

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS PARA
LA AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE
LA PLANTA DE LIMPIEZA Y SECAMIENTO DE GRANOS “LA
FAZENDA” (2300 a 4900 Ton).**

SERGIO ANDRÉS CABALLERO MARTÍNEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2008

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS PARA
LA AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE
LA PLANTA DE LIMPIEZA Y SECAMIENTO DE GRANOS “LA
FAZENDA” (2300 a 4900 Ton).**

SERGIO ANDRÉS CABALLERO MARTÍNEZ

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Mecánico**

**Director
PEDRO JOSE DÍAZ
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA
2008**

DEDICATORIAS

*Dedicado principalmente a mi familia,
pero no quiero olvidar a todos ellos que
dejaron de ser compañeros para ser amigos.*

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su agradecimiento a:

Pedro José Díaz, ingeniero mecánico, por su ayuda en el proyecto.

Enrique Plata Vanegas, por la oportunidad laboral.

La familia METALTECO, por los que me he desarrollado profesionalmente y por su colaboración con el proyecto.

ALIAR S.A. y al personal de planta de “La Fazenda”, por su hospitalidad durante los trabajos de montaje.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	1
1. GENERALIDADES	4
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO	6
1.2.1 Objetivo general	6
1.2.2 Objetivos específicos	6
2. PROCESO INICIAL EN LA EMPRESA	7
2.1 DESCRIPCIÓN	7
2.2 GENERACIÓN DEL PROBLEMA	13
2.3 SOLUCIÓN PRESENTADA	13
3. ALMACENAMIENTO DE GRANOS	15
3.1 PROBLEMAS DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS	16
3.1.1 La humedad	16
3.1.2 El calor.	16
3.1.3 Los insectos.	17
3.1.4 Los roedores.	17
3.2 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	18
3.2.1 Almacenamiento con sacos en bodegas	18
3.2.2 Almacenamiento en bodegas graneleras	21
3.2.3 Almacenamiento en silos	22
4. SILOS METALICOS	27
4.1 CUBIERTA O TECHO	29

4.2	CUERPO CILINDRICO	30
4.3	ESTRUCTURA DE SOPORTE	33
4.4	TOLVA DE DESCARGA	34
4.5	SISTEMA DE TERMOMETRIA.....	37
4.6	SISTEMA DE AIREACIÓN.....	39
5.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO	43
5.1	IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.	43
5.2	REQUISITOS Y DELIMITACIONES.	44
5.3	GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE IDEAS.....	45
5.3.1	Silos de almacenamiento.	45
5.3.2	Silos de trabajo.....	52
5.3.3	Silo de carga a granel.....	58
5.4	EVALUACIÓN Y ANÁLISIS PRELIMINAR.....	61
5.4.1	Evaluación y análisis preliminar silos de almacenamiento	64
5.4.2	Evaluación y análisis preliminar silos de trabajo	67
5.4.3	Evaluación y análisis preliminar silo de granel	71
6.	REFINACION DEL DISEÑO	75
6.1	DIAGRAMA DE FLUJO SILOS DE TRABAJO.....	75
6.2	DIAGRAMA DE FLUJO SILOS DE ALMACENAMIENTO.....	77
7.	SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE	79
7.1	EQUIPOS DE TRANSPORTE HORIZONTAL	79
7.1.1	Transportador De Cadena.....	80
7.1.2	Transportador de tornillo o sinfín.....	83
7.1.3	Transportadores de banda	87
7.2	EQUIPOS DE TRANSPORTE VERTICAL.....	89
7.2.1	Elevadores de cangilones	89
7.2.2	Sistemas de transporte neumático.....	92
7.3	EQUIPOS SELECCIONADOS.....	95
8.	DISEÑO Y FABRICACION	101
8.1	PASARELAS Y SOPORTES	103

8.1.1	Pasarela silos de trabajo	105
8.1.2	Soportes pasarela silos de trabajo	110
8.1.3	Pasarela Silos De Almacenamiento	114
8.1.4	Soportes Pasarela De Almacenamiento.....	120
8.2	EQUIPOS DE TRANSPORTE HORIZONTAL	123
8.2.1	Transportador De Cadena TC-01 (Transportador De Alimentación Silos De Trabajo).....	132
8.2.2	Transportador De Cadena TC-02 (Descargue Silos De Trabajo)...	140
8.2.3	Transportador De Cadena TC-03 (Alimentación Silos De Almacenamiento).....	146
8.2.4	Transportadores Sinfines Descarga Silos	149
8.2.5	Transportador De Cadena TC-04 (Transportador De Recibo Sinfines De Descarga Silos).....	158
8.3	EQUIPOS DE TRANSPORTE VERTICAL.....	162
9.	PROCEDIMIENTO DE FABRICACION Y MONTAJE.....	180
9.1	FABRICACION DE LOS EQUIPOS NACIONALES	181
9.2	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA.....	190
9.2.1	Despacho	192
9.2.2	Silos de almacenamiento	194
9.2.3	Elevador de cangilones EL-05 y alargue EL-04	198
9.2.4	Silos de trabajo.....	201
9.2.5	Transportador de descarga TC-02	206
9.2.6	Pasarela silos de trabajo y transportador TC-01	209
9.2.7	Pasarela y transportador de carga TC-03	212
9.2.8	Sinfines de descarga y barredores, sistemas de ventilación	215
9.2.9	Transportador de descarga TC-04	221
9.2.10	Acoples transportadores TC-00, TC-04 y sinfines de descarga 1 y 2 con elevadores EL- 04 y EL- 05.....	223
9.2.11	Silo de despacho a granel	225
9.2.12	Tubería de descarga elevadores.....	228

9.2.13	Trabajos finales	232
9.2.14	Puesta en marcha	233
10.	COSTOS DEL PROYECTO	245
11.	CONCLUSIONES	253
	BIBLIOGRAFIA.....	255
	ANEXOS.....	257

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Disposición inicial planta “LA FAZENDA”	5
Figura 2. Bascula camionera	7
Figura 3. Sección de recibo	8
Figura 4. Corte transversal tolva de recibo	9
Figura 5. Limpiadora de cereales doble, ciclón, ventilador y esclusa.	10
Figura 6. Torre de secamiento y silos de trabajo.....	11
Figura 7. Silos de almacenamiento y trabajo	12
Figura 8. Almacenamiento con sacos en bodegas	19
Figura 9. Almacenamiento en bodegas graneleras	21
Figura 10. Silos de concreto	23
Figura 11. Silos metálicos	25
Figura 12. Silo tolva metálico.....	28
Figura 13. Cubierta o techo de un silo	29
Figura 14. Cuerpo cilíndrico.....	31
Figura 15. Anillo de láminas cilindradas.....	32
Figura 16. Detalle zapatas, stiffeners y empalmes.....	33
Figura 17. Estructura de soportación	34
Figura 18. Cono de descarga	35
Figura 19. Despiece cono.....	36
Figura 20. Disposición inicial de los silos de almacenamiento	47
Figura 21. Silos en arreglo cuadrado de 1100 Ton c/u.	48
Figura 22. Arreglo lineal con silos de 1100 toneladas.....	50
Figura 23. Arreglo lineal con silo de 2200 toneladas.....	52

Figura 24. Disposición inicial silos de trabajo.	53
Figura 25. Silos de trabajo en arreglo cuadrado	55
Figura 26. Silos en arreglo lineal	57
Figura 27. Despacho inicial a granel	58
Figura 28. Vista en planta ubicación despacho a granel.....	60
Figura 29. Diagrama de flujo del despacho a granel propuesto.....	61
Figura 30. Disposición final alzada silos de almacenamiento	66
Figura 31. Disposición final alzada silos de trabajo.	70
Figura 32. Ubicación estructura del silo de despacho a granel.....	73
Figura 33. Silo y estructura de despacho a granel	74
Figura 34. Diagrama de flujo silos de trabajo.....	76
Figura 35. Diagrama de flujo silos de almacenamiento.....	78
Figura 36. Cabezote transportador de cadena	80
Figura 37. Transportador de cadena	81
Figura 38. Transportador de rosca.....	85
Figura 39. Transportadores de banda tipo plano y en “V”	87
Figura 40. Cangilones y banda de elevador	90
Figura 41. Descarga elevador de cangilones	91
Figura 42. Ventilador centrífugo	93
Figura 43. Ciclón y filtro de mangas	94
Figura 44. Esclusa rotativa.....	94
Figura 45. Diagrama de flujo transporte neumático	95
Figura 46. Fosos sinfín descarga silos y sistema de ventilación	97
Figura 47. Sin fin descarga silos	98
Figura 48. Disposición final equipos de transporte silos de trabajo.....	99
Figura 49. Disposición equipos de transporte silos de almacenamiento	100
Figura 50. Pasarela tipo celosía tramo estándar de 6.0 m.....	104
Figura 51. Dimensiones transversales pasarela	104
Figura 52. Distribución de cargas pasarela silos de trabajo.....	106
Figura 53. Apoyos pasarela silos de trabajo	106

