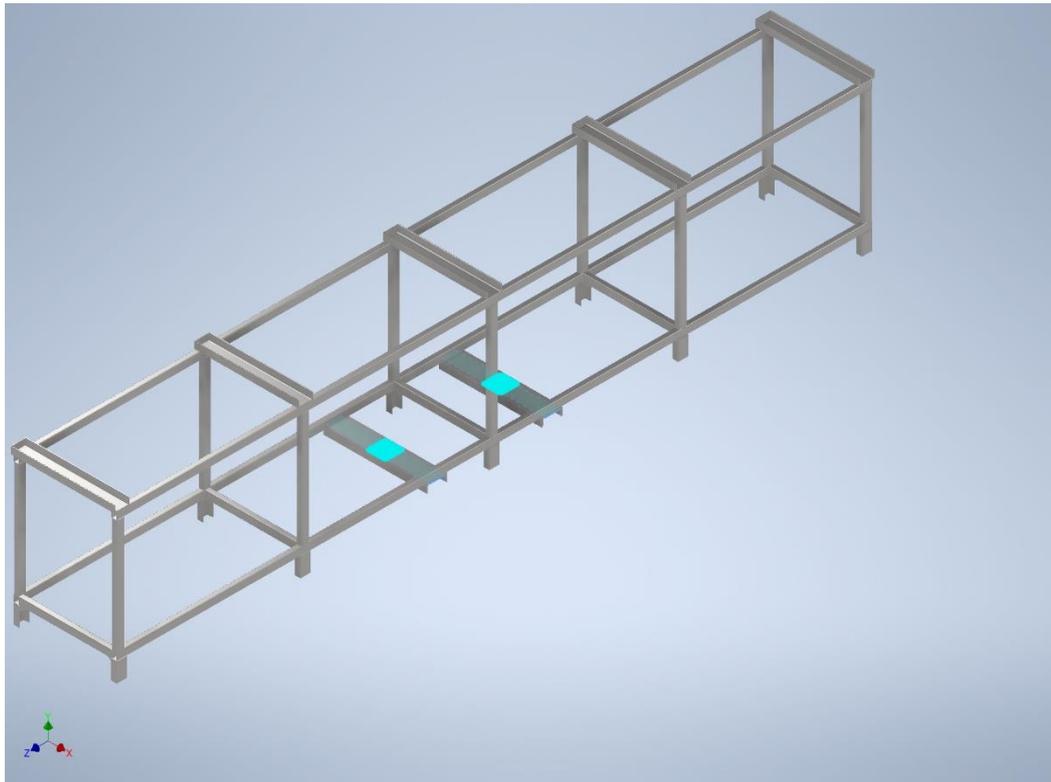
**Cara(s) seleccionada(s)**



**Restricción fija:2**

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

**Cara(s) seleccionada(s)**



**Resultados**

**Fuerza y pares de reacción en restricciones**

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:2	2200 N	0 N	0 N m	0 N m
		2200 N		0 N m
		0 N		0 N m

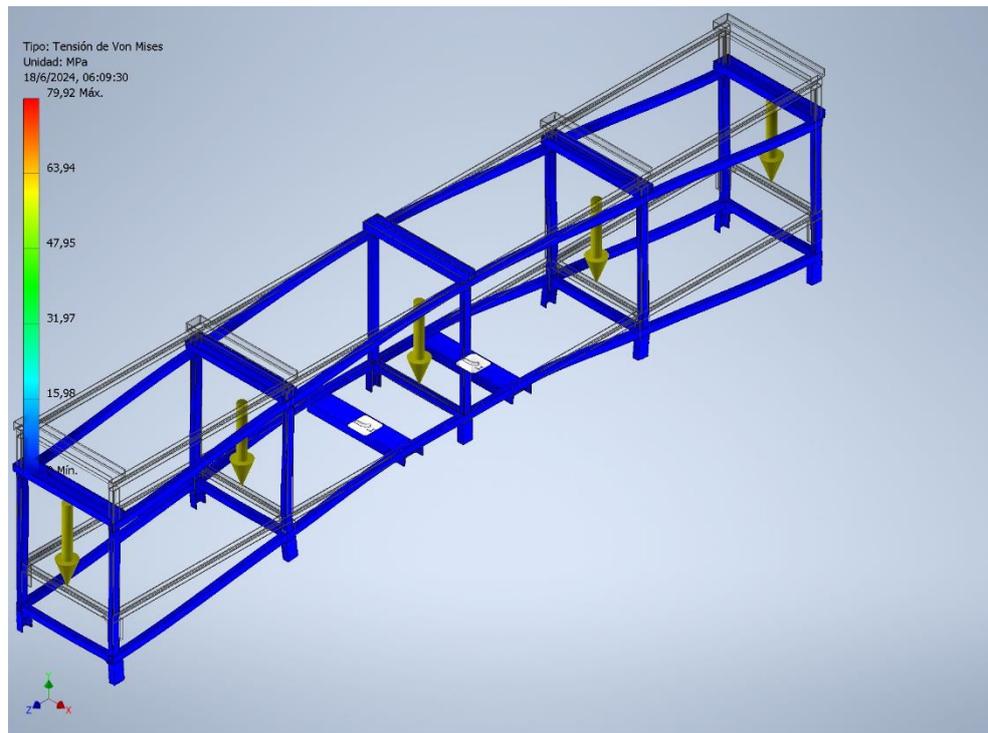
**Resumen de resultados**

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	31862900 mm <sup>3</sup>	
Masa	250,123 kg	
Tensión de Von Mises	0,0000569454 MPa	79,9202 MPa

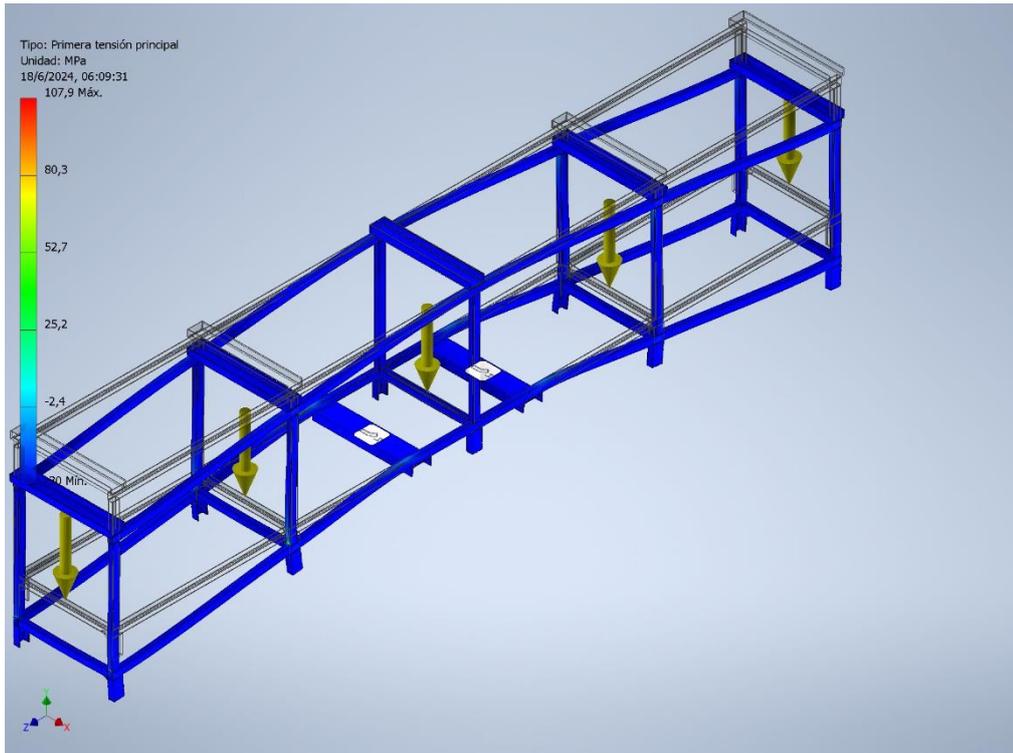
Primera tensión principal	-30,0167 MPa	107,922 MPa
Tercera tensión principal	-89,0066 MPa	26,206 MPa
Desplazamiento	0 mm	1,72572 mm
Coefficiente de seguridad	2,59008 su	15 su

## Figuras

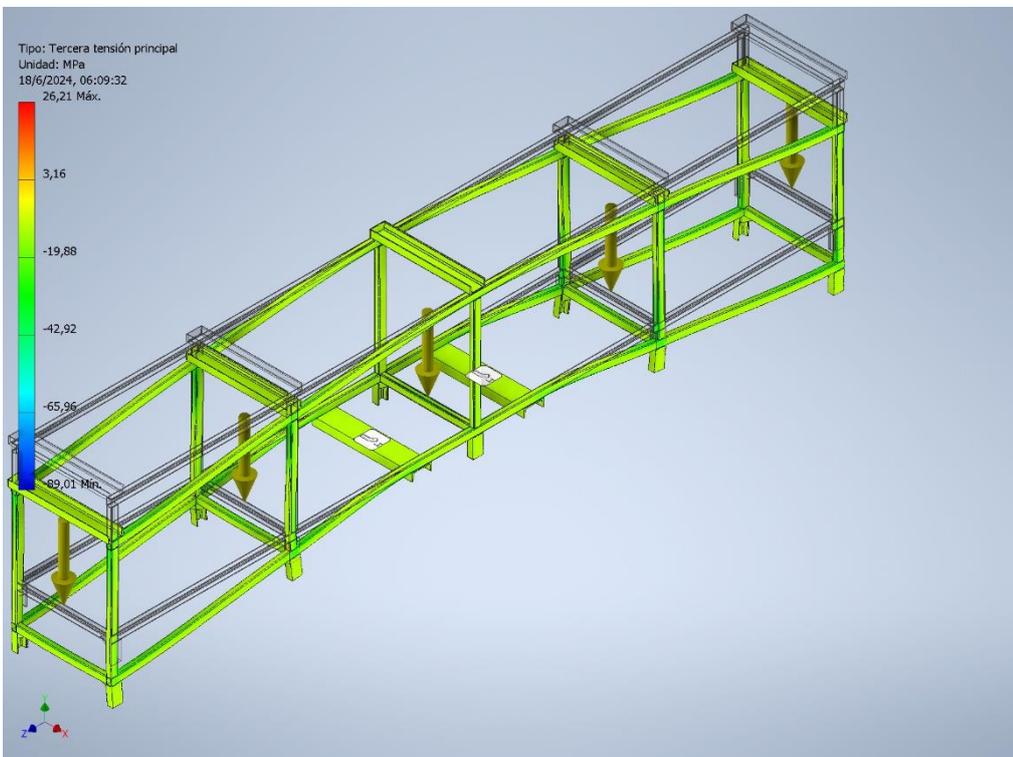
### Tensión de Von Mises



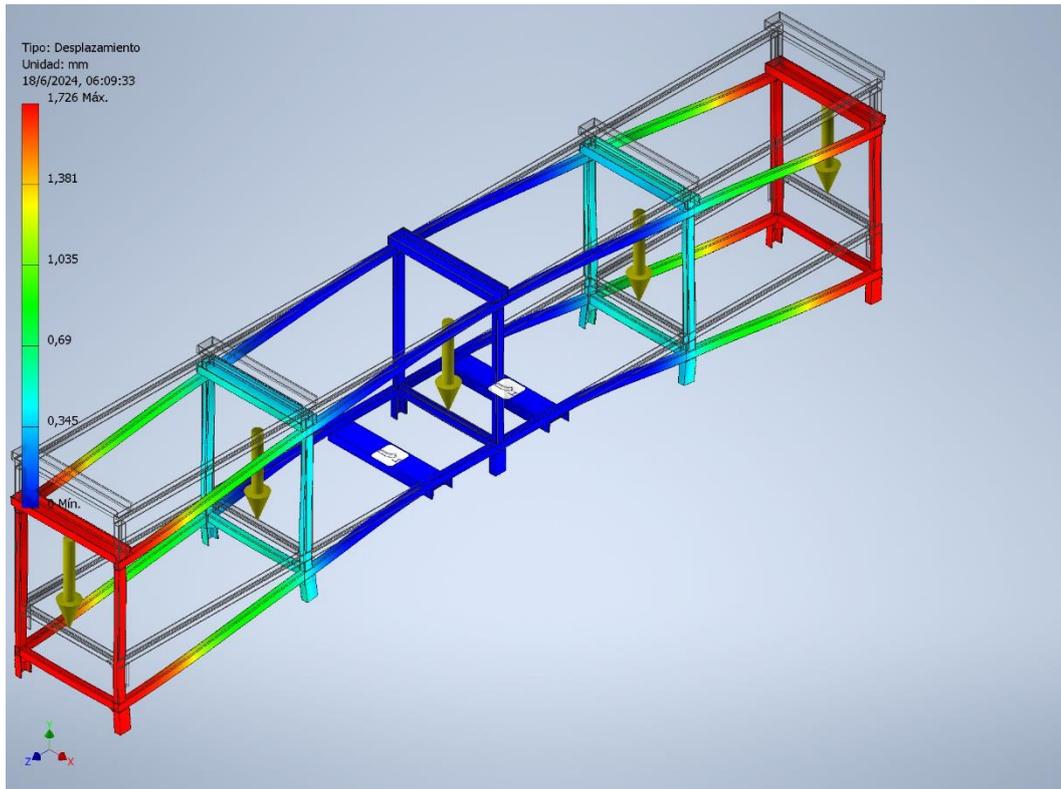
### Primera tensión principal



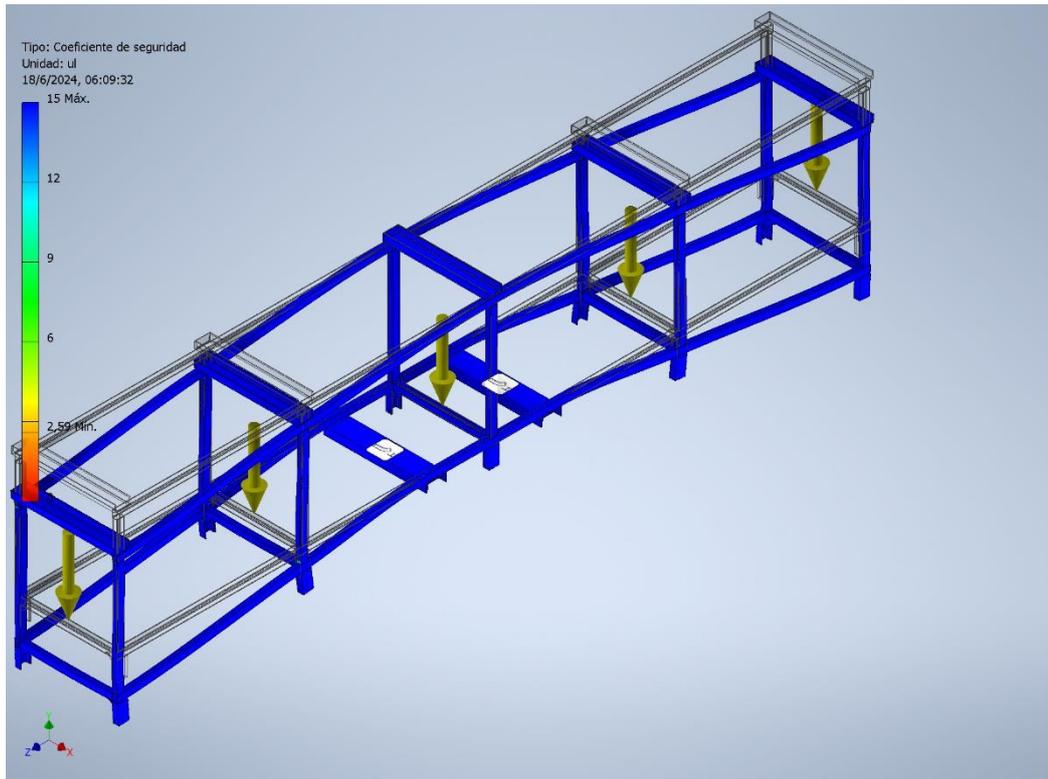
### Tercera tensión principal



## Desplazamiento

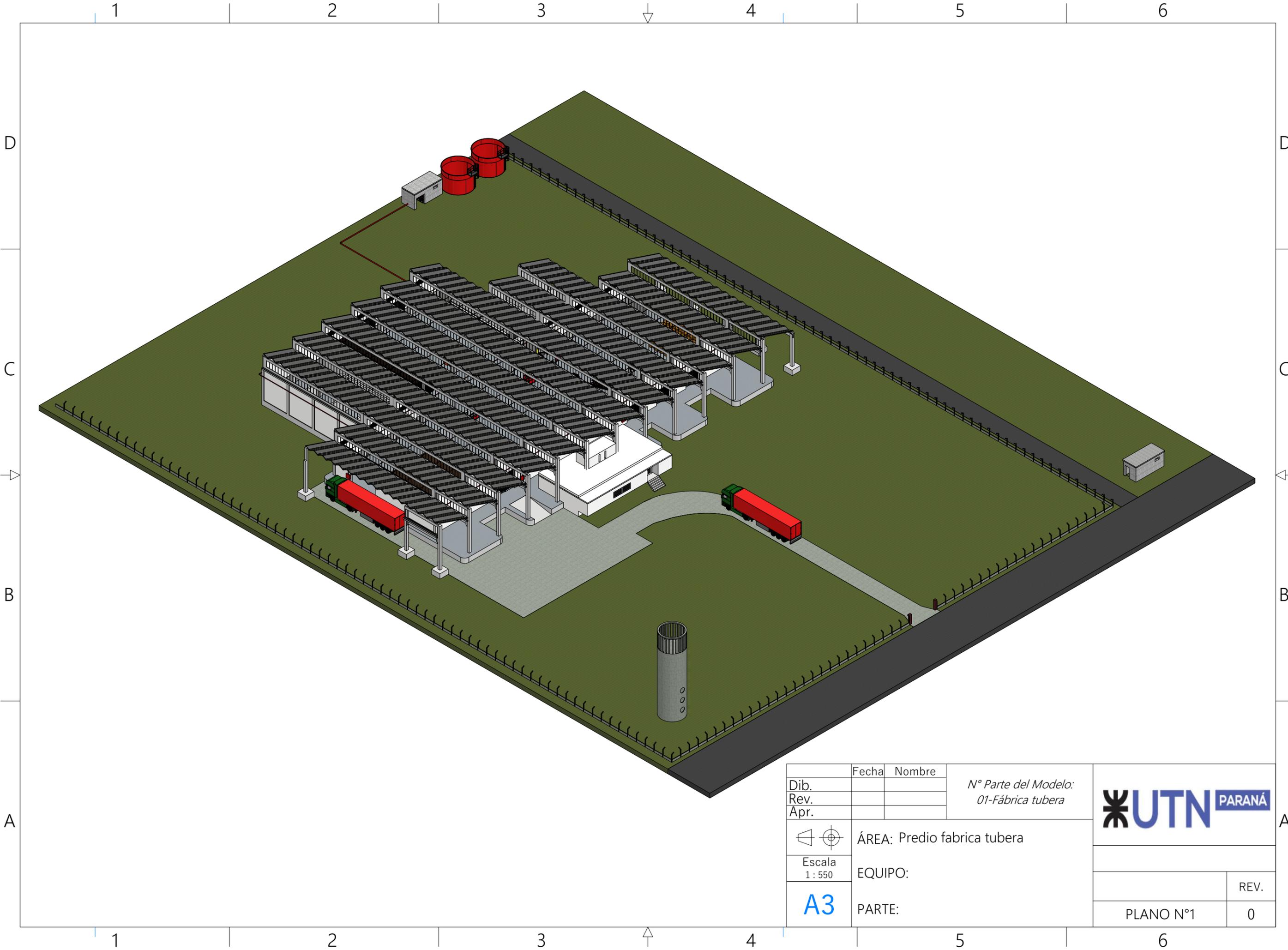


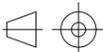
## Coefficiente de seguridad



## Anexo C-Planimetría

FORMATO A3



	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 01-Fábrica tubera		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Predio fabrica tubera				
Escala 1 : 550	EQUIPO:				
<b>A3</b>	PARTE:				
				PLANO N°1	REV. 0

1

2

3

4

5

6

D

D

C

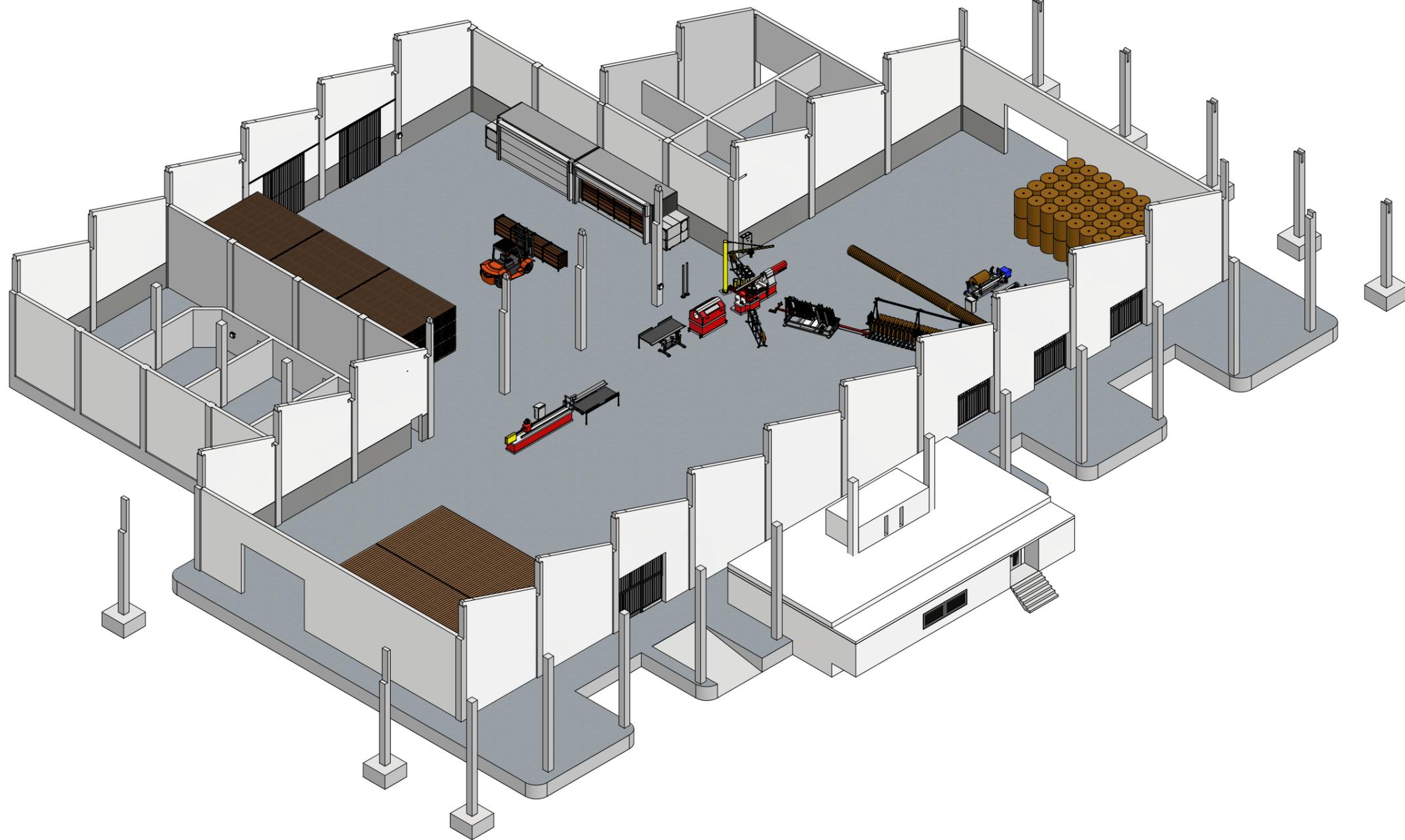
C

B

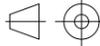
B

A

A



FORMATO A3

	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 01-Fábrica tubera		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Fabrica tubera				
Escala 1 : 300	EQUIPO: Instalación				
<b>A3</b>	PARTE:				
				PLANO N°2	REV.
					0

1

2

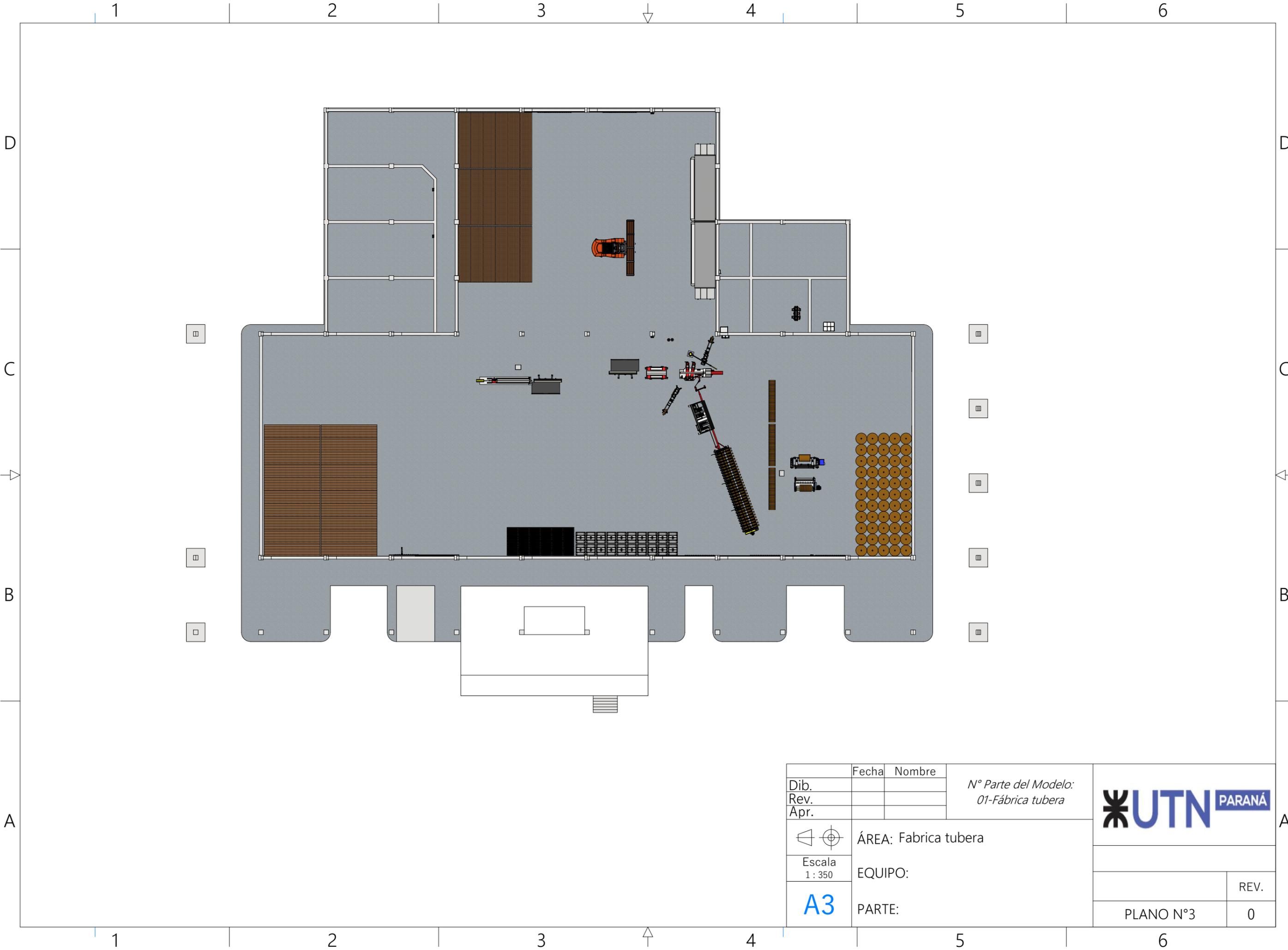
3

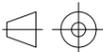
4

5

6

FORMATO A3



Dib.	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 01-Fábrica tubera		
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Fabrica tubera				
Escala 1 : 350	EQUIPO:				
<b>A3</b>	PARTE:				
				PLANO N°3	REV. 0

1

2

3

4

5

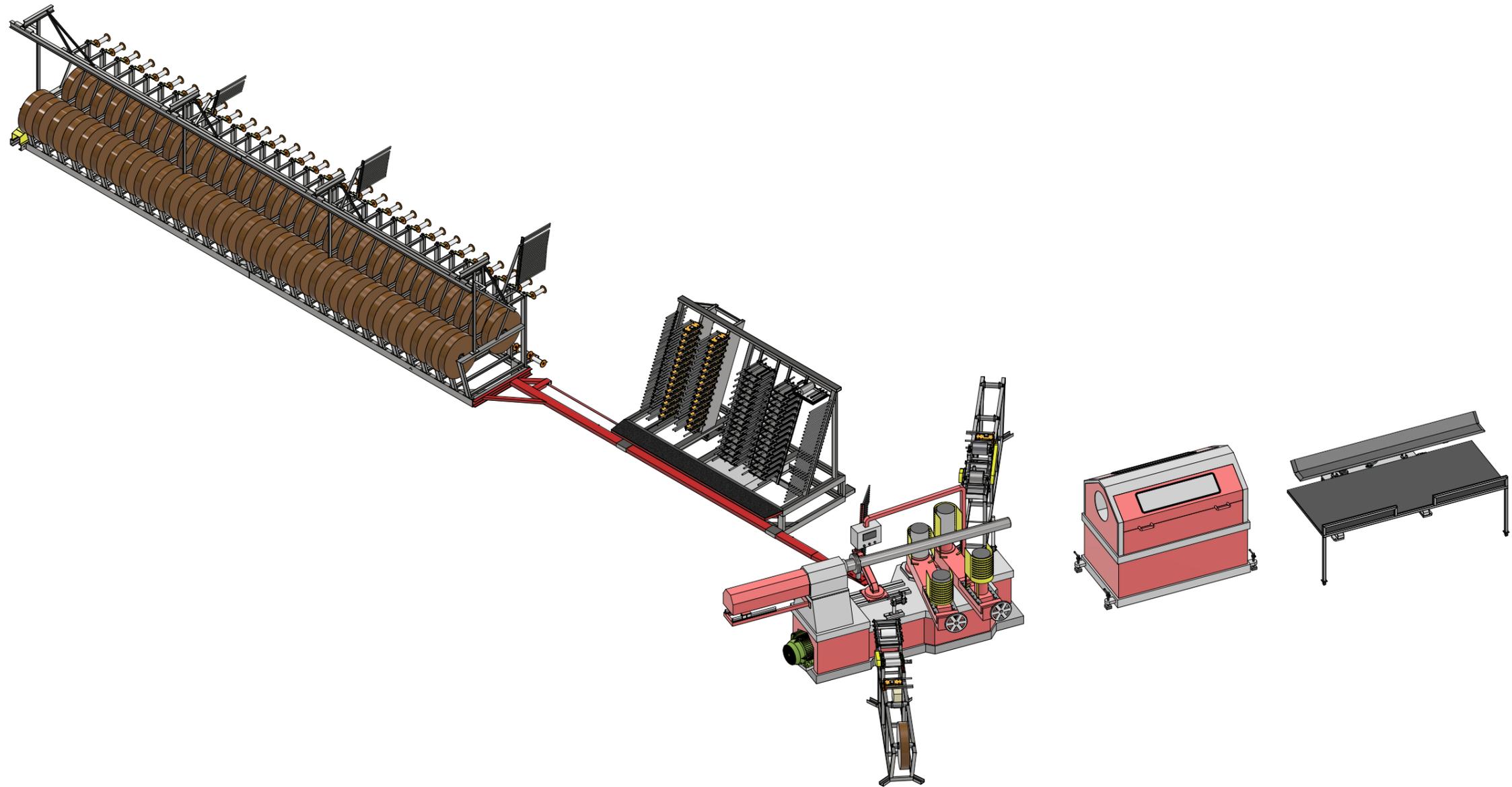
6

D

C

B

A



D

C

B

A

FORMATO A3

	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: TB1
Dib.			
Rev.			
Apr.			

	ÁREA: Fabrica tubera
	EQUIPO: Tubera
Escala 1:70	PARTE:
<b>A3</b>	

PLANO N°4	0

1

2

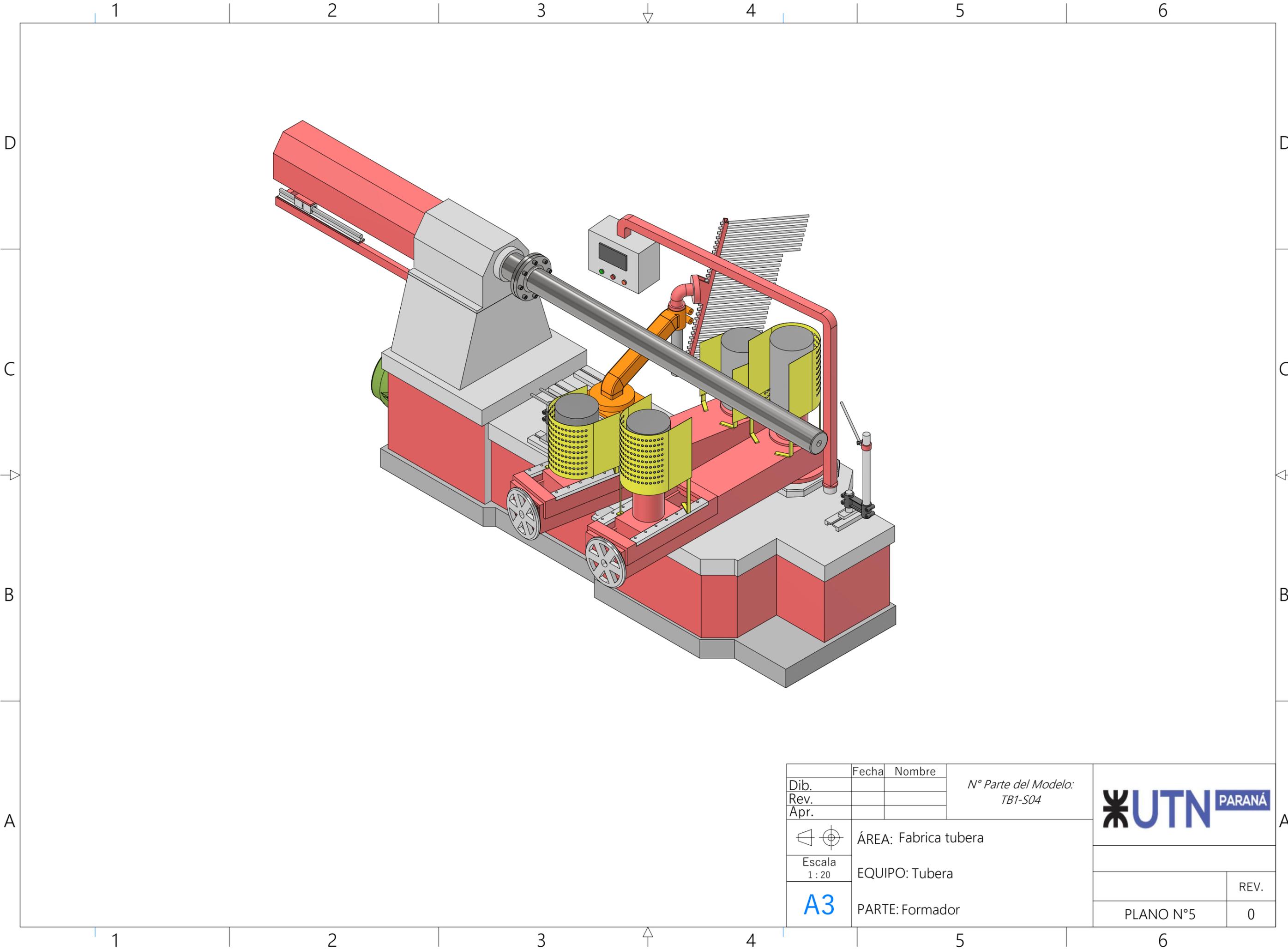
3

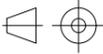
4

5

6

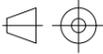
FORMATO A3



	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: TB1-S04	
Dib.				
Rev.				
Apr.				
	ÁREA: Fabrica tubera			
Escala 1 : 20	EQUIPO: Tubera			
<b>A3</b>	PARTE: Formador			
			PLANO N°5	REV. 0

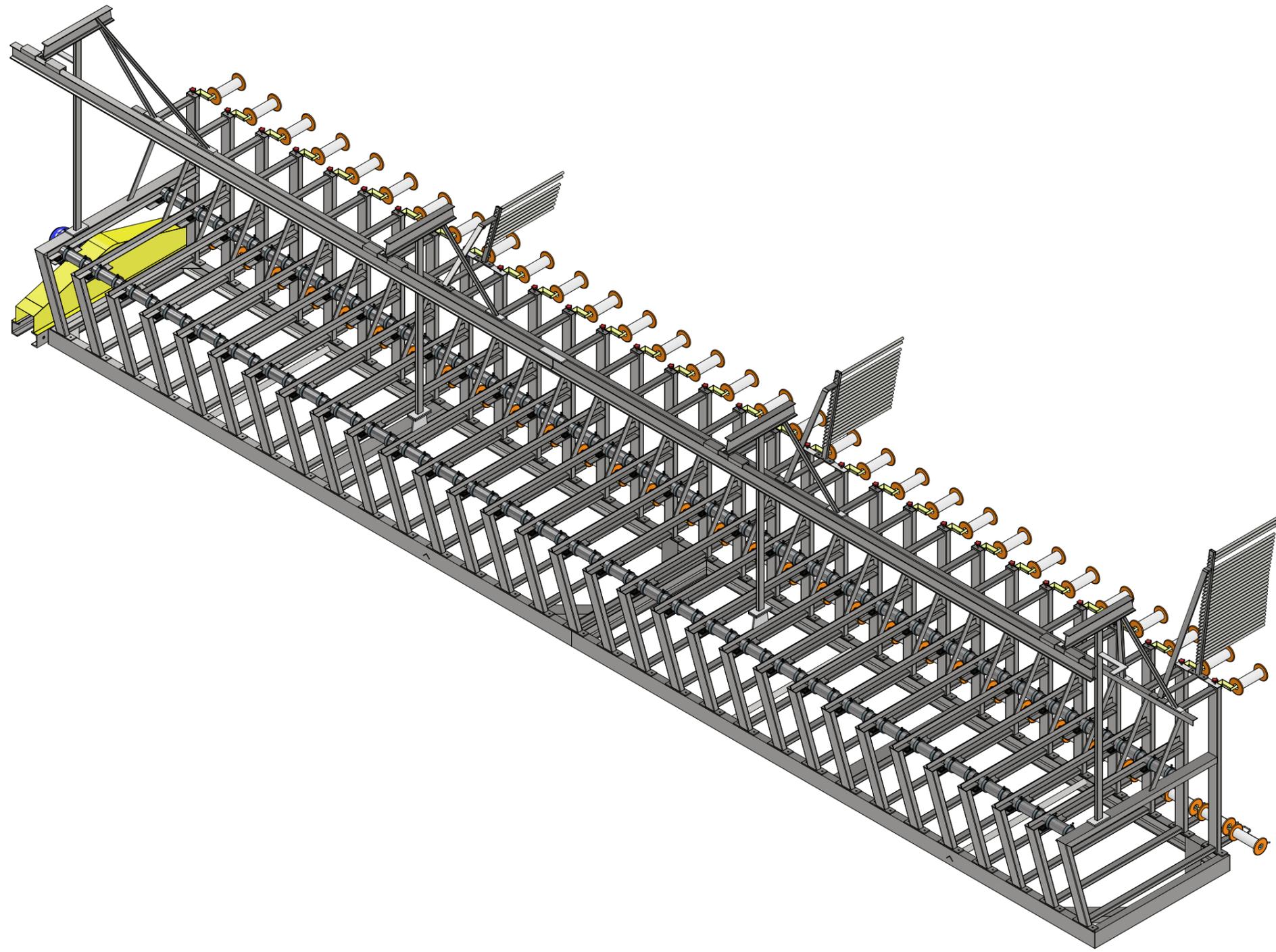


FORMATO A3

	Fecha	Nombre	<i>N° Parte del Modelo:</i> <i>TB1-S05</i>		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Fabrica tubera				
Escala 1 : 15	EQUIPO: Tubera				
<b>A3</b>	PARTE: Cortadora en linea				REV.
	PLANO N°6				0

1 2 3 4 5 6

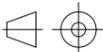
D  
C  
B  
A



D  
C  
B  
A

FORMATO A3

1 2 3 4 5 6

	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: TB1-S01		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Fabrica tubera				
Escala 1 : 30	EQUIPO: Tubera				
<b>A3</b>	PARTE: Porta rodela				
				PLANO N°7	REV. 0