Figura 54. Deformación de la pasarela de los silos de trabajo	107
Figura 55. Análisis de esfuerzos pasarela silos de trabajo.....	107
Figura 56. Pasarela silos de trabajo reforzada	108
Figura 57. Análisis de esfuerzos pasarela silos de trabajo con refuerzos ..	108
Figura 58. Diseño final pasarela silos de trabajo.	110
Figura 59. Acople estructura de soporte a silos	111
Figura 60. Soporte pasarela silos de trabajo.....	113
Figura 61. Estado de cargas plataforma de acceso silos de almacenamiento	114
Figura 62. Distribución de cargas pasarela silos de almacenamiento.....	115
Figura 63. Soportes pasarela silos de almacenamiento.....	116
Figura 64. Análisis de esfuerzos pasarela silos de almacenamiento.....	117
Figura 65. Análisis de esfuerzos pasarela silos de almacenamiento.....	118
Figura 66. Análisis de esfuerzos pasarela silos de almacenamiento.....	118
Figura 67. Estructura de soportación con riostra	120
Figura 68. Diagrama de cargas estructura de soportación.....	121
Figura 69. Estado de cargas del punto crítico columna doble	122
Figura 70. Corte transversal transportador de cadena.....	124
Figura 71. Tipos de soporte intermedio para transportadores de cadena...	127
Figura 72. Sistema volteador	128
Figura 73. Rasera manual de piñón y cremallera.....	130
Figura 74. Transición de descarga para transportador	131
Figura 75. Vista en planta puntos de descargue TC-01	133
Figura 76. Salida EL-03 inicial.....	134
Figura 77. Alimentación del TC-01 desde el EL-02	134
Figura 78. Instalación caja de cambio salida EL-03.....	135
Figura 79. Transición de entrada para transportador TC-01	136
Figura 80. Recorrido del producto transportador TC-01	136
Figura 81. Regulador de carga para transportador de cadena	141

Figura 82. Corte tolva de alimentación lateral y rasera de descarga transportador de cadena.....	142
Figura 83. Descarga intermedia para el transportador TC-02.....	143
Figura 84. Diseño del recorrido y soporte intermedio TC-02.....	143
Figura 85. Plano de fabricación transportadores TC-01 y TC-02.....	145
Figura 86. Llenado de silos.....	146
Figura 87. Diseño del recorrido del producto para el transportador TC-03	147
Figura 89. Detalle boca de carga transportador de descarga silos.....	151
Figura 90. Vista en planta bocas de cargue y descargue sinfines de descarga de los silos de almacenamiento 3 y 4.....	152
Figura 91. Curvas de selección de poleas de transmisión.....	155
Figura 92. Plano de fabricación transportador sinfín descarga silos.	157
Figura 93. Vista en planta TC-04.....	158
Figura 94. Tolva de cargue TC-4.....	159
Figura 95. Plano de fabricación transportadores TC-03 y TC-04.....	161
Figura 96. Dimensiones generales de los cangilones.....	162
Figura 97. Elevador inicial EL-04.....	165
Figura 98. Disposición final foso #3.....	166
Figura 99. Cargue elevadores EL-04 y EL-05.....	167
Figura 100. Caja de cambio doble alimentación elevadores.....	168
Figura 101. Tolva de carga modificada para elevador.....	168
Figura 102. Diagrama de flujo salidas elevadores EL-04 y EL-05.....	169
Figura 103. Cajas de cambio salida elevadores 4 y 5.....	170
Figura 104. Montaje cajas de cambio salida elevadores.....	171
Figura 105. Corte transversal freno de descarga final.....	172
Figura 106. Altura final elevador EL-04.....	173
Figura 107. Tubería y templetes.	174
Figura 108. Fabricación pasarelas de mantenimiento.....	181
Figura 109. Pasarelas de mantenimiento y marcos de soporte transportadores.....	182

Figura 110. Fabricación piernas elevador.....	183
Figura 111. Elaboración polea de tracción elevador de cangilones.....	184
Figura 112. Fabricación cabezote superior elevador de cangilones.....	185
Figura 113. Fabricación cabezote base elevador de cangilones	185
Figura 114. Cabezotes transportadores.....	186
Figura 115. Fabricación boca de carga lateral y sección TC-03	187
Figura 116. Aplicación pintura de acabado secciones de transportador	188
Figura 117. Extensión rosca sinfín de descarga silos	189
Figura 118. Freno salida elevador	190
Figura 119. Cargue cabezote elevador de cangilones.....	192
Figura 120. Cargue cadena de arrastre transportador de cadena.....	193
Figura 121. Montaje techo y primer anillo.....	194
Figura 122. Alzada primer anillo	195
Figura 123. Instalación soportes y pasarela.....	196
Figura 124. Instalación laminas	197
Figura 125. Erección silos de almacenamiento.....	198
Figura 126. Desmontaje tubería.....	199
Figura 127. Montaje cangilones alargue elevador EL-04.....	200
Figura 128. Montaje cabezotes elevadores.....	201
Figura 129. Obra civil silo de trabajo	201
Figura 130. Techos y primer anillo silos de trabajo.....	202
Figura 131. Elevación e instalación de las columnas del primer silo de trabajo.....	203
Figura 132. Ubicación postes para alzada del segundo silo de trabajo.....	204
Figura 133. Silos de trabajo sin cono.....	205
Figura 134. Montaje silos de trabajo finalizado	205
Figura 135. Montaje TC-02 acoples elevadores.....	206
Figura 136. Montaje TC-02.....	207
Figura 137. Montaje TC-02, acople silos	208
Figura 138. Tolvas de acople de los silos de trabajo al TC-01	209

Figura 139. Montaje TC-01.....	210
Figura 140. Montaje ductos de descarga TC-01	211
Figura 141. Conexión elevador EL-03 - secadora	212
Figura 142. Montaje transportador TC-03	213
Figura 143. Arandelas de alineación (calzas) para transportador	214
Figura 144. Transportador de cadena TC-03	215
Figura 145. Montaje sinfín de descarga silos	216
Figura 146. Anclaje sinfín de descarga.....	217
Figura 147. Ensamble sinfín barredor	218
Figura 148. Ensamble sinfín barredor boca de entrada	218
Figura 149. Montaje motor y transmisión sinfín barredor	219
Figura 150. Instalación ventiladores sistema de ventilación	220
Figura 151. Ventiladores sistema de ventilación	220
Figura 152. Instalación tolvas de carga TC-04	221
Figura 153. Acople sinfín de descarga – TC-04.....	222
Figura 154. Transportador TC-04 instalado	222
Figura 155. Foso elevadores EL-04 y 05	223
Figura 156. Acople sinfines de descarga a elevadores EL-04 y 05	224
Figura 157. Acople transportadores TC-00 y 04 a elevadores EL-04 y 05....	225
Figura 158. Instalación postes de alzada para silo a granel	226
Figura 159. Soporte para postes de alzada silo de granel	226
Figura 160. Alzada primer anillo silo a granel	227
Figura 161. Instalación soportes silo de granel	227
Figura 162. Instalación cono de descarga silo a granel	228
Figura 163. Instalación cajas de cambio salida elevadores	229
Figura 164. Montaje tubería de carga silo a granel	230
Figura 165. Ducto de carga silo a granel	230
Figura 166. Tuberías de descarga elevadores 4 y 5.....	231
Figura 167. Montaje final	232
Figura 168. Montaje final silos de almacenamiento y granel	233

Figura 169. La fazenda	234
Figura 170. Revisión de los transportadores	235
Figura 171. Revisión de tensiones en cadenas de transmisión	236
Figura 172. Chequeo banda y cangilones EL-05.....	237
Figura 173. Arranque sistema de ventilación silos de trabajo.....	237
Figura 174. Arranque en vacío EL-05	238
Figura 175. Arranque en vacío transportador de cadena TC-01	239
Figura 176. Arranque con 50% de carga transportador de cadena TC-02 ...	239
Figura 177. Arranque con carga 100% transportador de cadena TC-04	240
Figura 178. Bloqueo Elevador EL-05.....	241
Figura 179. Descargue del producto del elevador EL-05	242
Figura 180. Silo #4 almacenamiento de soya	244

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Propiedades del maíz y la soya según su porcentaje de humedad.	63
Tabla 2. Tabla de selección de silos de fondo plano	65
Tabla 3. Selección de silos tolva.....	69
Tabla 4. Capacidades teóricas de transportadores sinfines a 100% de llenado ...	86
Tabla 5. Equipos y herramienta para fabricación y ensamble	101
Tabla 6. Distribución de cargas sobre pasarelas	105
Tabla 7. Reacciones soportes pasarela silos de almacenamiento.....	109
Tabla 8. Reacciones soportes pasarela silos de almacenamiento.....	119
Tabla 9. Estado de esfuerzos para perfiles ACESCO.....	123
Tabla 10. Tabla de selección de transportadores de cadena	125
Tabla 11. Selección motorreductor 3.0 HP	138
Tabla 12. Selección de piñonearía tamaño 80.....	139
Tabla 13. Factor de potencia para transmisiones por piñón y cadena.....	140
Tabla 14. Selección de motorreductores 4.0 HP.....	148
Tabla 15. Capacidades y consumos transportadores sinfín	150
Tabla 16. Tabla de selección de motores SIEMENS a 1200 Rpm.....	153
Tabla 17. Factores de servicio para transmisiones por banda y polea.	154
Tabla 18. Mínimo diámetro recomendado para poleas acanaladas.....	155
Tabla 19. Selección elevadores de cangilones METALTECO	163
Tabla 20. Tabla de selección de motorreductores 10 HP	176
Tabla 21. Selección de bandas ICOBANDAS.....	178
Tabla 22. Herramienta de montaje.....	191
Tabla 23. Consumos de corriente en arranque y puesta en marcha	243

Tabla 24. Costos equipos nacionales	245
Tabla 25. Costos equipos importados.....	248
Tabla 26. Costos transporte territorio nacional	252
Tabla 27. Resumen de costos	252

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Planos obras civiles	257
Anexo B. Cronograma del proyecto.....	260
Anexo C. Planos de fabricación y montaje de los equipos y accesorios para la ampliación de la planta de almacenamiento	264

RESUMEN

TÍTULO:

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS PARA LA AMPLIACION DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA PLANTA DE LIMPIEZA Y SECAMIENTO DE GRANOS “LA FAZENDA”. *

AUTOR:

Sergio Andrés Caballero Martínez. **

PALABRAS CLAVES:

Sistema de transporte, Almacenamiento de granos, Silos galvanizados, transportadores de cadena, elevadores de cangilones.

DESCRIPCIÓN:

Este proyecto se realizó con el propósito de permitir el almacenamiento seguro del total del grano cosechado, maíz y frijol soya, en la planta de limpieza, secamiento y almacenamiento de la hacienda “La Fazenda” ubicada en Puerto Gaitán Meta, Colombia, una vez que sus áreas de cultivo se hubieran incrementado.

El proyecto diseñado, construido e instalado consta de dos secciones claramente definidas, siendo ellas el transporte y el almacenamiento. El transporte de granos estuvo a cargo de equipos confiables de manufactura nacional, fabricados por la empresa METALTECO LTDA, de tipo transportadores de cadena, transportadores sinfín y elevadores de cangilones, seleccionados por el buen manejo que les pueden suministrar al producto, mientras que el almacenamiento se realizó utilizando silos metálicos galvanizados importados, de los fabricantes norteamericanos SCAFCO GRAIN SYSTEMS, los cuales debieron contar con sistemas de ventilación y termometría necesarios para la buena preservación del grano almacenado.

Durante su paso por la planta, el grano debe pasar por tres tipos de almacenamiento según el proceso que se este llevando a cabo, secado, almacenamiento o despacho, cada uno de estos almacenamientos debe cumplir con diferentes requisitos de capacidad y funcionamiento, por lo que tuvieron que ser instalados silos de fondos cónicos y planos de diferentes diámetros y alturas, que satisficieran las necesidades de cada uno estos procesos. La distribución de los silos y de los equipos de transporte dentro de la planta se realizó pensando en permitir la posibilidad de futuras ampliaciones.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director. Pedro Jose Diaz

SUMMARY

TITLE:

DESIGN, CONSTRUCTION AND INSTALLATION OF THE EQUIPMENT TO THE EXTENSION OF THE STORAGE CAPACITY OF THE GRAIN CLEANING AND DRYNG PLANT "LA FAZENDA"**

AUTHOR:

Sergio Andres Caballero Martinez.**

KEY WORDS:

Grain transport system, grain storage, galvanized bins, chain conveyors, bucket elevators.

DESCRIPTION:

This project was made in order to allow the safe storage of the total of the harvested grain, maize and soy bean, in the plant of cleaning, drying and storage of the property "La Fazenda" in Puerto Gaitan, Meta, Colombia once their areas of culture had been increased.

The designed, constructed and installed project consists of two sections defined clearly, being they the transport and the storage. The grain transport was in charge of reliable equipment of national manufacture, made by the company METALTECO LTDA., like chain conveyors, screw conveyor and bucket elevators, selected by the good handling that they can provide to the product, while the storage was made using imported galvanized metallic bins from USA, made for SCAFCO GRAIN SYSTEMS, which had to count with ventilation and thermometry systems, necessary for the good preservation of the stored grain. During its passage by the plant, the grain must happen through three types of storage according to the process that this being carried out, drying, storage or dispatched, each one of these storage must fulfill different requirements of capacity and operation, reason why they had to be installed hopper and flat bottoms silos of different diameters and heights, to satisfied the necessities with each one. The distribution of the silos and the transport equipment within the plant was made thinking about to allow the possibility of expansions in the future.

*Final Degree

** School of Physical-Mechanical Engineering. Department of Mecanics. Dr. Pedro Jose Diaz

INTRODUCCIÓN

La preservación y conservación de las cosechas representan hoy en día una cuestión vital. Toda la reserva debe ser cuidadosamente beneficiada y conservada durante el almacenamiento para que no se altere su valor nutritivo. Por lo tanto, el propósito del almacenamiento es preservar la calidad de los productos agrícolas después de su cosecha, limpieza y secado.

La producción de granos es discontinua y periódica mientras que su consumo es permanente y no se interrumpe. Para conciliar estos dos aspectos es necesario almacenar la producción agrícola para atender la demanda que se presenta durante el periodo entre cosechas. Como raramente es posible consumir de inmediato toda la producción, si el agricultor la almacena podrá consumirla poco a poco o venderla con posterioridad en la época más oportuna, evitando así las presiones del mercado que se presentan durante la época de la cosecha.

Por ser organismos vivos, los granos requieren cuidados especiales para que sus cualidades se preserven durante el almacenamiento. El deterioro del grano no se puede evitar completamente, ya que por ser un organismo vivo respira como cualquier otro, consumiendo sus reservas y produciendo energía. El uso de técnicas adecuadas de producción, cosecha, secado, beneficio, almacenaje y manejo minimizan el deterioro.

El contenido de humedad, la temperatura, los hongos, los insectos, las impurezas presentes en la masa de granos, los daños físicos y los roedores son factores que influyen en su conservación durante el almacenamiento. De estos factores, los principales que influyen en el deterioro de los granos son la temperatura y el contenido de humedad. En general, mientras más seco y frío se conserva el grano

durante el almacenamiento, mayor será el periodo que permanecerá en buenas condiciones.

El tiempo de almacenamiento y la conservación de su calidad están estrechamente correlacionados con el contenido de humedad y la temperatura de la masa de granos. Cada producto debe tener un contenido de humedad adecuado para que pueda ser almacenado con seguridad.

Entre los sistemas de almacenamiento disponibles existen varias opciones, algunas a nivel rural y otras para almacenar mayores volúmenes de granos. La elección del mejor sistema depende de:

- El tipo de producto
- Los métodos de manejo (granos ensacados o a granel)
- Las instalaciones que ya existen
- El costo y de la disponibilidad financiera
- La mano de obra disponible, y
- La cantidad de grano que se quiera almacenar.

En este proyecto se describe la ampliación de un sistema de almacenamiento mecanizado de 40 toneladas/hora de granos a granel (fríjol-solla y maíz), con el propósito de llegar a acopiar 4900 toneladas de producto.