1

2

3

4

5

6

D

D

C

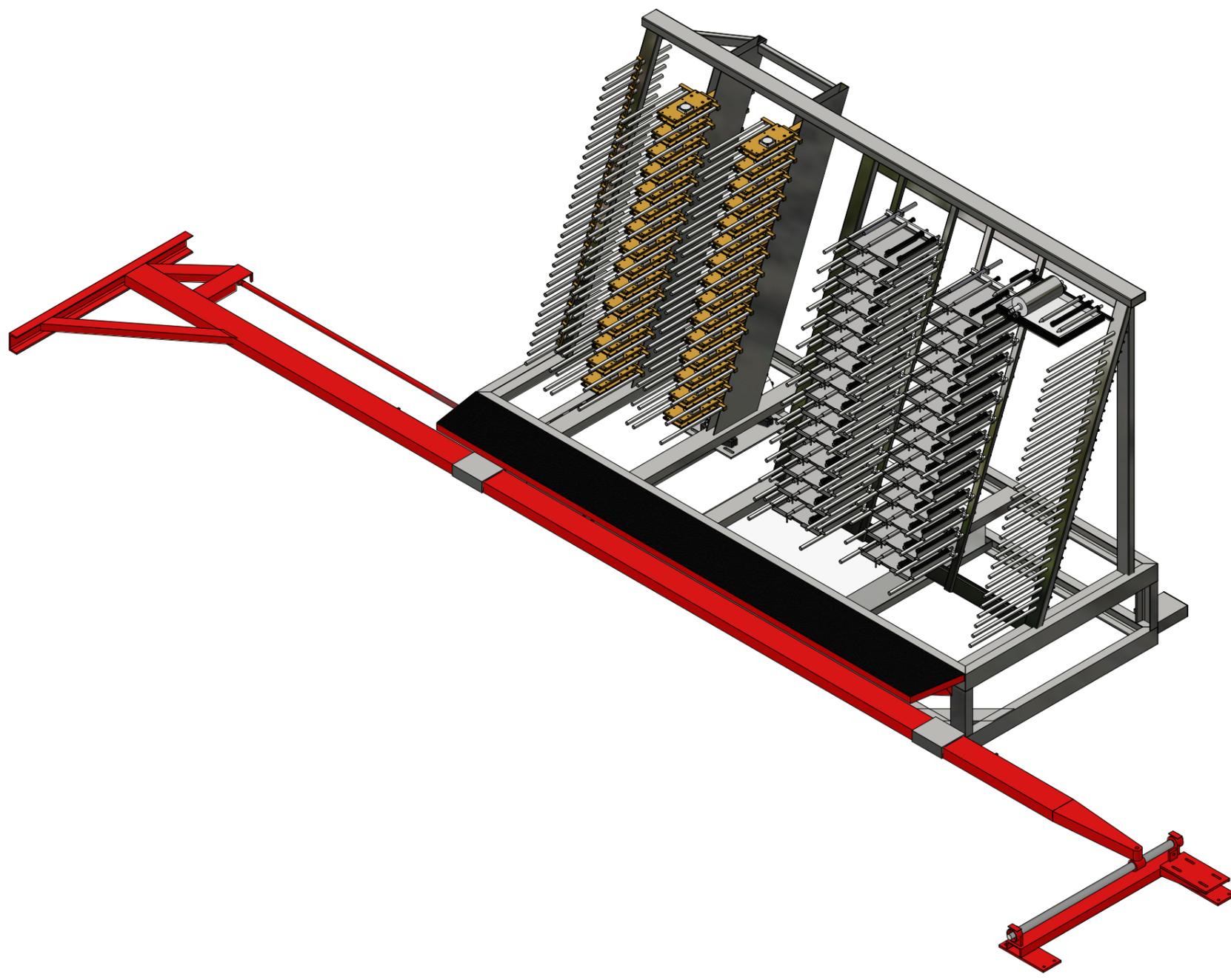
C

B

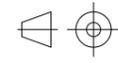
B

A

A



FORMATO A3

	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: TB1-S02		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Fabrica tubera				
Escala 1 : 25	EQUIPO: Tubera				
<b>A3</b>	PARTE: Encoladora				
			PLANO N°8	REV.	
				0	

1

2

3

4

5

6

1

2

3

4

5

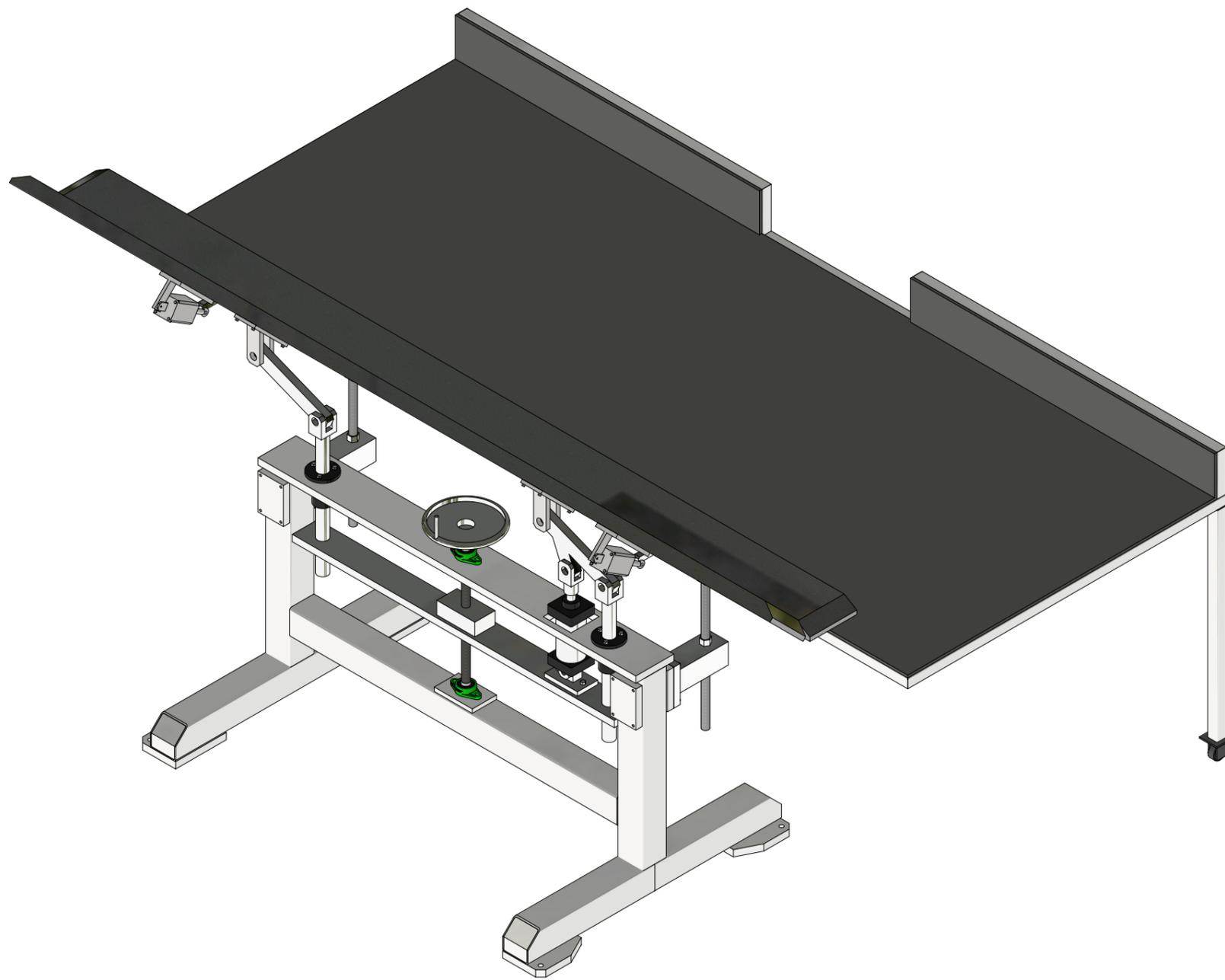
6

D

C

B

A



D

C

B

A

FORMATO A3

	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: TB1-S07		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Fabrica tubera				
Escala 1 : 15	EQUIPO: Tubera				
<b>A3</b>	PARTE: Mesa descargadora				
				PLANO N°9	REV.
					0

1

2

3

4

5

6

1

2

3

4

5

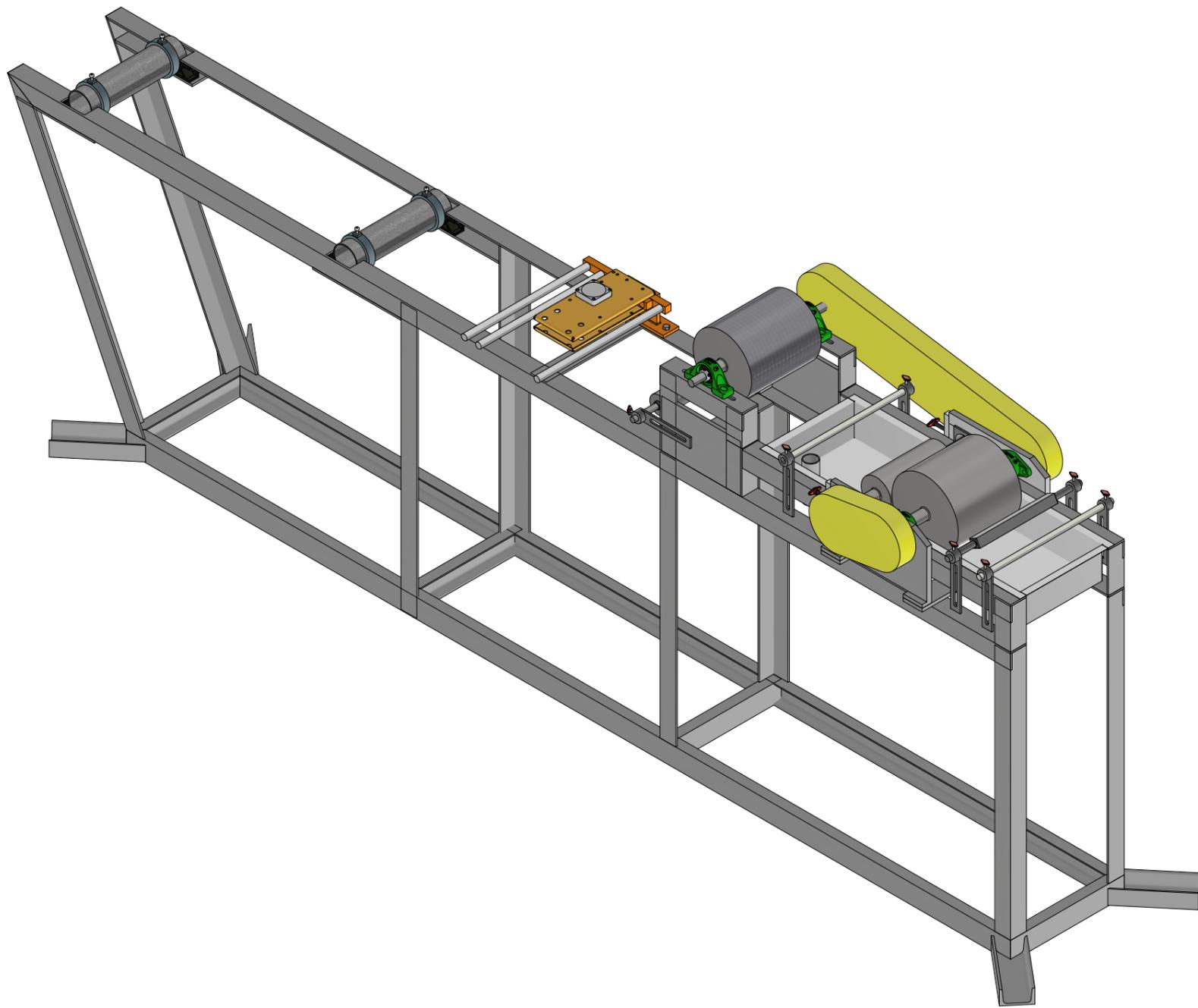
6

D

C

B

A



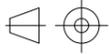
D

C

B

A

FORMATO A3

	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: TB1-S03		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Fabrica tubera				
Escala 1 : 12	EQUIPO: Tubera				
A3	PARTE: Porta capa exterior				
	PLANO N°10				REV. 0

1

2

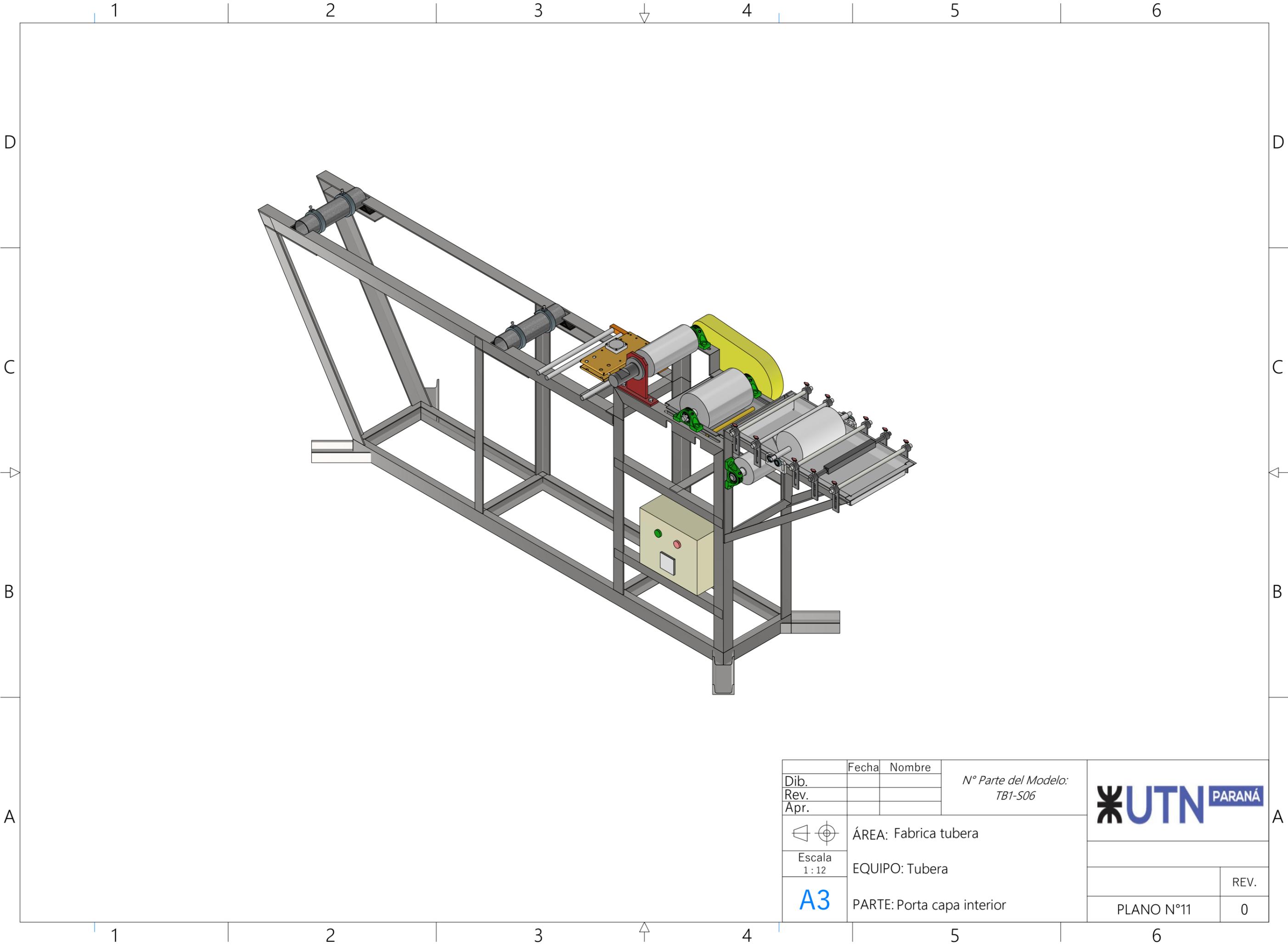
3

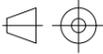
4

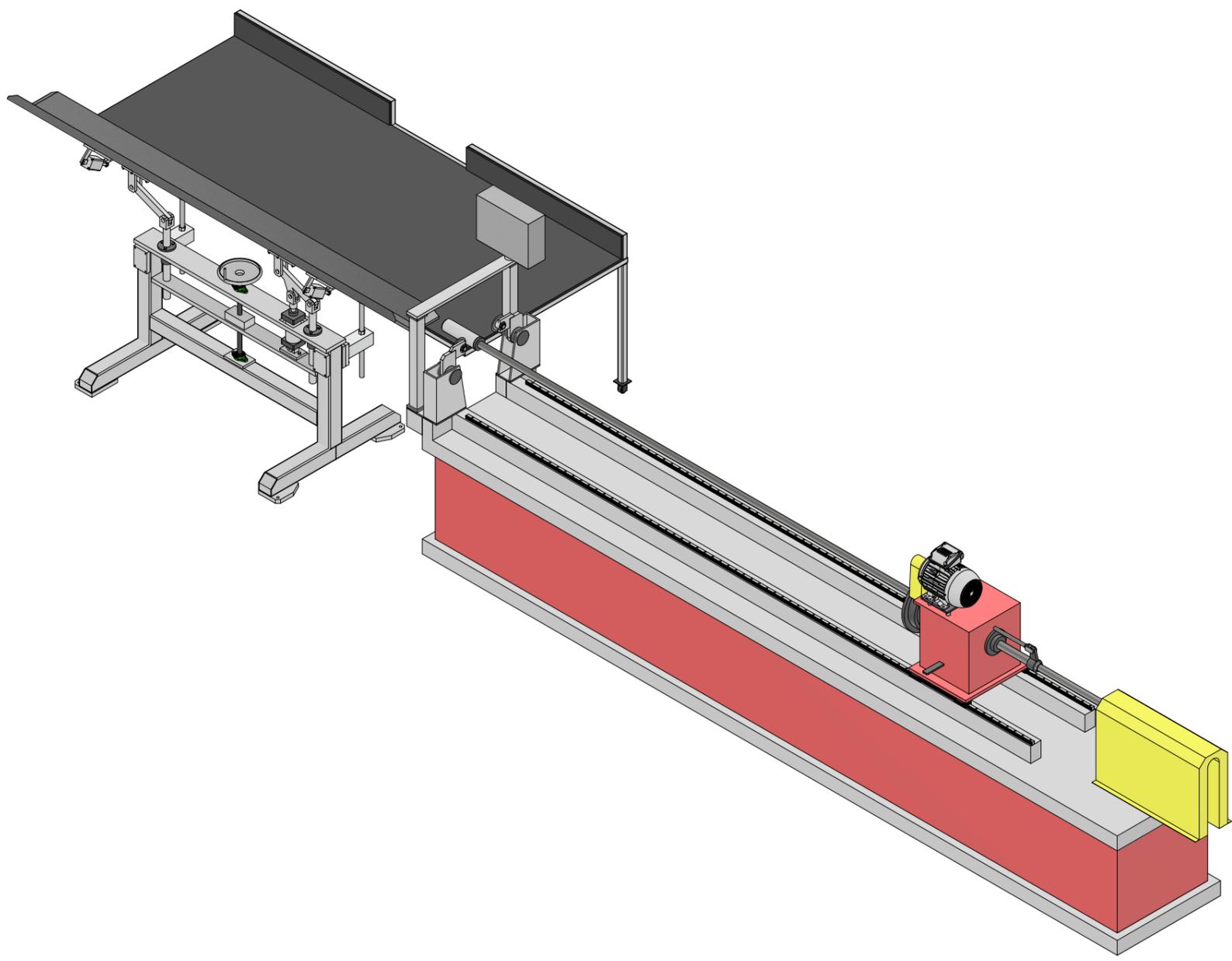
5

6

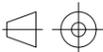
FORMATO A3



	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: TB1-S06		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Fabrica tubera				
Escala 1 : 12	EQUIPO: Tubera				
<b>A3</b>	PARTE: Porta capa interior				
				PLANO N°11	REV. 0



FORMATO A3

	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: TB1-S08		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Fabrica tubera				
Escala 1 : 30	EQUIPO: Cortadora fuera de linea				
<b>A3</b>	PARTE:				
				PLANO N°12	REV. 0