El sistema de almacenamiento está constituido, además de por los silos de almacenamiento, por equipos de transporte, de elevación, de ventilación y de termometría.

Conjuntamente como uno de los objetivos del trabajo de grado, se presentará una animación que vincula videos fotos y esquemas de lo que implica la instalación de un silo de almacenamiento metálico, sus partes, su correcto uso y mantenimiento.

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

ALIAR S.A. es una empresa con su parte administrativa ubicada en Floridablanca dedicada a la inversión en la explotación comercialización, compraventa, importación y exportación de productos, subproductos, insumos o materiales corporales e incorporales de y para la industria agrícola, ganadera y pecuaria. Cuenta con una planta de limpieza secamiento y almacenamiento de maíz y solla de 40 Ton/Hr situada en el municipio de Puerto Gaitán en el departamento del Meta, llamada “La FAZENDA”, la cual fue diseñada, construida y montada en el año 2003 en uno de mis proyectos asignados como gestor de proyectos en la firma METALTECO LTDA y con la cual se desarrolló el proyecto de ampliación.

METALTECO LTDA es una empresa mercantil con veinte años de experiencia, en cuyo objeto social se consagra, entre otros, a la fabricación y venta de maquinas y equipos para la industria de alimentos balanceados para animales y de plantas de extracción de aceite de palma.

La empresa ALIAR S.A. en vista de la prosperidad del negocio y de la zona, decidió, que como oportunidad de crecimiento y pensando en la porcicultura y la avicultura, que “LA FAZENDA” debe dejar de ser solo un campo de cultivo y pasar a ser pionero en la zona y formar una granja autosuficiente, donde se produzca el propio alimento de aves y cerdos.

Este proyecto genera la necesidad del montaje de una pequeña planta de alimento balanceado, además del incremento de la zona de plantación, lo que a su vez crea la necesidad de incrementar las 2200 toneladas de grano seco de capacidad de almacenamiento actual.

El reto no solo es producir más, sino evitar las pérdidas después de la temporada de cosecha, encontrando una manera eficiente y económicamente viable de acopio para ambos productos.

Figura 1. Disposición inicial planta “LA FAZENDA”



1.2 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.2.1 Objetivo general. Contribuir en la solución de los problemas de la industria y la sociedad en general, así como a la formación y experiencia en el campo ingenieril del estudiante, mediante el desarrollo de la parte metalmecánica del proyecto de ampliación de la capacidad de almacenamiento de la planta de granos “LAFAZENDA”, suministrando equipos de acorde a las especificaciones de calidad y funcionalidad requeridos.

1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Diseñar el sistema de transporte vertical y horizontal, necesario para la correcta instalación y funcionamiento de los silos de almacenamiento metálicos.
- ✓ Realizar la selección y/o el diseño de las estructuras y equipos para manejo de frijol soya y maíz, requeridos para el desarrollo del proyecto.
- ✓ Desarrollar los planos de fabricación y montaje, usando el software licenciado por METALTECO (AUTOCAD) y el licenciado por la universidad (SOLID WORKS).
- ✓ Realizar las pruebas y puesta en marcha de los equipos instalados y dado el caso realizar las correcciones necesarias.
- ✓ Desarrollar un material con fines didácticos que incluya videos, animaciones y fotos en el que se ilustre el proceso de montaje y funcionamiento de silos de almacenamiento metálicos.

2. PROCESO INICIAL EN LA EMPRESA

2.1 DESCRIPCIÓN

La planta de “LA FAZENDA” consta de un sistema de pesaje, de recibo, un sistema de limpieza, un sistema de secamiento y un sistema de almacenamiento y despacho de granos, diseñada para manejar 40 toneladas hora de maíz o fríjol-soya.

Todo el proceso dentro de la planta comienza con una báscula camionera donde son pesados los vehículos de carga a su entrada y salida, esto para llevar el control del producto que se almacena o despacha, pero que en si no hace parte del proceso como tal de la planta y solo sirve de registro para el inventario de materia prima.

Figura 2. Báscula camionera



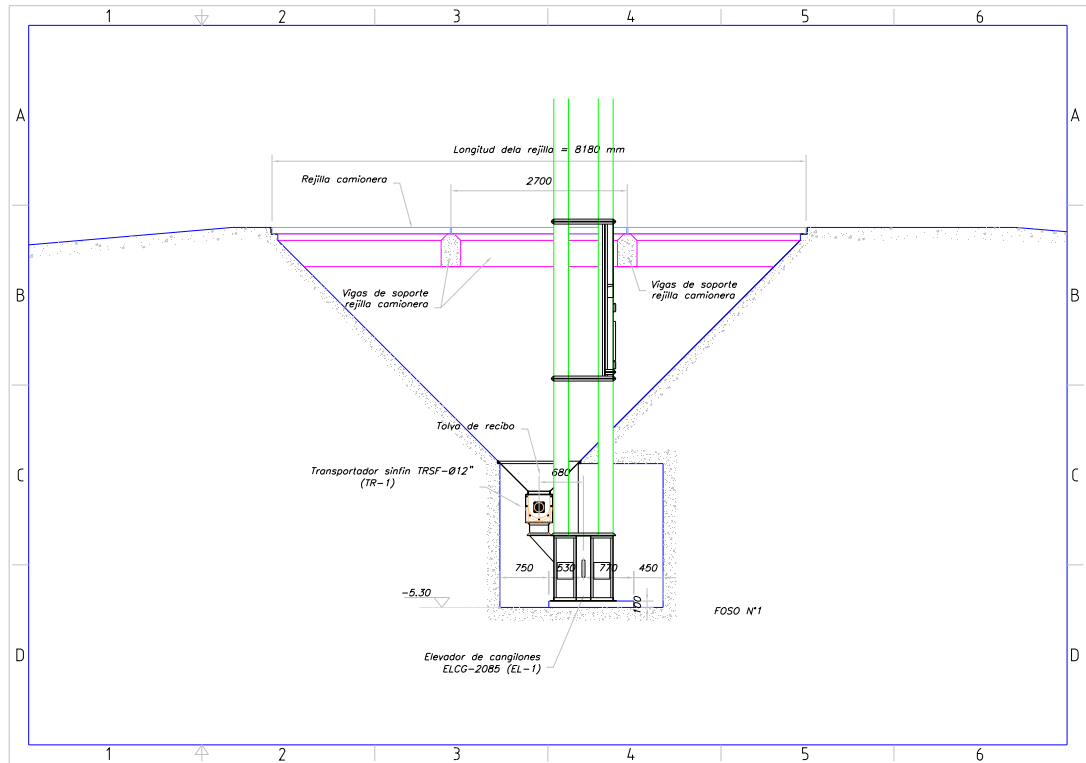
El proceso propiamente se inicia en la sección de recibo, que esta constituida por una tolva subterránea en concreto con una capacidad de 40 toneladas, la cual se desocupa por medio de un sinfín de paso variable de doce pulgadas de diámetro, que lo transporta hasta el elevador de cangilones que alimenta a la sección de limpieza.

Figura 3. Sección de recibo



Luego, la sección de limpieza se encarga de la separación mecánica de las impurezas del producto cosechado, tales como hojas, tallos, tierra, basuras o elementos diferentes al maíz o el fríjol.

Figura 4. Corte transversal tolva de recibo



Aunque el producto recogido es prelimpiado por los mismos equipos de recolección, (combinadas), es necesario en la mayoría de los casos, complementar esta limpieza antes de hacer pasar el grano al proceso de secado. La limpieza esta a cargo de la limpiadora de granos la cual se vale de dos medios de separación, uno es un sistema de zarandas que separa por medio de la selección de tamaños, útil para desechar elementos de grandes dimensiones como piedras, palos, tallos etc. Y el otro es un sistema que hace pasar aire a contracorriente mientras se deja caer el producto para separar los elementos más livianos que los granos, como hojas, pitas, tierra etc. para esto el sistema de limpieza cuenta con un sistema de aspiración de aire conformado por un ventilador centrífugo, encargado de la succión, un ciclón decantador, que separa los sólidos

que arrastra el aire, y una esclusa rotativa para garantizar la hermeticidad de la descarga de sólidos del ciclón.

Figura 5. Limpiadora de cereales doble, ciclón, ventilador y esclusa.



Inmediatamente después de la limpia se debe terminar de preparar el grano para ser almacenado, en general el grano no puede ser almacenado o molido si no ha sido previamente secado a un nivel aceptable. Por consiguiente la importancia del secado es indiscutible. El grano con un alto nivel de humedad es susceptible de enmohecimiento, calentamiento, decoloración y está sujeto a una serie de cambios químicos. Idealmente, la mayor parte del grano debería secarse para que esto sea posible este debe tener un a niveles aceptables dentro de los dos o tres días siguientes a la recolección, dicho porcentaje de humedad debe oscilar entre el 11 y el 14% dependiendo del tipo, contra el 22% de humedad que promedia el grano recién recogido. Para poder extraer dicha humedad se utiliza una secadora

de torre, que almacena baches de 30 toneladas y seca por medio de la aplicación de una corriente forzada de aire caliente a través del grano. La generación de dicha corriente se hace por medio de grandes ventiladores que succionan el aire desde las hornillas quemadoras alimentadas por carbón coque.

Figura 6. Torre de secamiento y silos de trabajo



El último proceso dentro de la planta es el que concierne al proyecto de grado y es el almacenamiento. La primera etapa de la planta “LA FAZENDA” se diseñó como ya se ha mencionado con 2200 toneladas de capacidad de almacenamiento, para lo que se dispusieron dos silos de almacenamiento de 1570 m³ y cuatro silos conocidos como “de trabajo”, útiles de dos maneras distintas durante el proceso, el

primero es encargarse de hacer un almacenamiento temporal del grano mientras la secadora, que como se mencionó antes trabaja por baches, termina el actual y carga el siguiente y el segundo se origina debido a que como la planta se concibió pensando que el recibo debe tener una mayor capacidad de manejo que el resto de los equipos, (60 Ton/Hr), para poder aligerar la descarga de los camiones, ya que en ocasiones la capacidad de recolección del grano supera a la del proceso, (40 Ton/Hr), se debe tener un lugar de almacenamiento temporal para no entorpecer el recibo, momento en el que se hacen útiles los silos de trabajo para compensar esta diferencia y poder almacenar el grano mientras se seca y se almacena.

Figura 7. Silos de almacenamiento y trabajo



El transporte horizontal del producto se hace por medio de transportadores tipo sin fin y tipo cadena, dependiendo de su función, mientras que el vertical se hace exclusivamente por medio de elevadores de cangilones.

2.2 GENERACIÓN DEL PROBLEMA

La empresa ALIAR S.A. en vista de la prosperidad del negocio y de la zona, decidió, que como oportunidad de crecimiento y pensando en la porcicultura y la avicultura, que “LA FAZENDA” debe dejar de ser solo un campo de cultivo y pasar a ser pionero en la zona y formar una granja autosuficiente, donde se produzca el propio alimento de aves y cerdos.

El proyecto esta pensado para formar una marranera que con aproximadamente 250 machos y 1100 hembras produzcan 30.000 crías al año, y un galpón de 5.000 hembras y 500 machos. Este proyecto genera la necesidad del montaje de una pequeña planta de alimento balanceado (Que en este momento se encuentra en el proceso de construcción), además del incremento de la zona de plantación, lo que a su vez crea la necesidad de incrementar las 2200 toneladas de grano seco de capacidad de almacenamiento actual. El reto para ALIAR S.A. no solo es producir más, sino evitar las pérdidas después de la temporada de cosecha, encontrando una manera eficiente y económicamente viable de acopio para ambos productos.

2.3 SOLUCIÓN PRESENTADA.

En el caso en curso el incremento de las zonas de cultivo de “LA FAZENDA”, incrementa prácticamente al doble el producto a procesar, una mayor capacidad de almacenamiento permitiría un más fácil manejo del producto cosechado y despachado en los momentos de más alta recolección. Tiempo en el cual si no es incrementado este volumen se podría llegar a utilizar la capacidad total de los silos actuales y tener que detener el proceso de recolección o buscar otro centro de

acopio hasta que se despache lo suficiente como para volver a trabajar de manera continua. En el caso de tiempos prolongados entre envíos podría llegarse a producir problemas con las cosechas, ya que se pueden pasar del tiempo de recolección e incurrir en pérdidas para la empresa tanto de producto como de mano de obra. El aumento en el volumen de recolección genera por lo tanto la necesidad de un aumento en la capacidad de almacenamiento que pueda suplir la diferencia entre la capacidad de producción y la de despacho.

La solución adecuada para resolver la mayoría de las dificultades es el diseño y construcción de un sistema que transporte y almacene el exceso de producto recolectado.

El sistema que se diseñe e implemente debe ser similar al actual, tanto en la clase de equipos como en su capacidad, para que no se presenten posibles problemas en el momento de interactuar y para que no se incremente el stock de repuestos para mantenimiento.

El diseño y construcción de este sistema se desarrollará a lo largo de este libro.

3. ALMACENAMIENTO DE GRANOS

El objetivo del almacenamiento es guardar los granos por un periodo más o menos largo después de su cosecha y secado. Durante el almacenamiento se debe conservar la viabilidad de los granos que serán utilizados como semillas, las calidades requeridas por la molienda e industrialización y las propiedades nutritivas.

Durante el almacenamiento, la calidad del grano no se mejora a lo sumo se mantiene. Un buen almacenamiento no mejora la calidad si éste se dañó en la cosecha o en el secado. Muchas quejas respecto a la mala calidad de los granos no se deben a un almacenamiento inapropiado, sino a una cosecha prematura (alto contenido de humedad), a una operación inadecuada de las cosechadoras (alta velocidad del cilindro), o a un proceso de secado demasiado rápido (alta temperatura de secado).

La principal fuente de pérdidas de calidad y cantidad de los granos durante el almacenamiento son los hongos, insectos y roedores. La respiración puede contribuir, en algunos casos, a la pérdida de materia seca; sin embargo, esta pérdida es mucho menor que la causada por los organismos vivos.

A continuación se presentarán una serie de aspectos que se tienen que tener en cuenta a la hora del almacenamiento de granos, y luego se presentaran las formas mas usualmente utilizadas para su almacenamiento, todo para al final poder tomar la decisión de la forma más adecuada de almacenaje para el proyecto en curso.

3.1 PROBLEMAS DE ALMACENAMIENTO DE GRANOS

Parte de lo que se tiene que saber controlar del proceso de poscosecha es como mantener en condiciones óptimas de consumo el grano que se mantiene en reserva. El sistema de almacenamiento que se aplique tiene que ser capaz de proteger la cosecha de los diferentes ataques a las que esta sometida. Los principales problemas a los que se enfrenta un sistema de almacenamiento son los siguientes:

3.1.1 La humedad. El grano vive y respira, la humedad, hace que el grano respire más, que cambie de color y se fermente. A consecuencia el grano húmedo se calienta y es atacado por hongos. De hecho, todo grano contiene algo de agua, lo cual se llama el porcentaje de humedad. Por lo general, el grano almacenado debe contener 14% de humedad o menos. El cálculo de la humedad se hace por medio de medidores electrónicos, pero también se puede hacer una aproximación de manera más artesanal, cuando la mano puede introducirse fácilmente en un saco de grano. Otra manera de saber es por medio del sonido de los granos, cuando se dejan caer al suelo. Si suena a pisto, entonces el grano está seco. Pero, si el sonido es sordo, entonces el grano todavía contiene mucha humedad. Para solucionar este problema existen dos soluciones; Un reproceso de secado al grano almacenado ó la inyección de aire más seco que pueda absorber parte de la humedad que contiene el grano almacenado.

3.1.2 El calor. Otro factor importante es el calor es decir, la temperatura. Entre mas caliente el grano almacenado, mayor será la multiplicación de insectos y hongos. Por este motivo se deben proteger los almacenes de sol o de las altas temperaturas. Para esto el sistema de almacenamiento debe precisar de un sistema de medición de temperatura y uno de enfriamiento.

3.1.3 Los insectos. Los gorgojos son pequeños insectos que se alimentan de granos almacenados. En el mundo existen numerosos y diferentes tipos de gorgojos. Los gorgojos tienen el siguiente ciclo de vida. Del huevo nace un gusano o larva. La larva crece hasta que se empupa en una especie de cápsula. Después de un tiempo, de la cápsula emerge un adulto. Después del emparejamiento, las hembras ponen huevos. En unos casos ponen los huevos en el campo, y en otros casos las depositan en el granero. Cada hembra pone centenares de huevos, el ciclo de vida es corto y puede haber dos o tres generaciones en un solo año. De esta manera, si se comenzara el año con una sola pareja de gorgojos, al final del año podría haber millones. Y en lugares calientes, proliferan más. Otro insecto que se alimenta de los granos almacenados es la palomilla. En este caso el adulto es una mariposa pequeña, que solamente vive lo suficiente para poner huevos en la superficie del grano, sea en campo o en el silo. La larva que nace del huevo barrena en el grano, y allí se alimenta durante unas 5 semanas. Al cabo de este tiempo, se convierte en pupa, que a su vez, se transforma en un nuevo adulto.