1

2

3

4

5

6

D

D

C

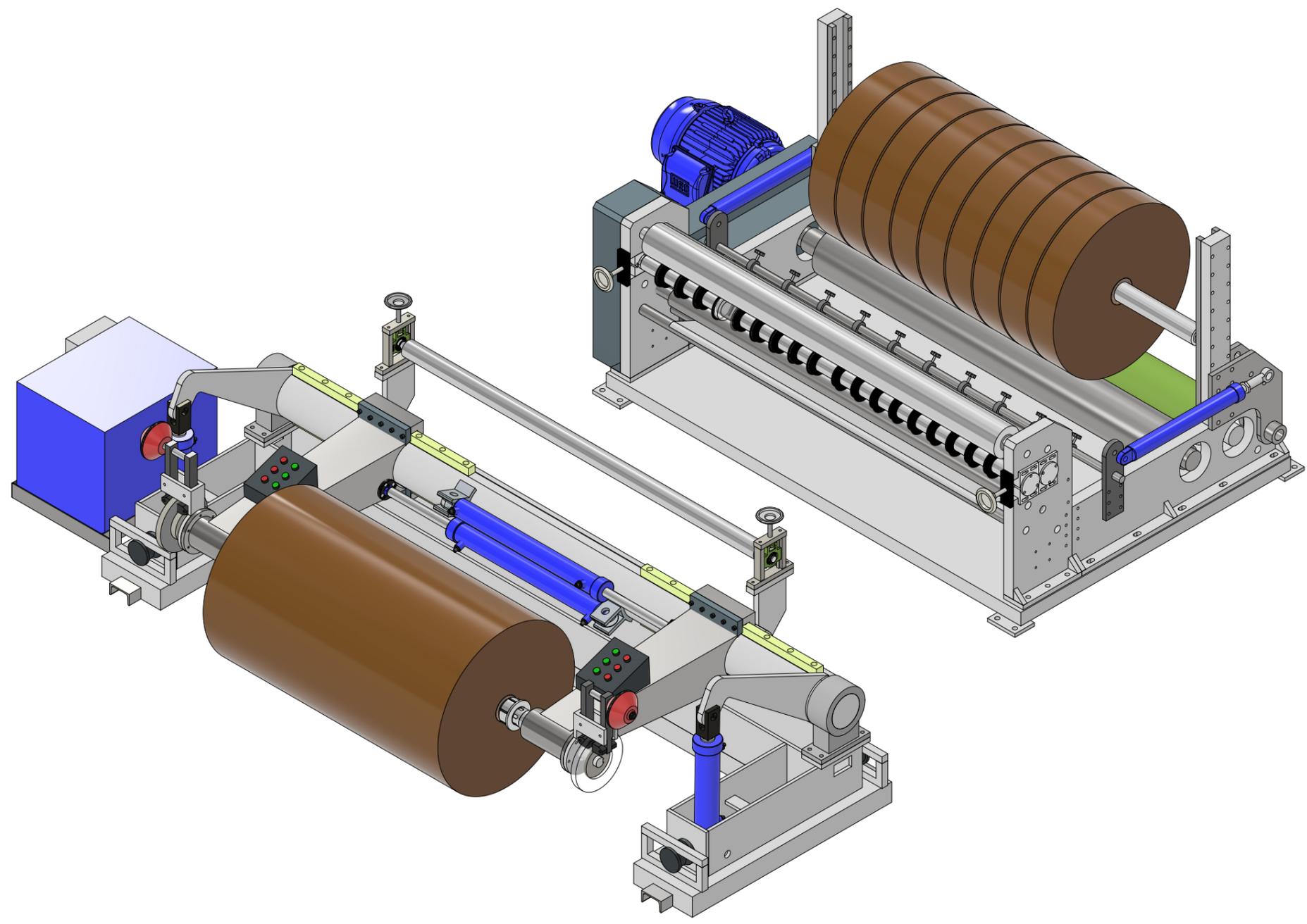
C

B

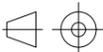
B

A

A



FORMATO A3

Dib.	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 01 Rebobinadora						
Rev.									
Apr.									
	ÁREA: Fabrica tubera		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>REV.</td> </tr> <tr> <td>PLANO N°13</td> <td>0</td> </tr> </table>				REV.	PLANO N°13	0
	REV.								
PLANO N°13	0								
Escala 1:18	EQUIPO: Rebobinadora								
A3	PARTE:								

1

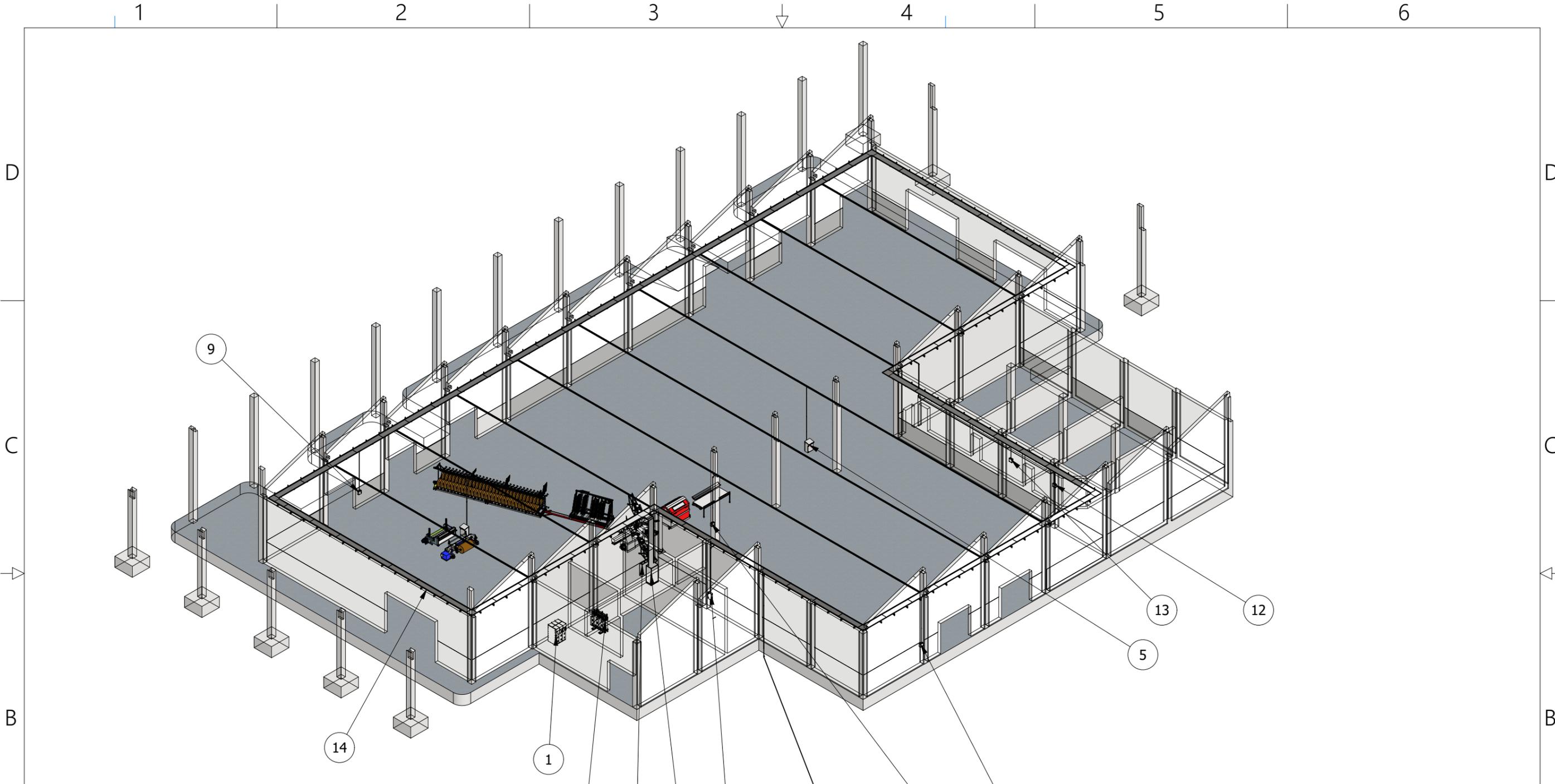
2

3

4

5

6



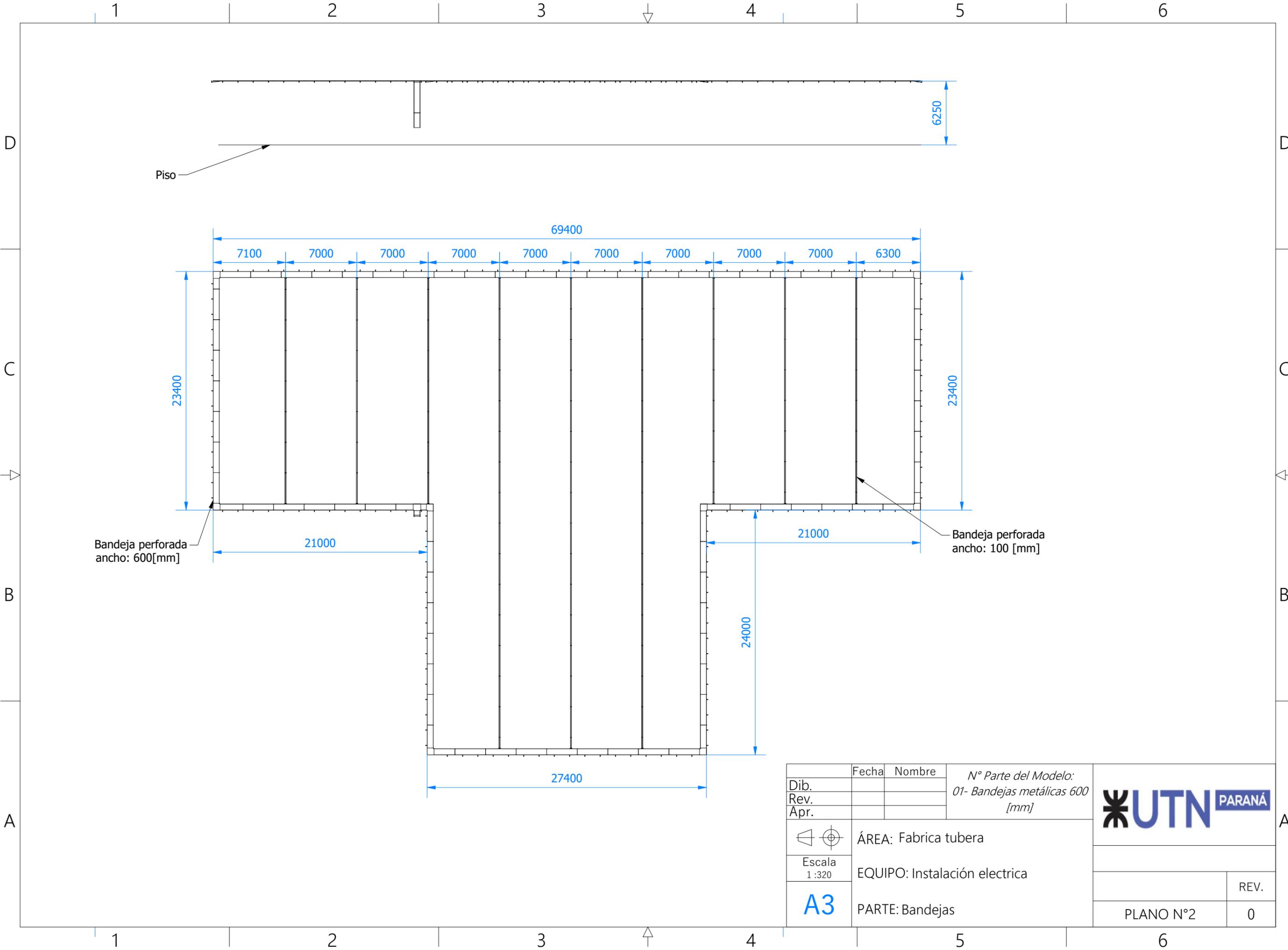
LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	TSMT (Tablero seccional media tensión)
2	1	Transformador 800kVA 13.2kV/0.4kv
3	1	TGBT (Tablero general baja tensión)
4	1	TS1 (Tubera)
5	1	TS2 (Cortadora fuera de linea)
6	1	TS3 (Rebobinadora)
7	1	TS4 (Red contra incendios)
8	1	TS5 (Sistema neumático)
9	1	TS6 (Iluminación)
10	1	TS7 (Camara de secado)
11	1	TS8 (Grúa bandera)
12	1	TS9 (Laboratorio)
13	1	TS10 (Oficinas)
14	1	Bandejas metálicas

Dib.	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 01-Fábrica tubera	
Rev.				
Apr.				
	ÁREA: Fabrica tubera			REV.
Escala 1 : 320	EQUIPO: Instalación electrica			
<b>A3</b>	PARTE:			PLANO N°1
				0

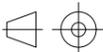
FORMATO A3

FORMATO A3



Bandeja perforada  
ancho: 600[mm]

Bandeja perforada  
ancho: 100 [mm]

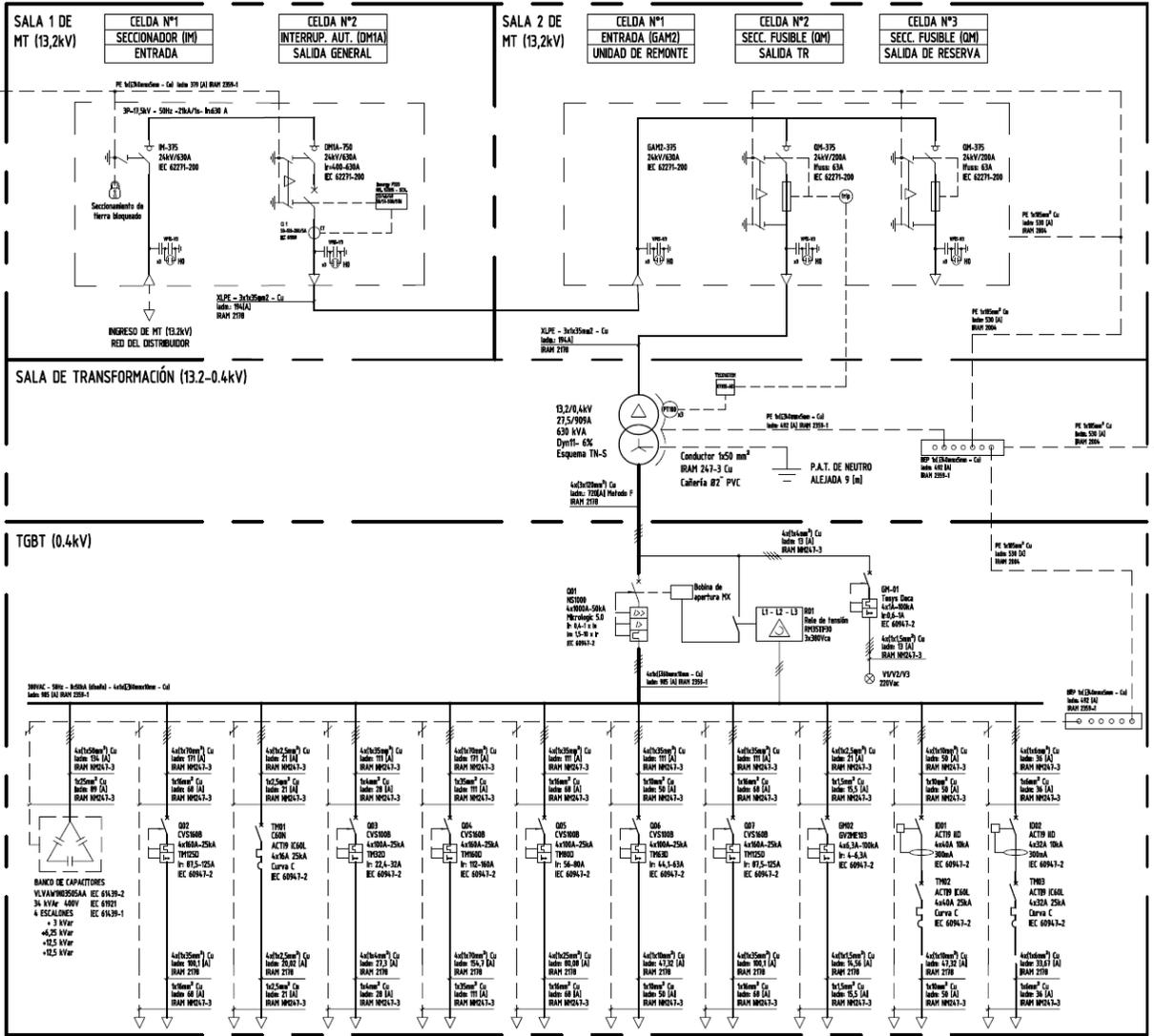
Dib.	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 01- Bandejas metálicas 600 [mm]					
Rev.								
Apr.								
 Escala 1:320	ÁREA: Fabrica tubera		<table border="1"> <tr> <td></td> <td>REV.</td> </tr> <tr> <td>PLANO N°2</td> <td>0</td> </tr> </table>			REV.	PLANO N°2	0
		REV.						
PLANO N°2	0							
A3	EQUIPO: Instalación electrica							
	PARTE: Bandejas							

D

C

B

A



PROTECCIÓN TÍPICA	INTERRUPT. AUTOMÁTICO	INTERRUPT. TERMOMAGNÉTICO	INTERRUPT. AUTOMÁTICO	GUARDAMOTOR	INTERRUPT. DIF. + TERMOMAG.	INTERRUPT. DIF. + TERMOMAG.				
TAG	TS1	TS2	TS3	TS4	TS5	TS6	TS7	TS8	TS9	TS10
SALIDA:	MÁQUINA TUBERIA	TABLERO CORTACORRIENTE	TABLERO RESENERADORA	RED CONTRA INCENDIOS	COMPRESOR	ILUMINACIÓN	CÁMARA DE SECADO	GRÚA BANDERA	LABORATORIO	OPICINAS
CARGA:	95,5 [A]	11,6 [A]	2,6 [A]	18,6 [A]	6,6 [A]	39,2 [A]	99,5 [A]	11 [A]	34,4 [A]	21,4 [A]

Dib.	Fecha	Nombre
Rev.		
Apr.		

N° Parte del Modelo:

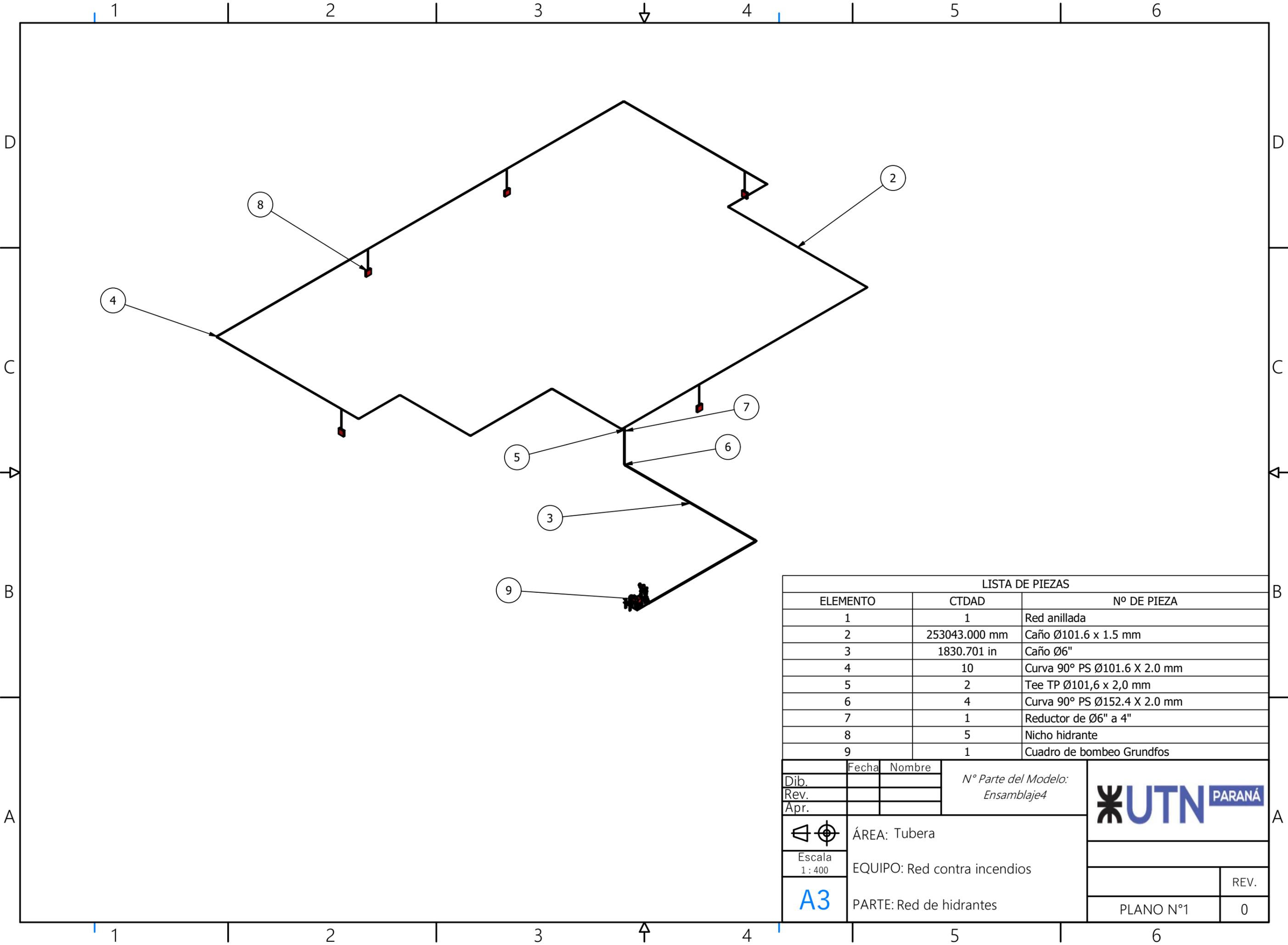
	ÁREA: Fabrica tubera
	EQUIPO: Unificar electrico
A3	PARTE:



PLANO N°1	REV. 0
-----------	--------

FORMATO A3

FORMATO A3



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	1	Red anillada
2	253043.000 mm	Caño Ø101.6 x 1.5 mm
3	1830.701 in	Caño Ø6"
4	10	Curva 90° PS Ø101.6 X 2.0 mm
5	2	Tee TP Ø101,6 x 2,0 mm
6	4	Curva 90° PS Ø152.4 X 2.0 mm
7	1	Reductor de Ø6" a 4"
8	5	Nicho hidrante
9	1	Cuadro de bombeo Grundfos

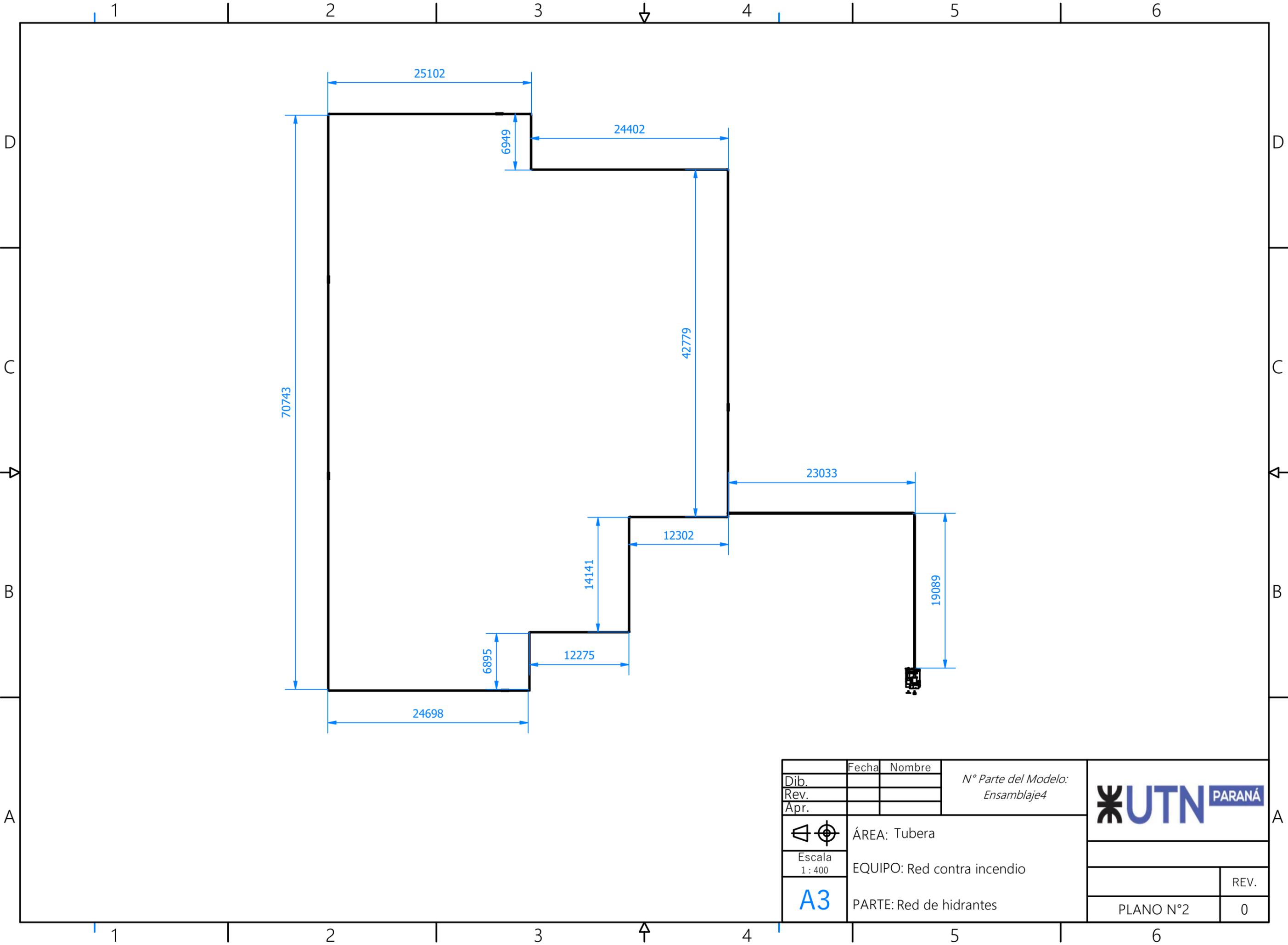
  

Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: Ensamblaje4	
Dib.			
Rev.			
Apr.			

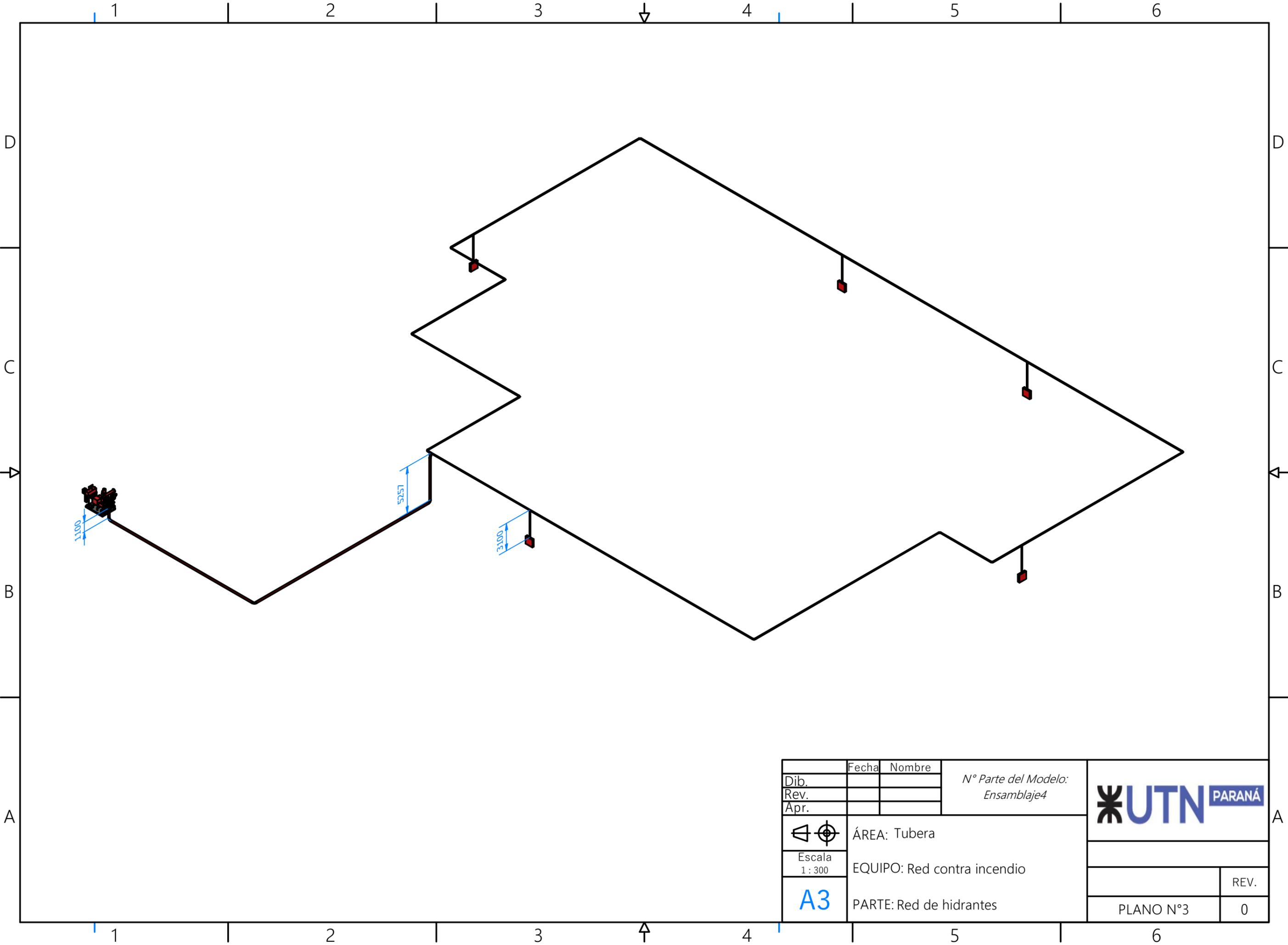
	ÁREA: Tubera	
	EQUIPO: Red contra incendios	
Escala 1 : 400	PARTE: Red de hidrantes	REV.
A3		PLANO N°1
		0

FORMATO A3



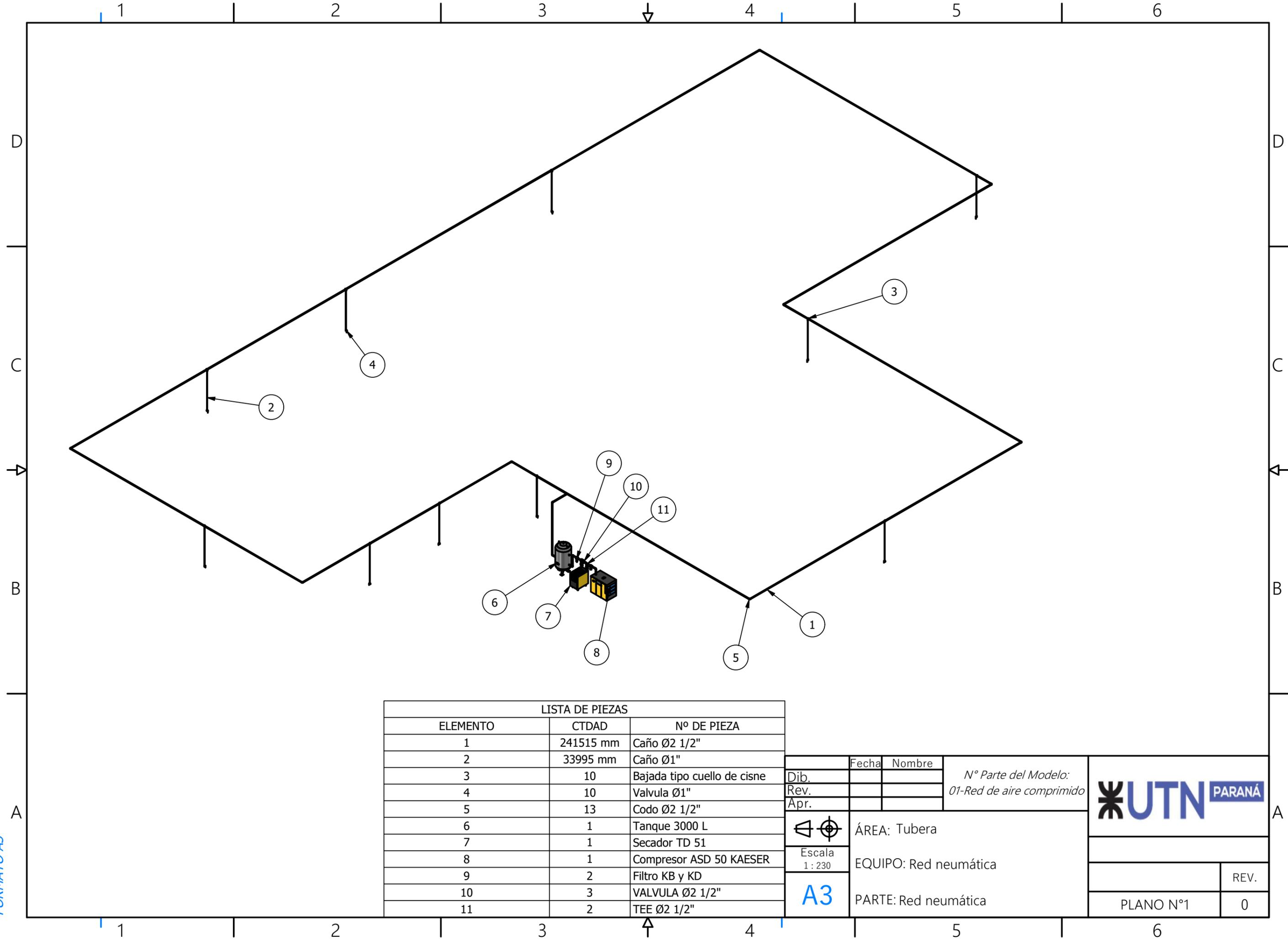
	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: Ensamblaje4		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Tubera				
Escala 1 : 400	EQUIPO: Red contra incendio				
<b>A3</b>	PARTE: Red de hidrantes				
PLANO N°2				REV.	0

FORMATO A3



	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: <i>Ensamblaje4</i>		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Tubera				
Escala 1 : 300	EQUIPO: Red contra incendio				
<b>A3</b>	PARTE: Red de hidrantes				
				PLANO N°3	REV.
				0	

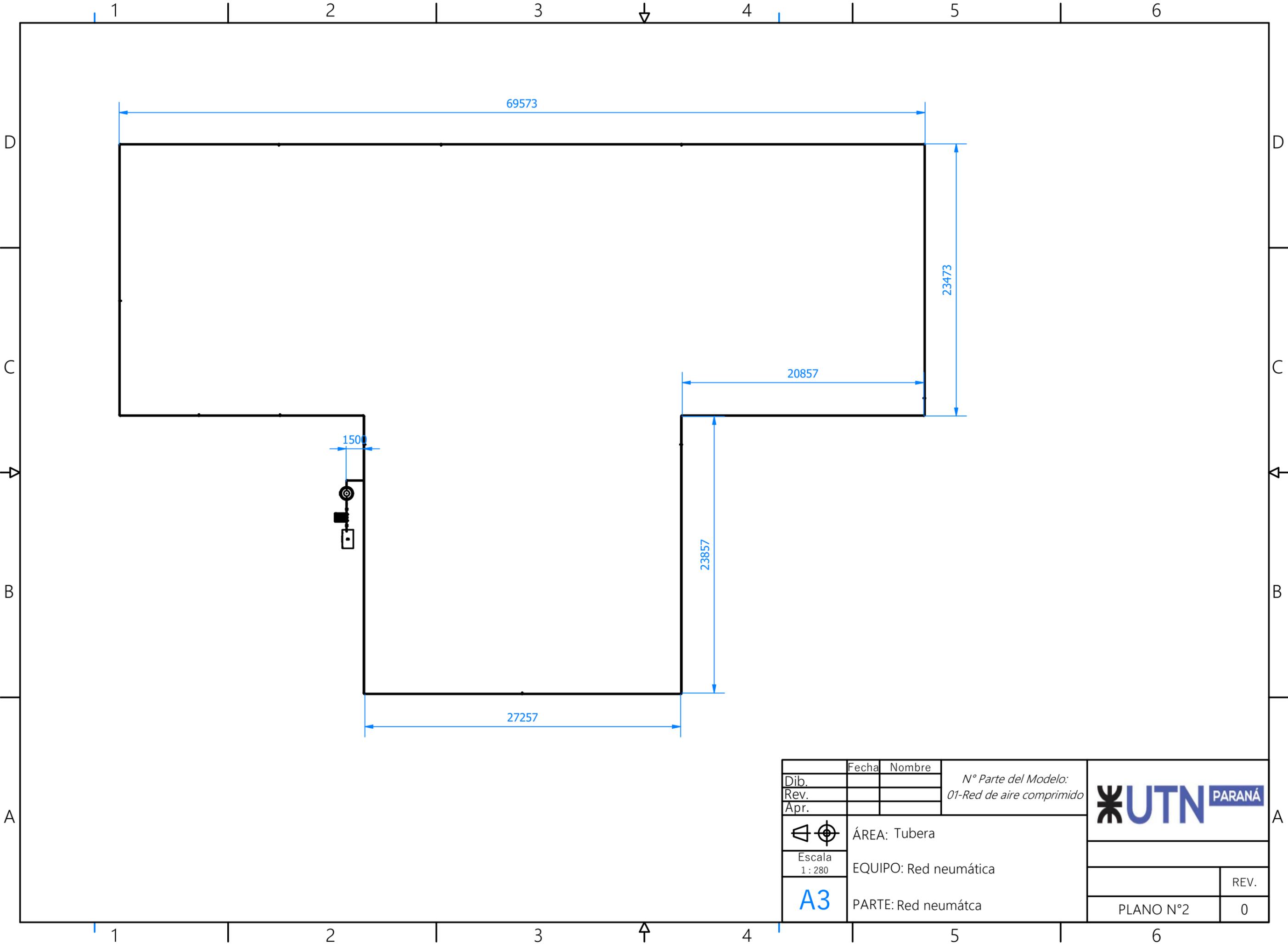
FORMATO A3



LISTA DE PIEZAS		
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA
1	241515 mm	Caño Ø2 1/2"
2	33995 mm	Caño Ø1"
3	10	Bajada tipo cuello de cisne
4	10	Valvula Ø1"
5	13	Codo Ø2 1/2"
6	1	Tanque 3000 L
7	1	Secador TD 51
8	1	Compresor ASD 50 KAESER
9	2	Filtro KB y KD
10	3	VALVULA Ø2 1/2"
11	2	TEE Ø2 1/2"

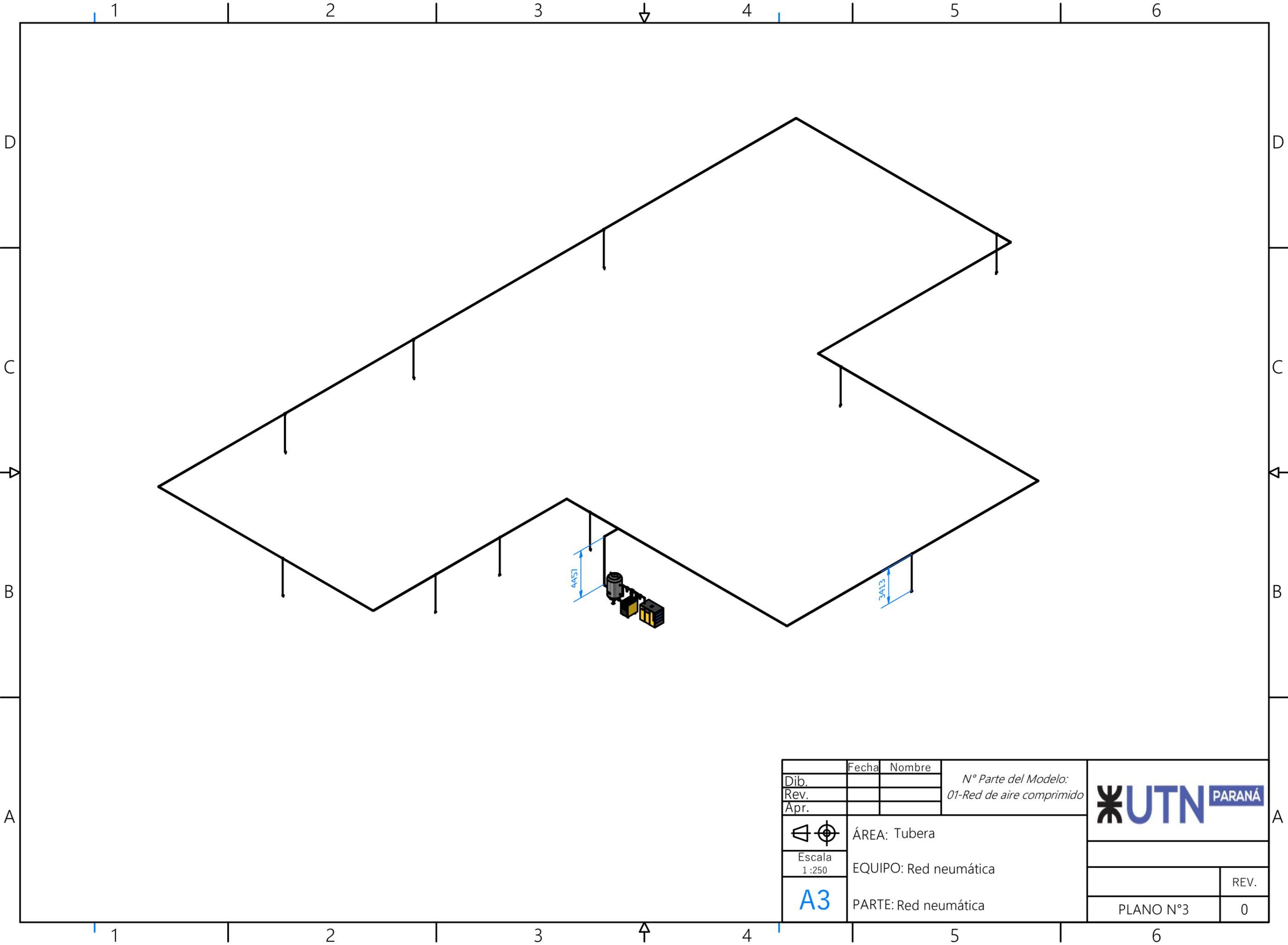
Dib.	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 01-Red de aire comprimido
Rev.			
Apr.			
 Escala 1 : 230	ÁREA: Tubera		
	EQUIPO: Red neumática		
A3	PARTE: Red neumática		REV.
	PLANO N°1		0