Hay dos maneras principales para resolver el problema de los insectos que se alimentan de los granos almacenados. La primera es evitar la entrada de los insectos. Para tal fin se usan silos metálicos ó bolsas plásticas, que pueden sellarse completamente. La segunda manera es por medio de la aplicación de un insecticida. Hay ciertos productos que son muy eficaces, con tal que se sigan las indicaciones y se tomen las precauciones necesarias.

3.1.4 Los roedores. Las ratas y ratones también se alimentan del grano en el campo y en el almacén. Estos animales se reproducen 6 veces o más por año y pueden tener hasta 8 crías por parto. De esta manera, una mancuerna podría tener una familia de unos 8 mil entre hijos, nietos, tataranietos, etc., si hubiera comida suficiente para todos y si no tuviera enemigos. Además de ser muy prolíferos y comelones, las ratas también causan otros problemas. Arruinan sacos

y otros artículos. Ensucian el grano. También son portadoras de varias enfermedades peligrosas para los seres humanos.

Hay varias maneras para resolver el problema de los ratones y ratas.

En primer lugar se trata de evitar la entrada de dichos animales a la troja. Hay que hacer trojas más seguras y protegidas y eliminar los lugares donde los ratones puedan esconderse, también se pueden usar trampas de resorte, existe también venenos para ratones, que generalmente viene en forma de cebos.

3.2 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

Para el almacenamiento y conservación de grandes volúmenes de granos existen pocas opciones que sean realmente una solución a dicho problema. Si bien unas más efectivas que otras, las diferencias radican principalmente en el tamaño del presupuesto con que se dispone.

3.2.1 Almacenamiento con sacos en bodegas. En Colombia la mayor parte del grano se almacena en sacos, colocados en estibas, formando arrumes en bodegas corrientes. De acuerdo con datos del ministerio de agricultura, el país dispone de aproximadamente 3.5 millones de metros cuadrados de bodegas, en los cuales se podrían almacenar cerca de 6 millones de toneladas de granos. Mientras que en silos metálicos y de concreto la capacidad disponible posiblemente sea suficiente tan solo para 1.5 millones de toneladas. Esto debido a que es la opción que menos capital de inversión necesita.

Figura 8. Almacenamiento con sacos en bodegas



La construcción de estas bodegas es relativamente sencilla aunque se tienen que tener ciertos cuidados, pues no toda bodega es apta para almacenar granos, ni toda bodega apta para almacenaje entre cosechas (3 – 4 meses), puede utilizarse para guardar granos durante periodos mayores. La impermeabilidad del suelo es su principal problema pues al no contar con sistemas de ventilación se tiene que garantizar de alguna manera que dicha humedad no entre en contacto con los bultos. En bodegas donde es deficiente la impermeabilización se puede solucionar el problema con estibas o plataformas de madera de 8 ó 10 centímetros de alto, que aíslen el grano y que permita el paso de aire para remover la humedad. Las paredes deben construirse con materiales que tengan una buena capacidad de absorción de calor, especialmente en zonas donde se presenten cambios notables de temperatura, para que contribuyan a amortiguar los efectos de cambio en la temperatura. Los techos de estas bodegas conforman la mayor parte superficie

expuesta al sol de toda la construcción, para evitar demasiada transferencia de calor, deben construirse con materiales de buenas características de reflejo de la radiación solar.

Las bodegas pueden tener cierto grado de mecanización. Los equipos que mas comúnmente se utilizan en este tipo de almacenamiento son: transportadores de banda para bultos, básculas ensacadoras, estibadores de bultos y tolvas de empaque. También es cierto que puede prescindir de esta y realizarse totalmente de manera manual.

Las ventajas de este método frente a otros se ve mas que todo en el bajo nivel de inversión ya que aun con sistemas de transporte y empaque mecanizados, su grado de inversión puede llegar a ser menor que los demás sistemas. Otra ventaja que tiene este método es la capacidad de almacenar en un mismo sitio muchas variedades de productos, sin temor a contaminación del uno con el otro, además, la bodega en temporadas de bajo nivel de almacenamiento puede prestar alguna otra función.

Las desventajas son de bastante relevancia como para no tenerlas en cuenta:

- Aunque es cierto que es el sistema mas económico de montar, también lo es que la mano obra necesaria es mucho mayor comparada con un sistema totalmente mecanizado.
- Este sistema no ofrece una barrera segura contra los roedores e insectos.
- Se tiene que invertir constantemente en sacos.
- Se necesitan mayores cantidades de área, ya que las pilas de sacos no pueden ser demasiado altas, tanto por facilidades de manejo como por seguridad.
- Difícilmente se puede controlar la humedad y temperatura del grano.

3.2.2 Almacenamiento en bodegas graneleras

Figura 9. Almacenamiento en bodegas graneleras



Estos sistemas son mayormente utilizados en lugares donde congregan grandes volúmenes de producto a almacenar en un corto tiempo.

Con similares características de construcción a las bodegas de almacenamiento por sacos, estas bodegas deben contar con un mayor grado de ingeniería pues en este caso las paredes son las encargadas de soportar la presión del arrume. Estas bodegas si pueden contar con sistemas de ventilación y control de temperatura y están casi obligadas a tener un sistema de cargue y descargue mecanizado.

Dentro de sus cualidades se puede decir que además del máximo aprovechamiento del espacio disponible, tiene la posibilidad de dividirse

interiormente, de tal manera que constituya una verdadera batería de silos de fondo plano, donde se pueden almacenar diferentes tipos de productos.

A pesar de la relativa tecnificación que puede lograrse en una bodega del tipo descrito, debe tenerse mucho cuidado con los granos almacenados, especialmente si se trata de periodos de varios meses. En primer lugar es difícil detectar variaciones en la temperatura, aun si se dispone de sistemas de termopares medidores. Cualquier trasiego que se desee hacer implica un costo grande de manipuleo, por otro lado, el tamaño de la superficie de grano en contacto con el aire y con el suelo es mas grande que en un silo vertical de la misma capacidad y en consecuencia mayor la posibilidad y rapidez de transferencia de humedad al grano.

De igual manera que en los anteriores este sistema no ofrece una barrera segura contra los roedores e insectos, aunque pueden ser controlados por medio de fumigaciones.

3.2.3 Almacenamiento en silos. Cuando los granos que se desee almacenar pueden agruparse en unos pocos tipos y variedades y deben, además, evacuarse con repetida frecuencia, el almacenaje en silos ya sea de concreto o metálicos puede resultar más conveniente y económico.

El manejo en silos y sistemas mecanizados, evita o reduce, las labores de empacado, transporte a la bodega y arrume y cuando se evacua la bodega, el desarrume y acarreo a camiones o a la planta de proceso. Naturalmente este tipo de manejo trae consigo costes de capital, operación, energía y mantenimiento.

El descargue de silos ya sea de fondo plano o cónico, se hace principalmente por medio de la gravedad, por medio de un orificio central, lo que la hace la manera más económica de hacerlo.

Con silos es posible detectar rápidamente infestaciones de insectos y fumigar en forma más oportuna y eficaz. El ambiente hermético del silo permite aplicar el fumigante en todo su volumen y conseguir así un mejor control de totalidad de los insectos. Por último entre las ventajas técnicas de los silos, debe recordarse que el grano dentro de los mismos no tiene contacto con el aire ambiente, de tal manera que no pierde o gana humedad por transferencias con aire ambiente.

Silos de concreto

Figura 10. Silos de concreto



Fuente: WIKIPEDIA. Silos. [on line]. Colombia, 2002 [citado en Septiembre de 2007] Disponible en Internet:
<http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Port_Giles_silos.jpg>

Los silos de almacenamiento de concreto tienen las mismas y hasta mejores cualidades que los metálicos en cuanto a almacenamiento se refieren. Generalmente son utilizados para grandes volúmenes de almacenamiento en las grandes empresas o centros de almacenamiento dedicados a las reservas nacionales

Debido a sus reforzadas paredes de concreto, son los sistemas con más capacidad, pues con el mismo diámetro se pueden hacer estructuras mucho más altas, además, son los más herméticos de los sistemas ya presentados y por lo tanto no necesita sistemas de impermeabilización, puesto que sus paredes presentan una barrera impenetrable para roedores e insectos incluso para la humedad y son capaces de mantener una atmósfera interna empobrecida de oxígeno para evitar o al menos retardar mucho más tiempo la germinación de insectos y hongos. La vida útil es generalmente mayor y sus costos de mantenimiento inferiores.

Dentro de las pocas desventajas que presentan estos silos esta su altísimo costo, sus prolongados tiempos de fabricación y que la porosidad de sus paredes pueden llegar a presentar cabida a la crianza de hongos e insectos. Otro de sus problemas es que el concreto no es un material completamente inerte; tiende a fluir bajo carga y puede moverse como resultados de asentamientos de cimentación.

Silos metálicos. Existen de fondo plano o de fondo cónico, se construyen para una amplia variedad de capacidades. Su costo de instalación es normalmente menor que el de los silos de concreto de la misma capacidad y por esto se prefieren para la construcción de plantas pequeñas, tienen la posibilidad de desinstalarse, trasladarse y reinstalarse en otro sitio si es necesario, mientras los de concreto se utilizan en las grandes plantas terminales o portuarias.

La lámina metálica galvanizada corrugada es el material de construcción mas utilizado. La corrugación se hace principalmente para aumentar su rigidez a los esfuerzos horizontales introducidos por el viento cuando el silo esta vacío.

Figura 11. Silos metálicos



Fuente: SCAFCO GRAIN SYSTEM COMPANY. Silos comerciales. [on line]. Colombia, 2002 [citado en Septiembre de 2007] Disponible en Internet:
<<http://www.scafc.com/spanish/grain/stiffened.html>>

En general los silos permiten almacenamiento seguros en tiempos prolongados, su fácil manejo y la economía frente a los de concreto los hacen la mejor opción para plantas como la que actualmente se encuentra en periodo de ampliación y aunque si tienen la desventaja de posibles goteras o humedades si los sellos entre las láminas no fueron colocados correctamente, estas son fácilmente corregibles.

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas descritos, se ve claramente que la mejor opción para el almacenamiento de granos para empresas medianas o pequeñas, es la adquisición de silos metálicos. Descartando el bodegaje por bultos por su ineficiencia y poca capacidad, el

bodegaje a granel por su complicado sistema de cargue y descargue y a los silos de almacenamiento por su altísimo costo de fabricaron y por que no son volúmenes que lo ameriten. Por estas razones y por los buenos resultados que se obtuvieron con la primera etapa de la planta donde se instalaron 2200 toneladas de almacenamiento, se desarrollará el proyecto de instalar nuevos silos para aumentar su volumen de reservas de almacenamiento.

Haciendo énfasis en estos silos, en el capítulo siguiente se presentará una descripción detallada de las principales partes de un silo metálico y su respectiva función.

4. SILOS METÁLICOS

En este capítulo se realizará una breve descripción de las principales partes de un silo metálico con sus respectivos componentes, indicando sus funciones y el material con que normalmente está fabricado.

Un silo comercial está dividido en secciones claramente definidas, debido a que normalmente un silo de almacenamiento es una estructura de grandes proporciones, estas secciones a su vez, están compuestas por piezas de dimensiones manipulables, para así facilitar su transporte y ensamble.

En la figura 12 se puede apreciar un silo de fondo cónico típico siendo sus principales partes las siguientes:

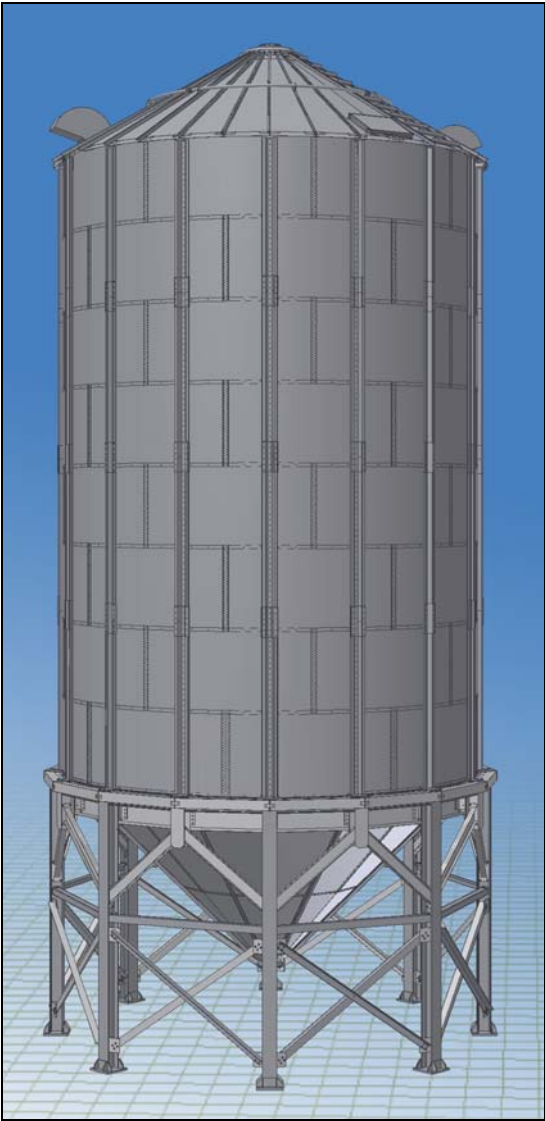
- Cubierta o techo
- Sección cilíndrica
- Estructura de soportación (Inexistente en los silos de fondo plano)
- Tolva de descarga (Inexistente en los silos de fondo plano)

Existen accesorios adicionales opcionales que pueden ser instalados a los silos y que no hacen parte como tal de este, pero que son necesarios en ciertos casos para el correcto almacenamiento y despacho del producto, estos equipos son:

- Sistema de termometría
- Sistema de aireación
- Equipos de descarga

Como anteriormente se dijo, existen dos tipos de silos metálicos: los silos tolva y los silos de fondo plano, ambos pueden o no contar con sistemas de ventilación y termometría, pero los de fondo plano, como su nombre lo dice, carecen de una tolva que los descargue y por lo tanto no necesitan de una estructura de soportación siendo estos directamente soportados sobre la obra civil.

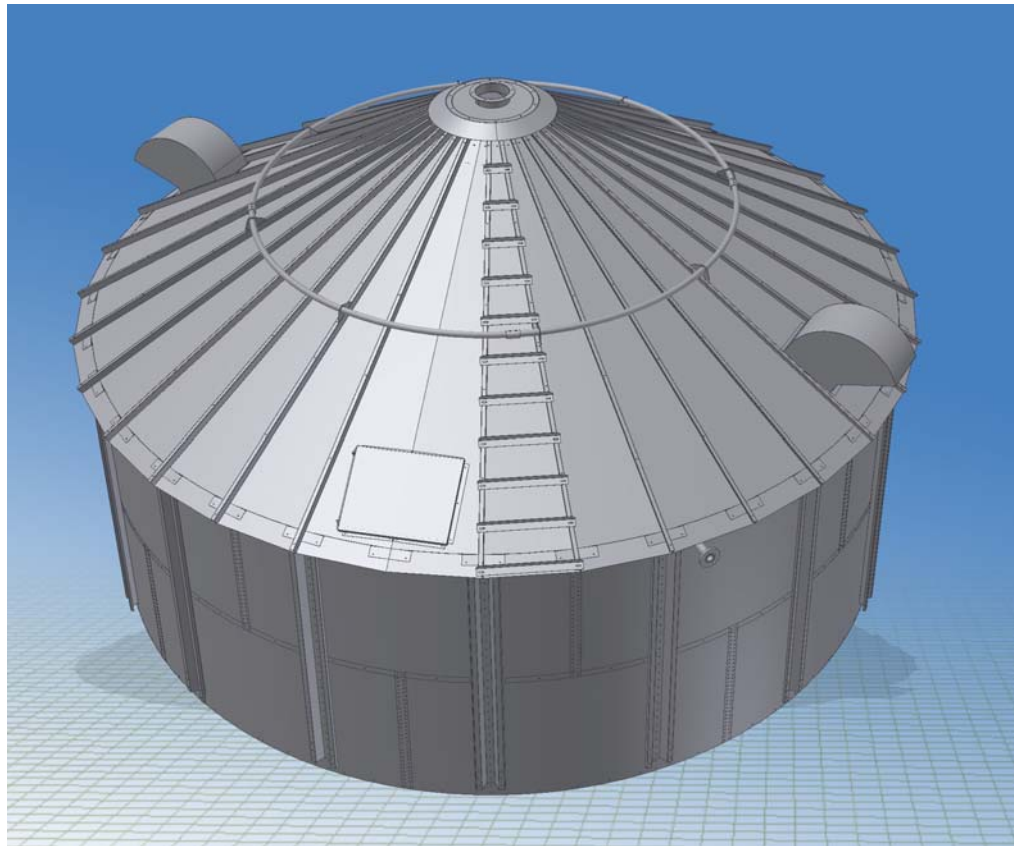
Figura 12. Silo tolva metálico



4.1 CUBIERTA O TECHO

Ubicada en la parte superior del silo, la cubierta está diseñada de forma cónica, con la doble intención de ser estructuralmente resistente y a su vez evitar posibles acumulaciones de agua., figura 13, el techo está constituido por secciones de lámina triangulares con pliegues en sus laterales que rigidizan y permiten su ensamble, el techo debe estar diseñado para soportar posibles cargas debidas a tuberías y soportes que se necesiten instalar en su parte superior.