FORMATO A3



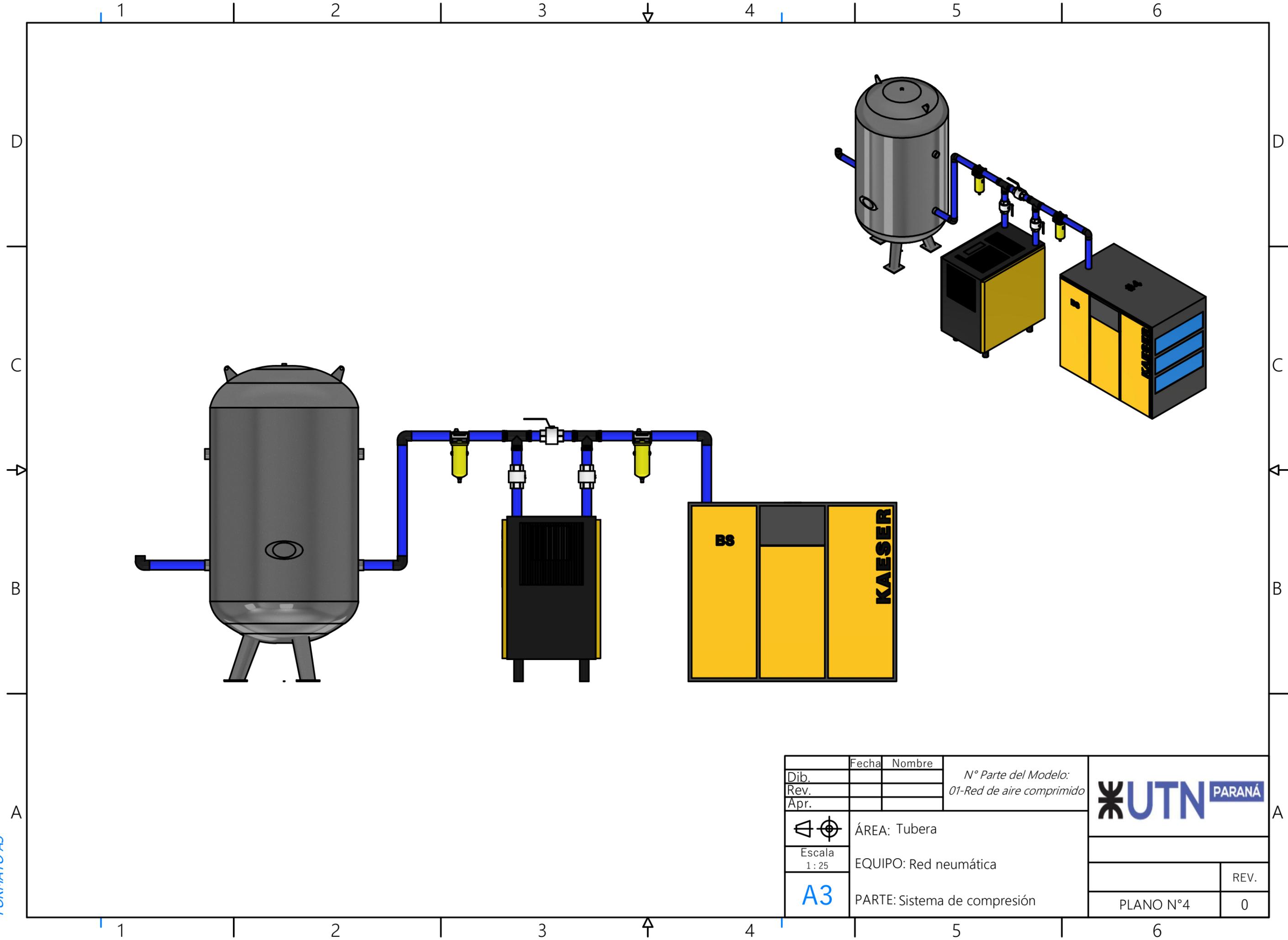
	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 01-Red de aire comprimido		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Tubera				
Escala 1 : 280	EQUIPO: Red neumática				
<b>A3</b>	PARTE: Red neumática				
			PLANO N°2	REV.	0

FORMATO A3



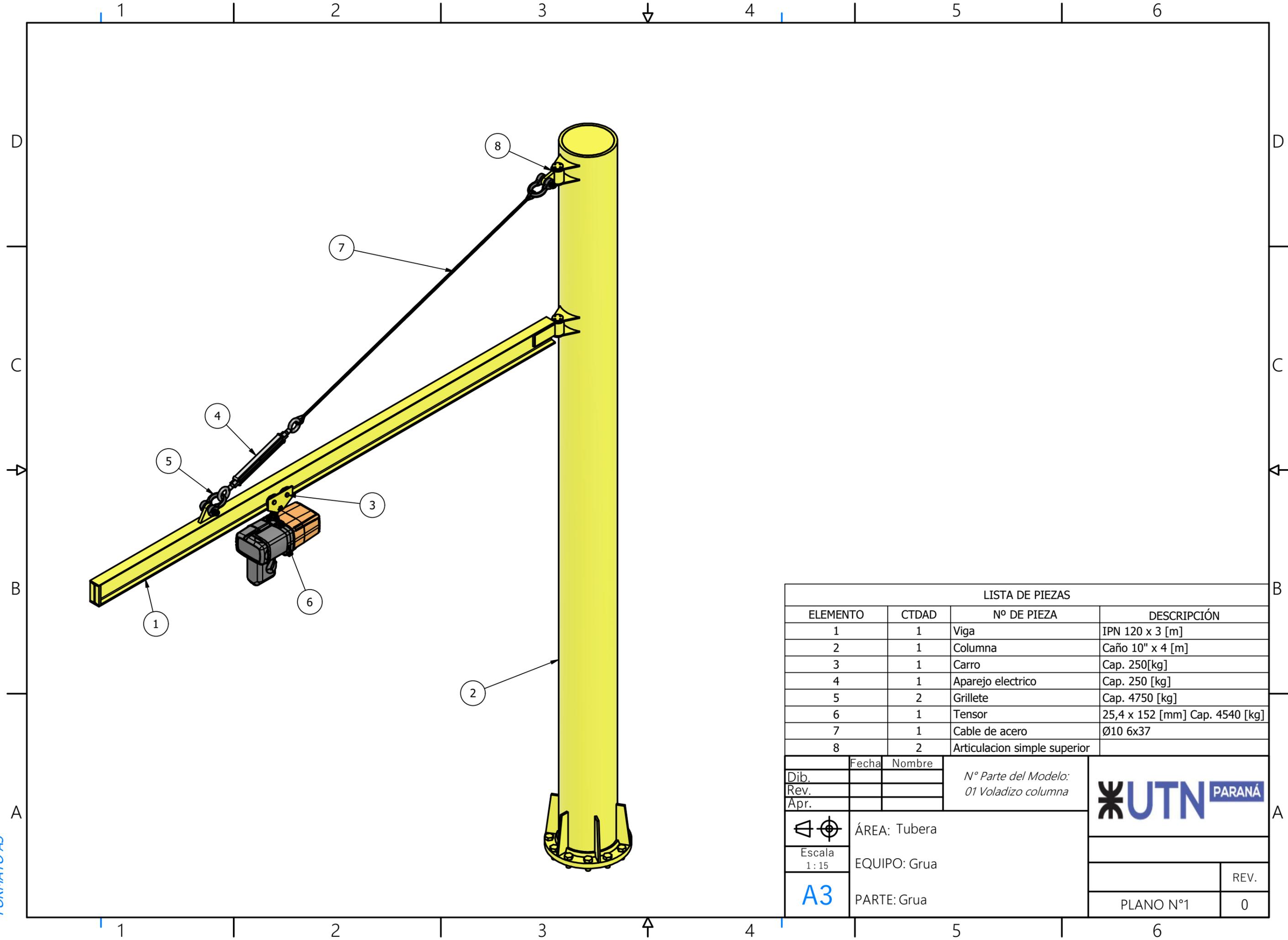
	Fecha	Nombre	<i>N° Parte del Modelo:</i> 01-Red de aire comprimido	
Dib.				
Rev.				
Apr.				
	ÁREA: Tubera			
Escala 1:250	EQUIPO: Red neumática			
<b>A3</b>	PARTE: Red neumática			
			PLANO N°3	REV.
			0	

FORMATO A3



	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 01-Red de aire comprimido		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Tubera				
Escala 1 : 25	EQUIPO: Red neumática				
<b>A3</b>	PARTE: Sistema de compresión				
				PLANO N°4	REV. 0

FORMATO A3



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Viga	IPN 120 x 3 [m]
2	1	Columna	Caño 10" x 4 [m]
3	1	Carro	Cap. 250[kg]
4	1	Aparejo electrico	Cap. 250 [kg]
5	2	Grillete	Cap. 4750 [kg]
6	1	Tensor	25,4 x 152 [mm] Cap. 4540 [kg]
7	1	Cable de acero	Ø10 6x37
8	2	Articulacion simple superior	

Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 01 Voladizo columna	
Dib.			
Rev.			
Apr.			

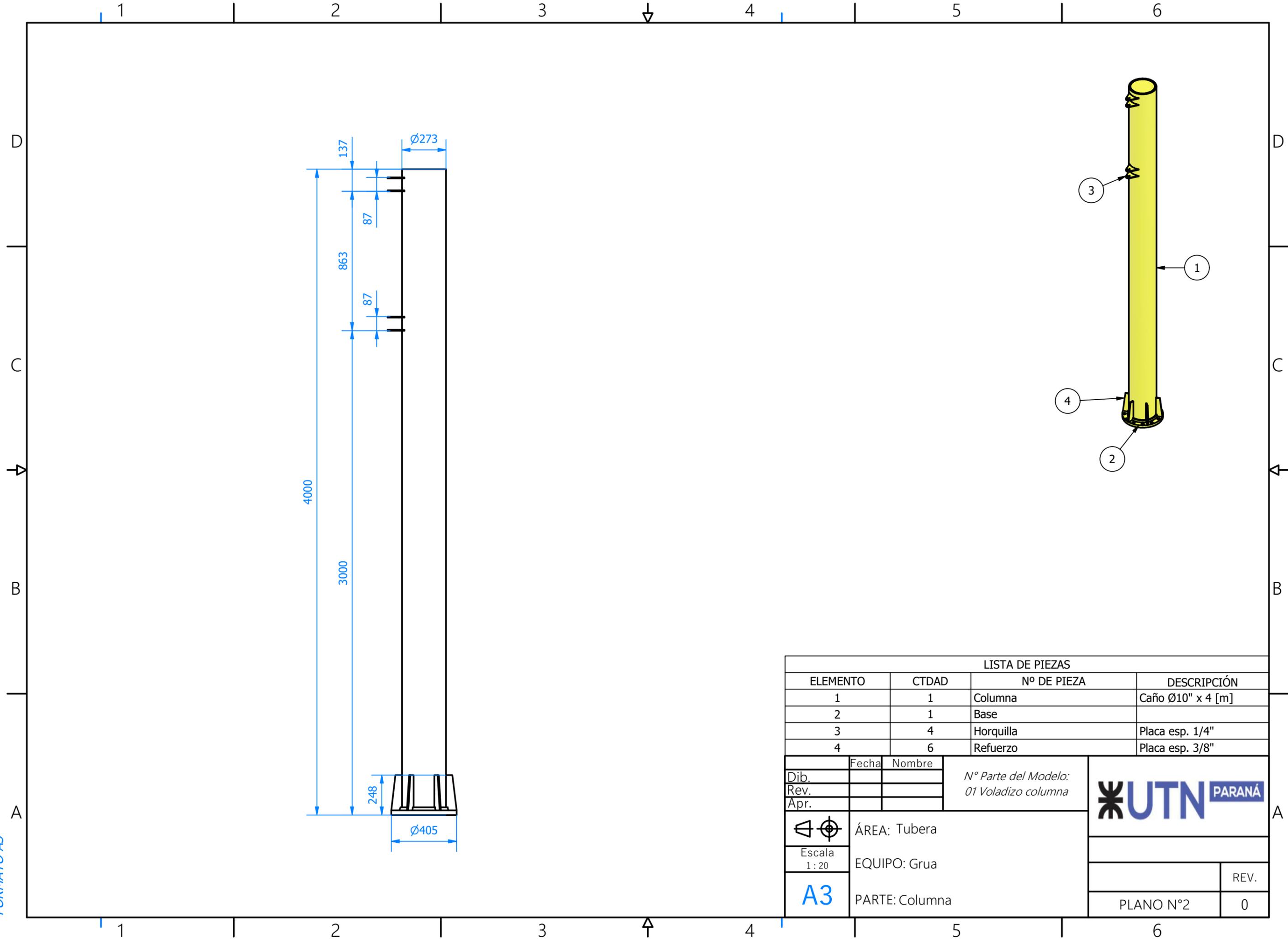
  

	ÁREA: Tubera
	EQUIPO: Grua
Escala 1 : 15	PARTE: Grua
<b>A3</b>	

PLANO N°1	REV. 0
-----------	-----------

FORMATO A3



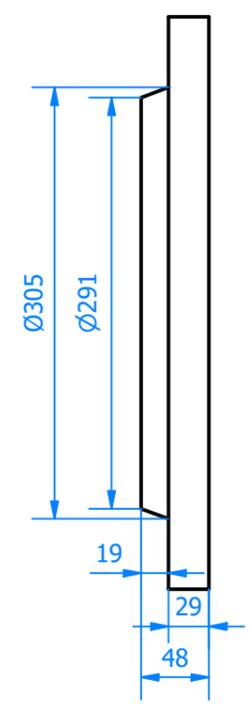
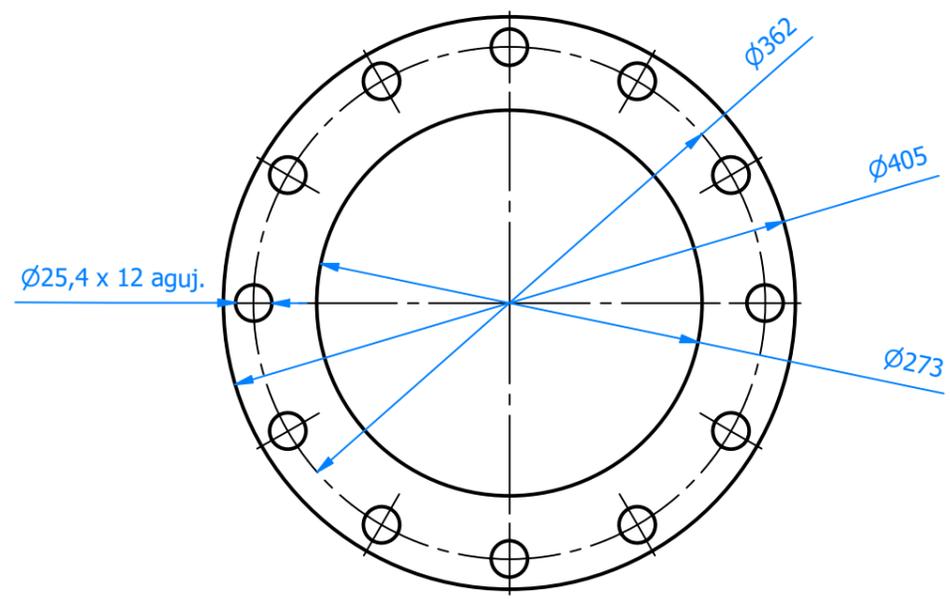
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Columna	Caño Ø10" x 4 [m]
2	1	Base	
3	4	Horquilla	Placa esp. 1/4"
4	6	Refuerzo	Placa esp. 3/8"

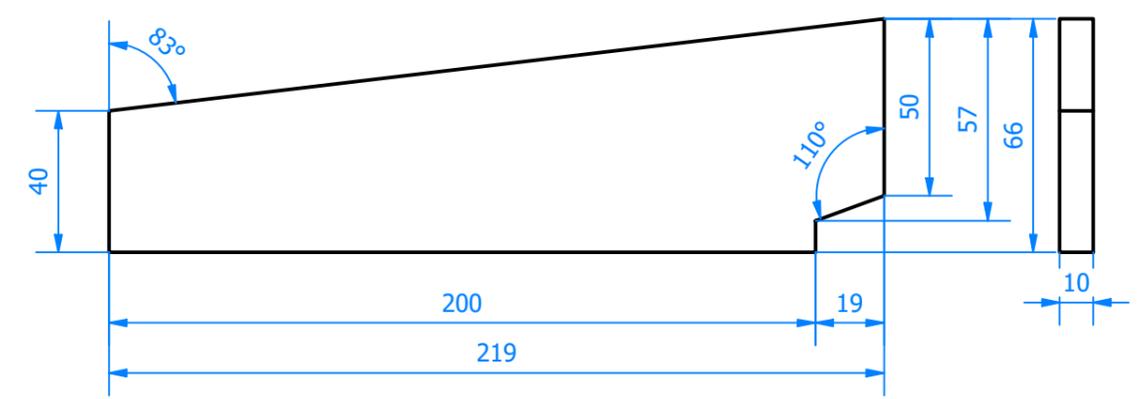
	Fecha	Nombre	Nº Parte del Modelo: 01 Voladizo columna	
Dib.				
Rev.				
Apr.				
	ÁREA: Tubera			
	Escala 1 : 20	EQUIPO: Grúa		REV.
A3	PARTE: Columna			PLANO N°2
				0

1 2 3 4 5 6

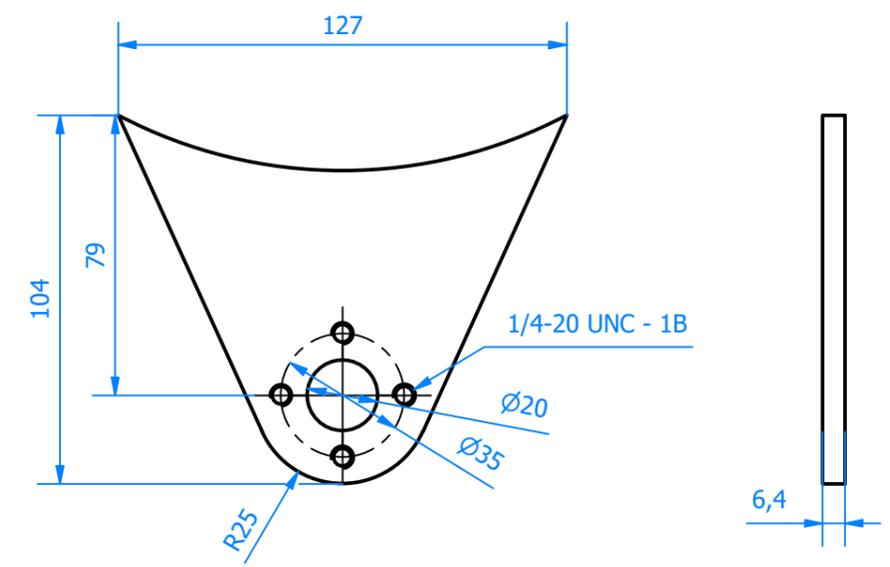
BASE



REFUERZO



HORQUILLA

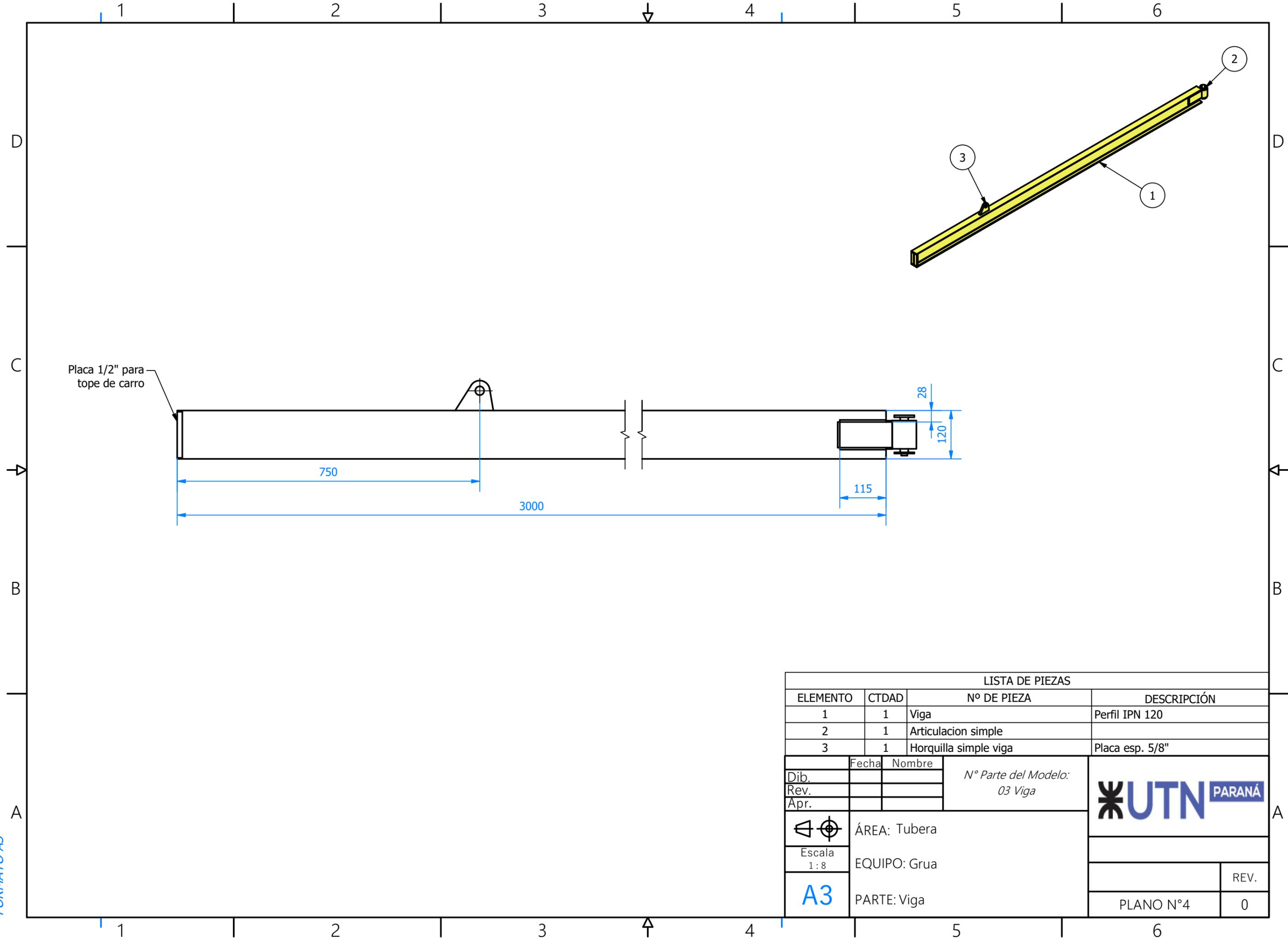


FORMATO A3

1 2 3 4 5 6

Dib.	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 15 Brida 10 in	
Rev.				
Apr.				
	ÁREA: Tubera			
Escala 1/5	EQUIPO: Grúa			
A3	PARTE:			REV.
				0
				PLANO N°3

FORMATO A3



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Viga	Perfil IPN 120
2	1	Articulacion simple	
3	1	Horquilla simple viga	Placa esp. 5/8"

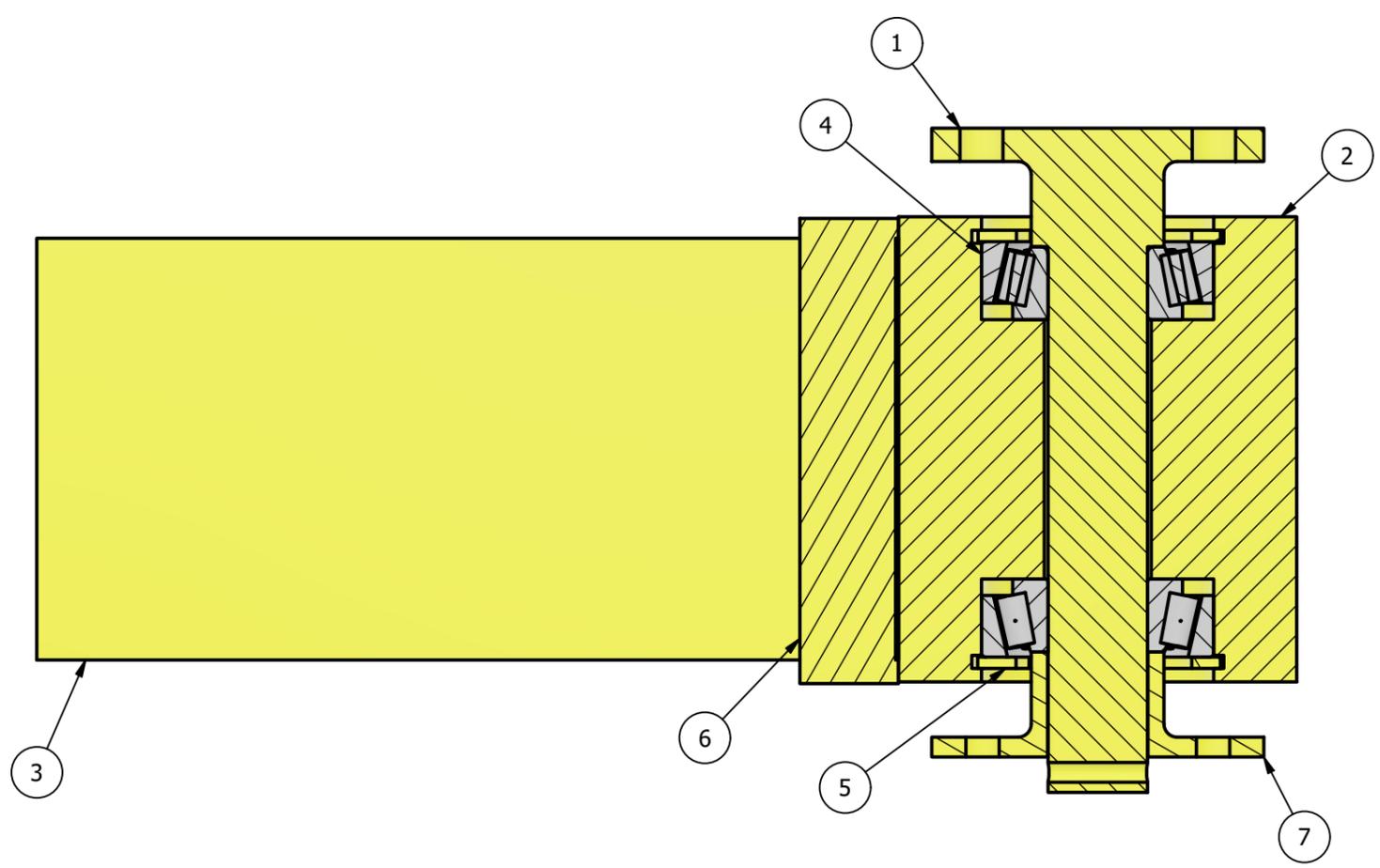
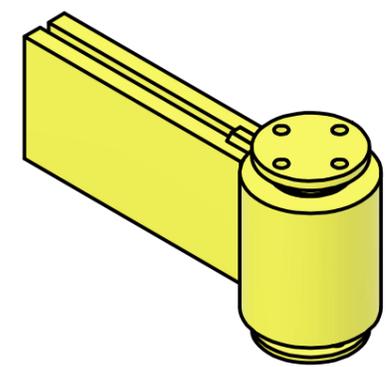
  

	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 03 Viga	
Dib.				
Rev.				
Apr.				
	ÁREA: Tubera			
Escala 1:8	EQUIPO: Grua			
<b>A3</b>	PARTE: Viga			
				REV.
				0
				PLANO N°4

1 2 3 4 5 6

D  
C  
B  
A

D  
C  
B  
A



VISTA A-A  
ESCALA 1/1

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Perno	
2	1	Porta perno	
3	2	Planchuela	63.5[mm] x 130 [mm] x 3/8"
4	2	Rodamiento	skf 30202
5	2	SEEGER EST. D.39 1,75	
6	1	Placa refuerzo	70 [mm] x 14.9[mm] x 5 [mm]
7	1	Tapa condensa rod.	

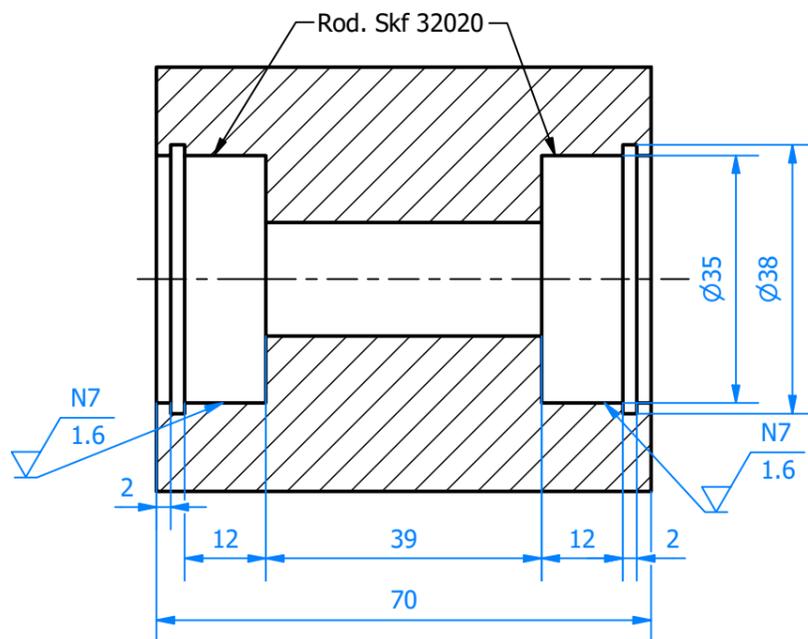
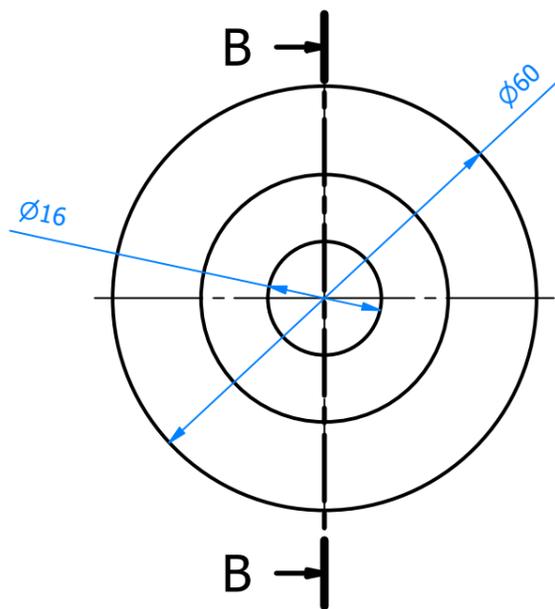
  

Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 04 Articulacion simple	
Dib.			
Rev.			
Apr.			
	ÁREA: Tubera		
Escala 1/2	EQUIPO: Grúa		
<b>A3</b>	PARTE: Articulación simple inferior		
PLANO N°5			REV. 0

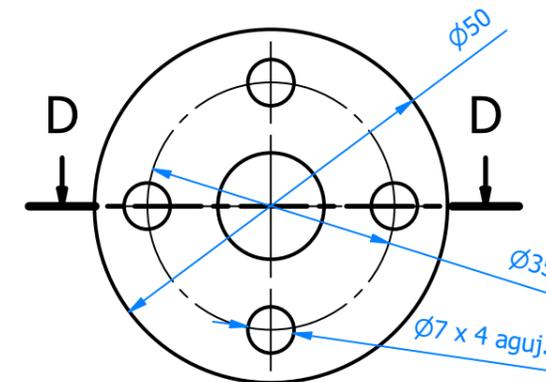
FORMATO A3

1 2 3 4 5 6

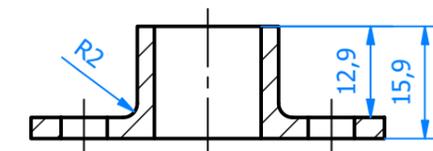
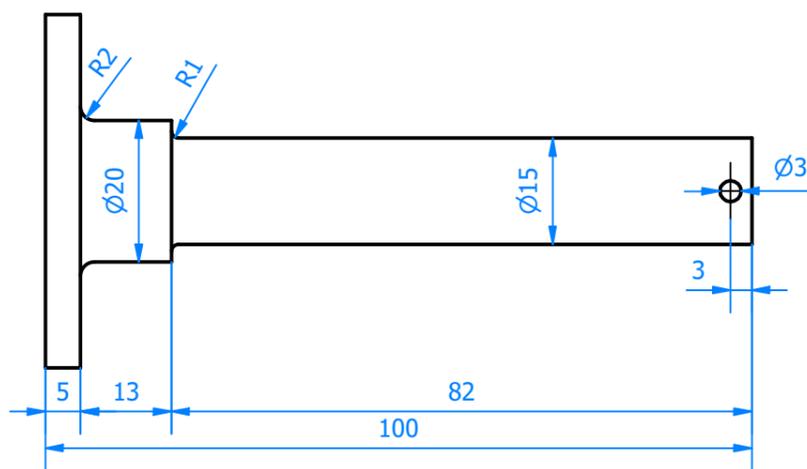
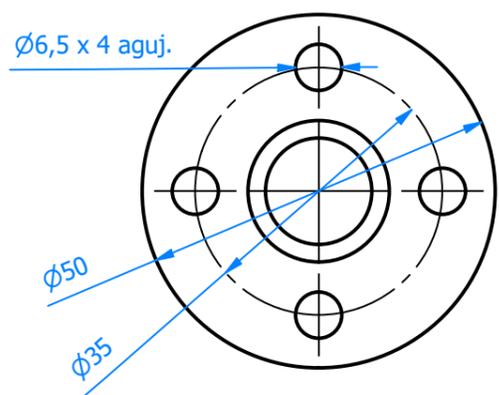
PORTA PERNO



CORTE B-B  
ESCALA 1 : 1



PERNO

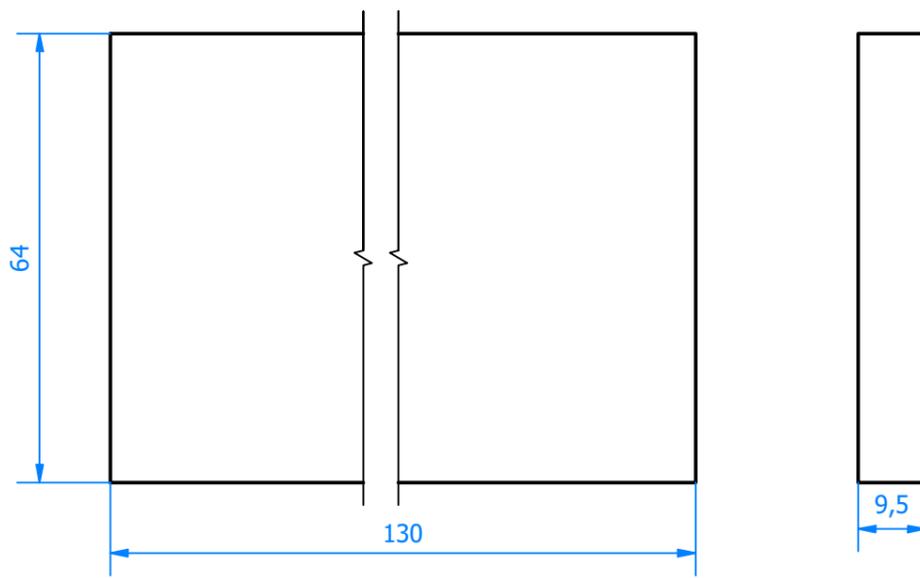


CORTE D-D  
ESCALA 1 : 1

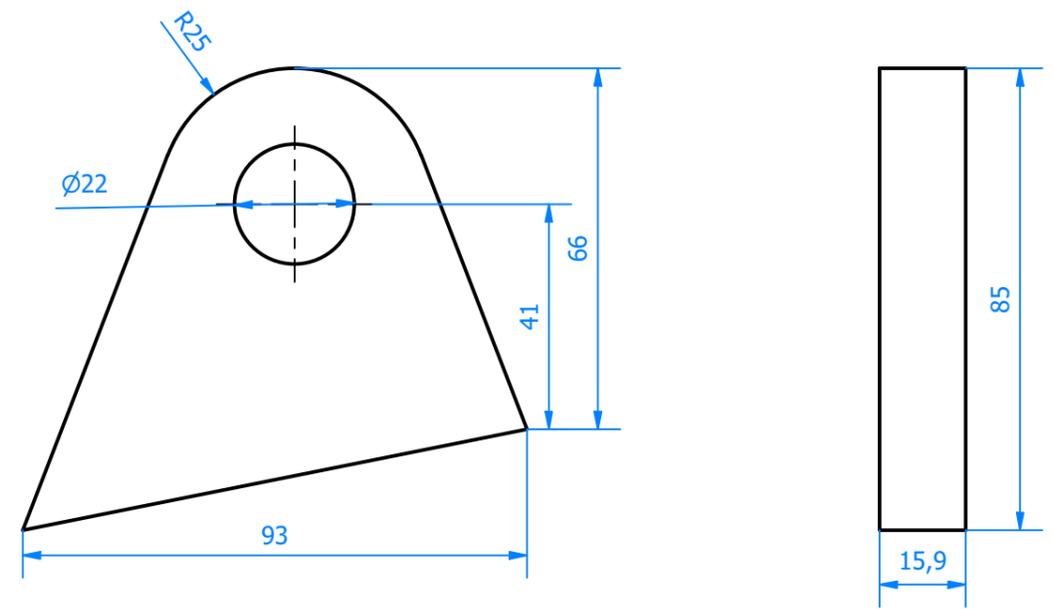
Dib.	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 03 porta perno		
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Tubera			REV.	
Escala 1:1	EQUIPO: Grua				
A3	PARTE:			PLANO N°6	0

FORMATO A3

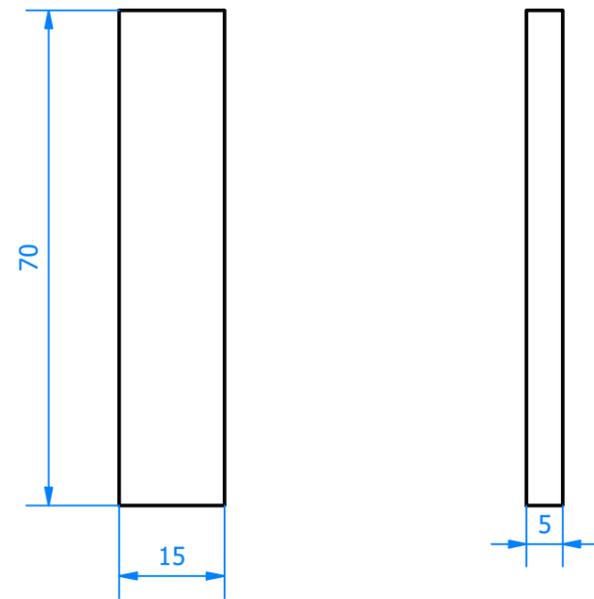
PLANCHUELA



HORQUILLA SIMPLE VIGA

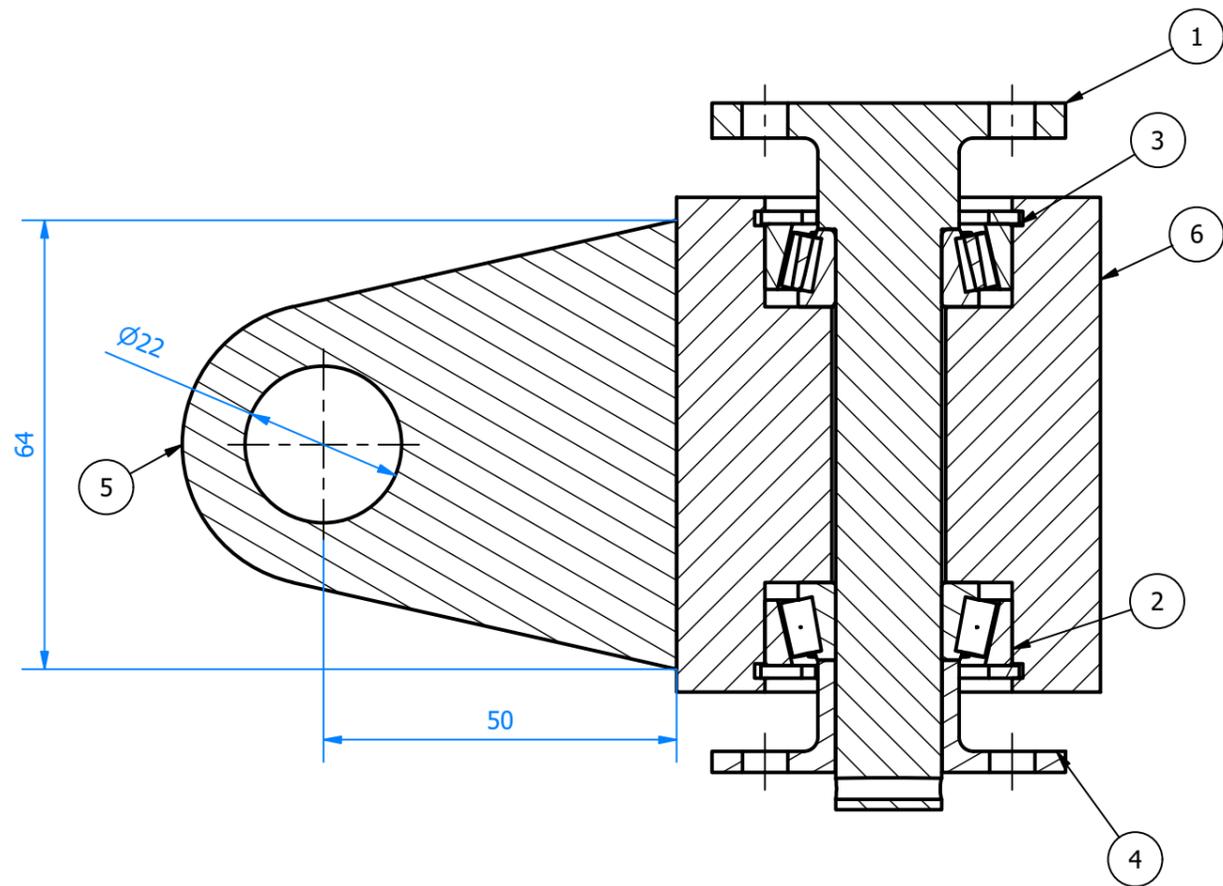


PLACA DE REFUERZO

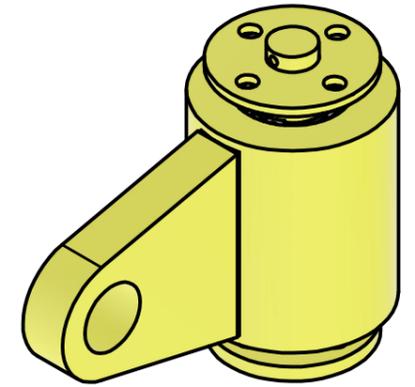


	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 02 Planchuela		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Tubera				
Escala 1:1	EQUIPO: Grua				
<b>A3</b>	PARTE:				
			PLANO N°7	REV.	0

FORMATO A3



CORTE E-E  
ESCALA 1 / 1



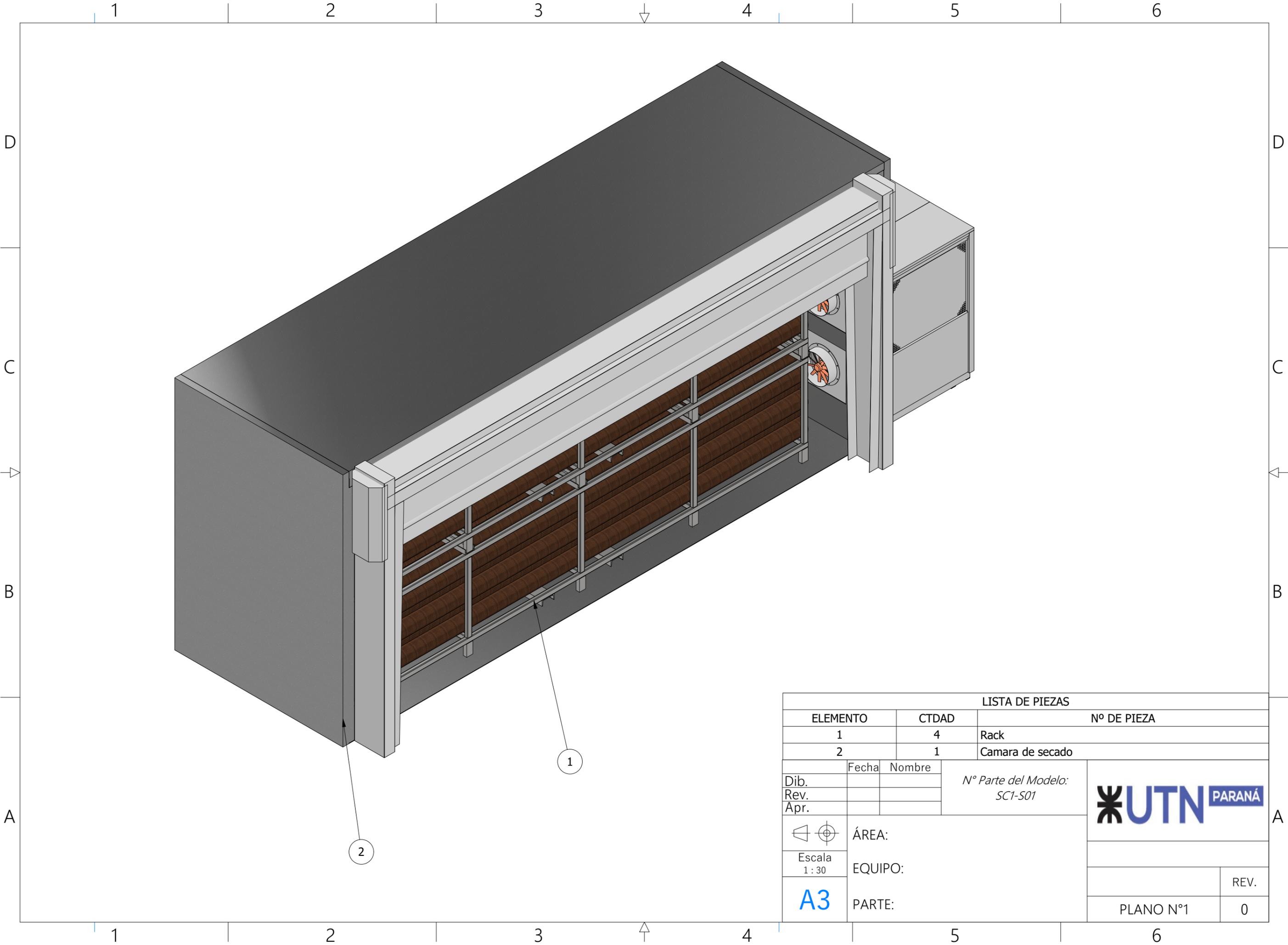
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Perno	
2	2	Rodamiento	Skf 30202
3	2	SEEGER EST.	D.39 1,75
4	1	Tapa condensa rod.	
5	2	Horquilla simple	Esp. 5/8"
6	1	Porta perno	

Dib.	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: 05 Horquilla simple columna			
Rev.						
Apr.						
	ÁREA: Tubera			<table border="1"> <tr> <td>REV.</td> <td>0</td> </tr> </table>	REV.	0
REV.	0					
Escala 1/1	EQUIPO: Grúa					
<b>A3</b>	PARTE: Articulación simple superior			<table border="1"> <tr> <td>PLANO N°8</td> <td>0</td> </tr> </table>	PLANO N°8	0
PLANO N°8	0					

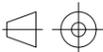
FORMATO A3

FORMATO A3

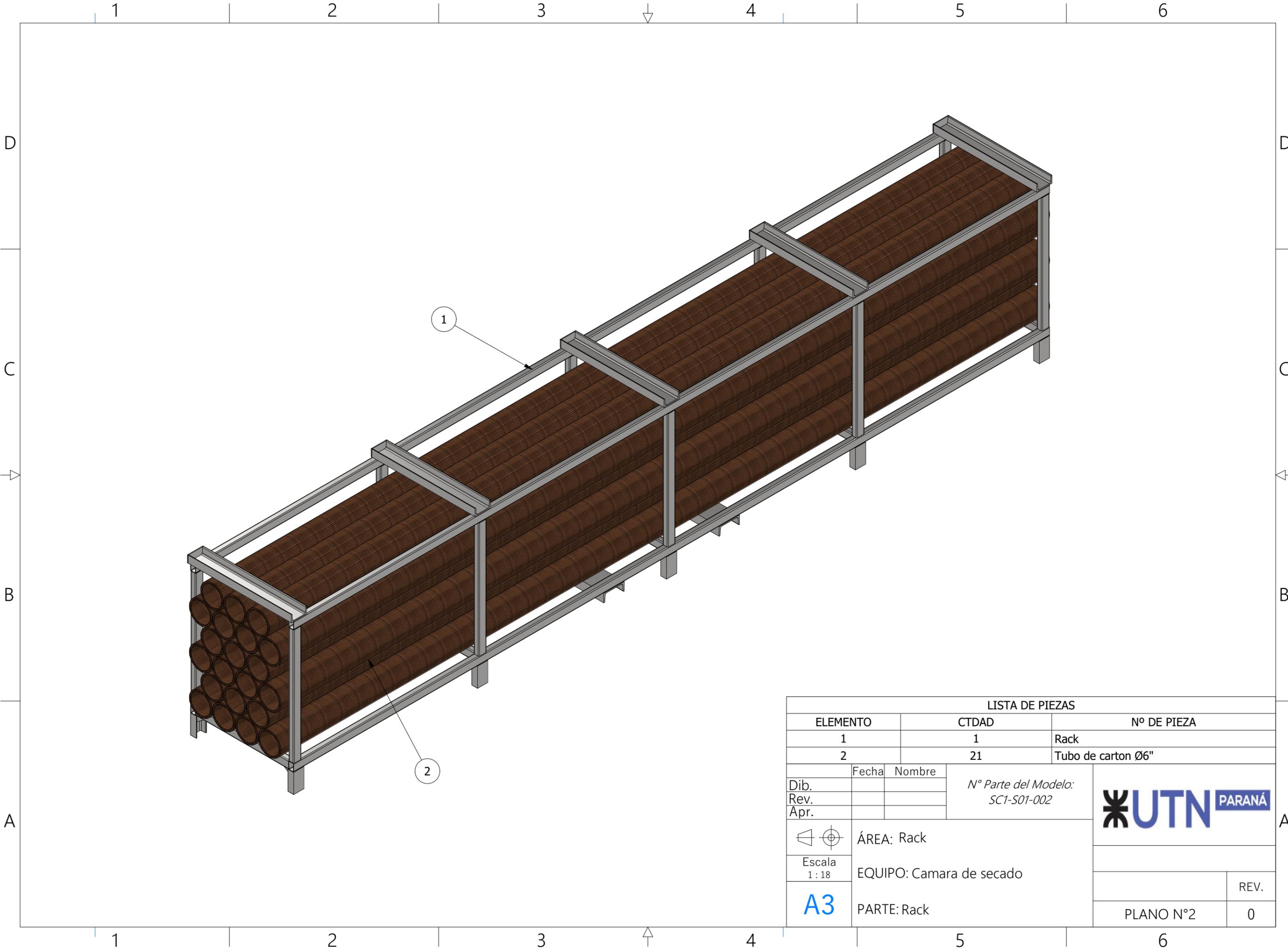


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	N° DE PIEZA	
1	4	Rack	
2	1	Camara de secado	

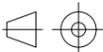
Dib.	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: SC1-S01	
Rev.				
Apr.				
	ÁREA:			
Escala 1 : 30	EQUIPO:			
A3	PARTE:			
			PLANO N°1	REV. 0

FORMATO A3

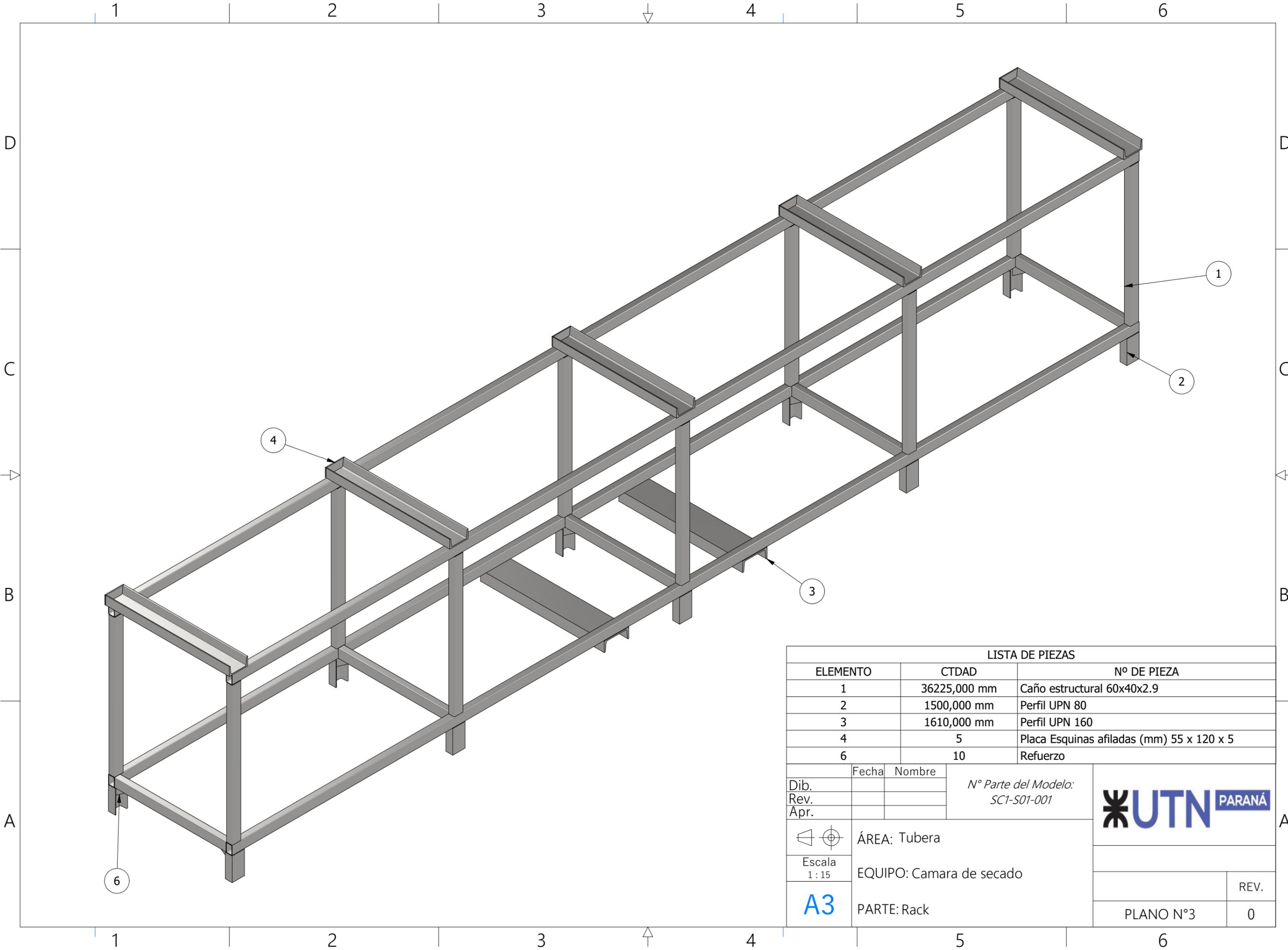


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	N° DE PIEZA	
1	1	Rack	
2	21	Tubo de carton Ø6"	

Dib.	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: SC1-S01-002	
Rev.				
Apr.				
	ÁREA: Rack			
Escala 1 : 18	EQUIPO: Camara de secado			
<b>A3</b>	PARTE: Rack			REV. 0
			PLANO N°2	

FORMATO A3

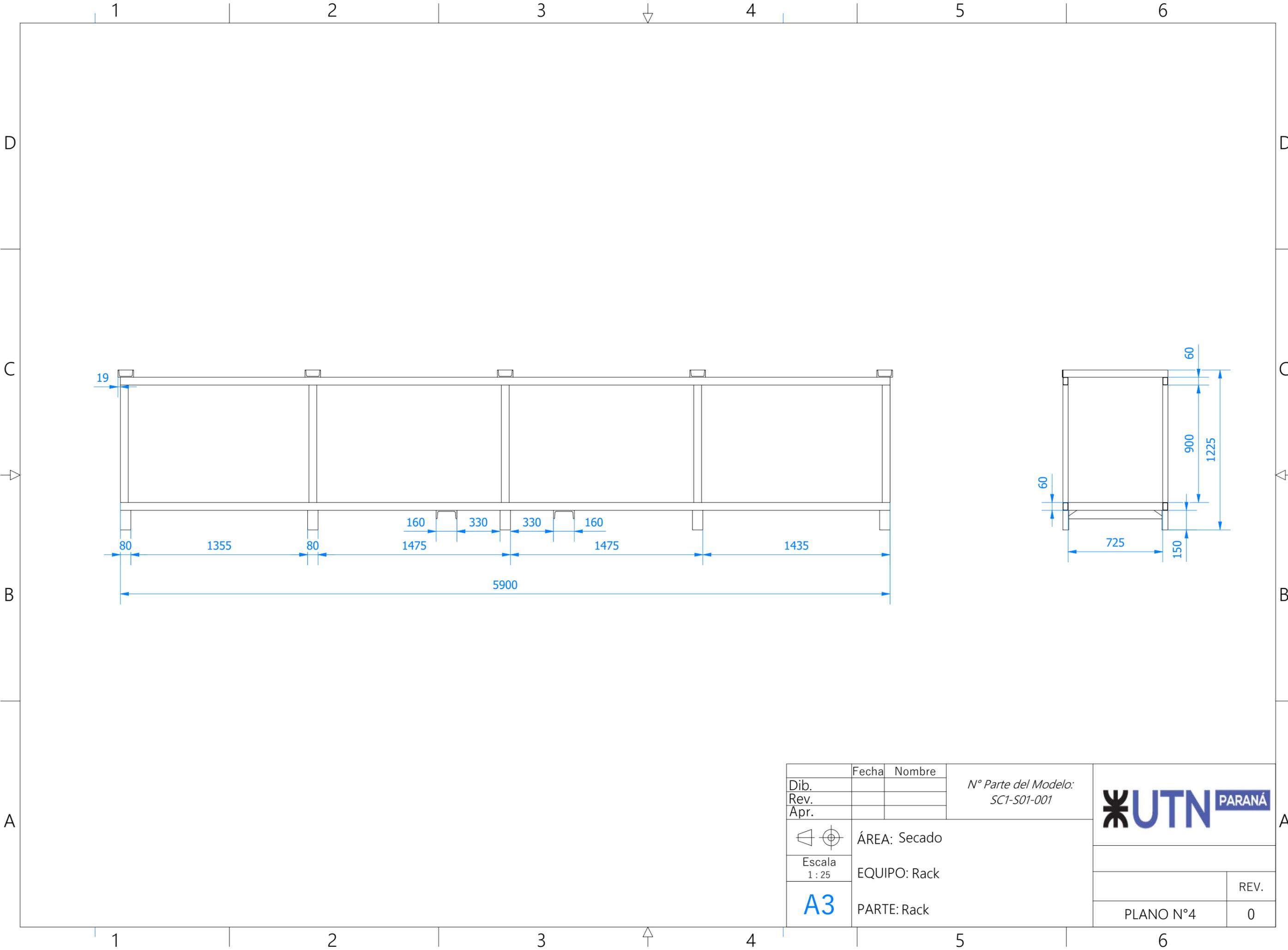


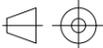
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	N° DE PIEZA	
1	36225,000 mm	Caño estructural 60x40x2.9	
2	1500,000 mm	Perfil UPN 80	
3	1610,000 mm	Perfil UPN 160	
4	5	Placa Esquinas afiladas (mm) 55 x 120 x 5	
6	10	Refuerzo	

	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: SC1-S01-001	
Dib.				
Rev.				
Apr.				
	ÁREA: Tubera			
	EQUIPO: Camara de secado			
	Escala 1 : 15			
A3	PARTE: Rack			REV.
	PLANO N°3			0

FORMATO A3



	Fecha	Nombre	N° Parte del Modelo: SC1-S01-001		
Dib.					
Rev.					
Apr.					
	ÁREA: Secado				
Escala 1 : 25	EQUIPO: Rack				
<b>A3</b>	PARTE: Rack				
				PLANO N°4	REV.
					0