Figura 13. Cubierta o techo de un silo



Además de las láminas, los techos de los silos también deben contar con una serie de accesorios descritos a continuación:

- Compuerta de acceso: Conocida también como “manhole” su instalación se hace para poder tener acceso a su interior desde el techo, su ubicación debe coincidir con la de la escalera interna para poder acceder a ella.
- Ventoleras: Son aperturas en el techo en las que se instalan unos accesorios conocidos como cuellos de ganso, utilizadas para permitir la circulación de aire y así poder ventilar los gases de su interior.
- Escalera: La escalera del techo es instalada para poder acceder más fácilmente a su cumbrera.
- Refuerzos: El diseño de los refuerzos se hace diferente para cada tipo de silo pero su idea es siempre la misma y es la de distribuir más uniformemente cualquier carga puntual que soporte una lámina, en todas las demás.
- Remate: El remate del silo es aquel accesorio en el que concurren todas las láminas que conforman el techo y donde se instala el ducto que ha de cargar el silo.

4.2 CUERPO CILÍNDRICO

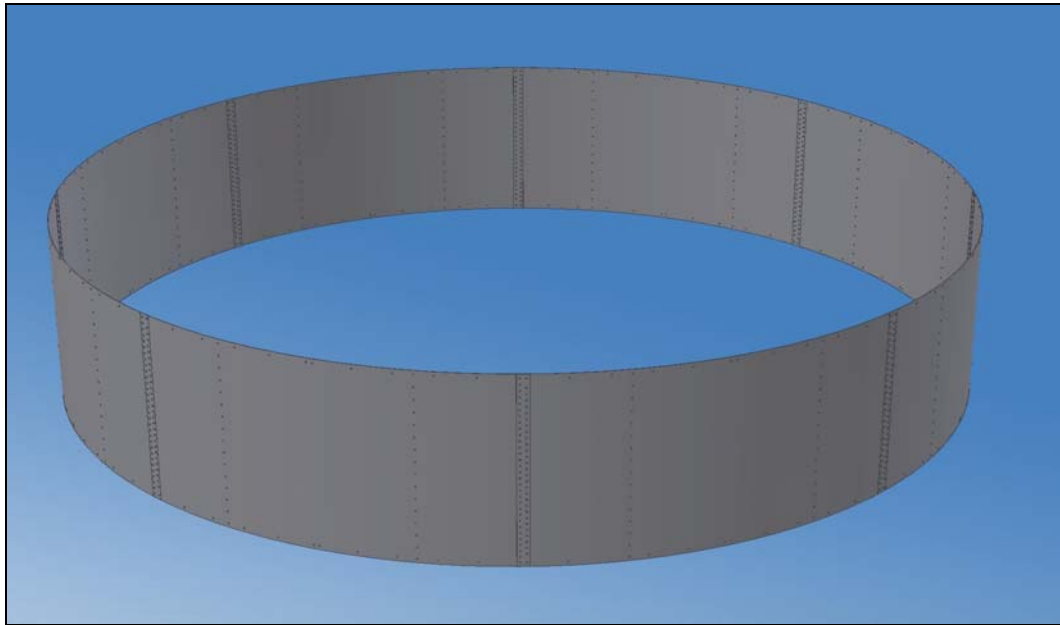
Fabricado totalmente en láminas de acero, el cuerpo cilíndrico es la parte del silo que determina realmente su capacidad de almacenamiento, su parte inferior está unida a la estructura y a la tolva de descargue y su parte superior soporta el techo, su parte más alta junto con su diámetro se usa como referencia y es conocida como “altura hasta el alero”, sus principales partes son las siguientes:

Figura 14. Cuerpo cilíndrico



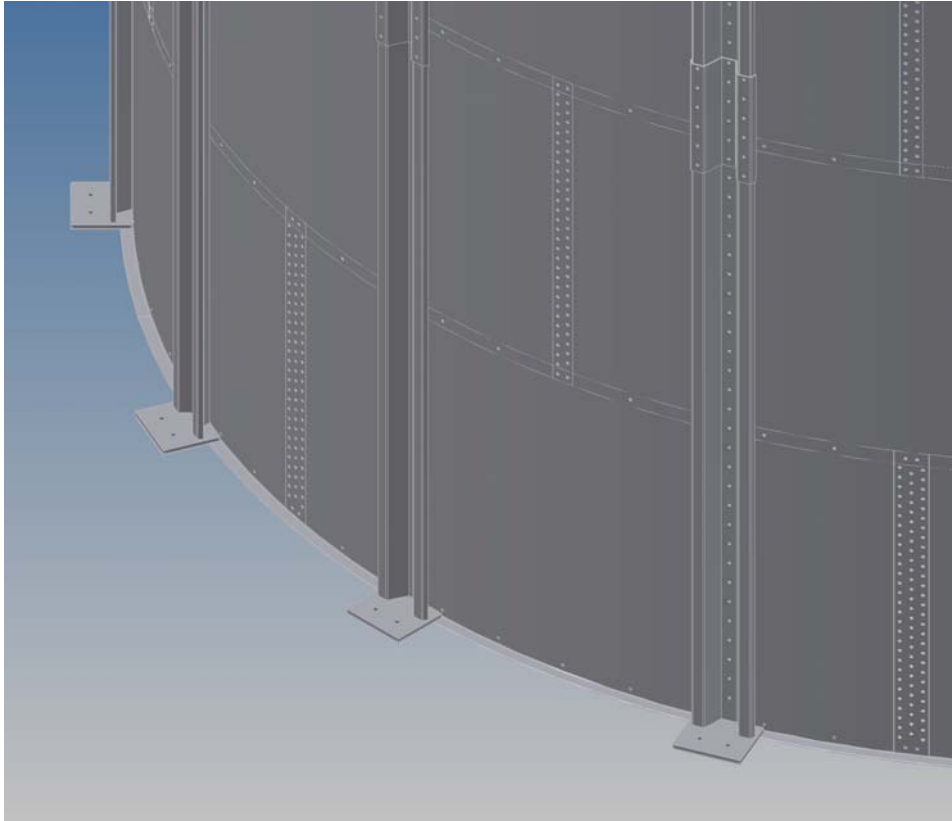
- Anillos: Compuestos por laminas plisadas cilindradas y atornilladas entre sí, ver figura 15, se instalan verticalmente uno tras otro hasta dar la altura final del silo, los calibres de las laminas de estos anillos, dependen de su ubicación dentro del cilindro, siendo siempre el mas inferior el de laminas más gruesas y el superior el de las laminas delgadas.

Figura 15. Anillo de láminas cilindradas



- Stiffeners (Refuerzos externos): Son refuerzos ubicados verticalmente en las paredes del silo y sirven a manera de columnas transportando los esfuerzos verticales a los que esta sometido el cilindro, hasta la estructura de soporte. Se fabrican por tramos de más o menos dos metros para facilitar su instalación.
- Empalmes: Son las uniones verticales entre los stiffeners, Ver figura 16.
- Compuerta de acceso: Instalada generalmente en su segundo anillo, como su nombre lo indica, es la que permite un acceso al interior del silo desde la parte inferior de este.
- Escaleras: Los silos cuentan con escaleras tanto internas como externas adheridas a su cuerpo, para poder tener acceso a su interior y a la parte superior o techo.

Figura 16. Detalle zapatas, stiffeners y empalmes



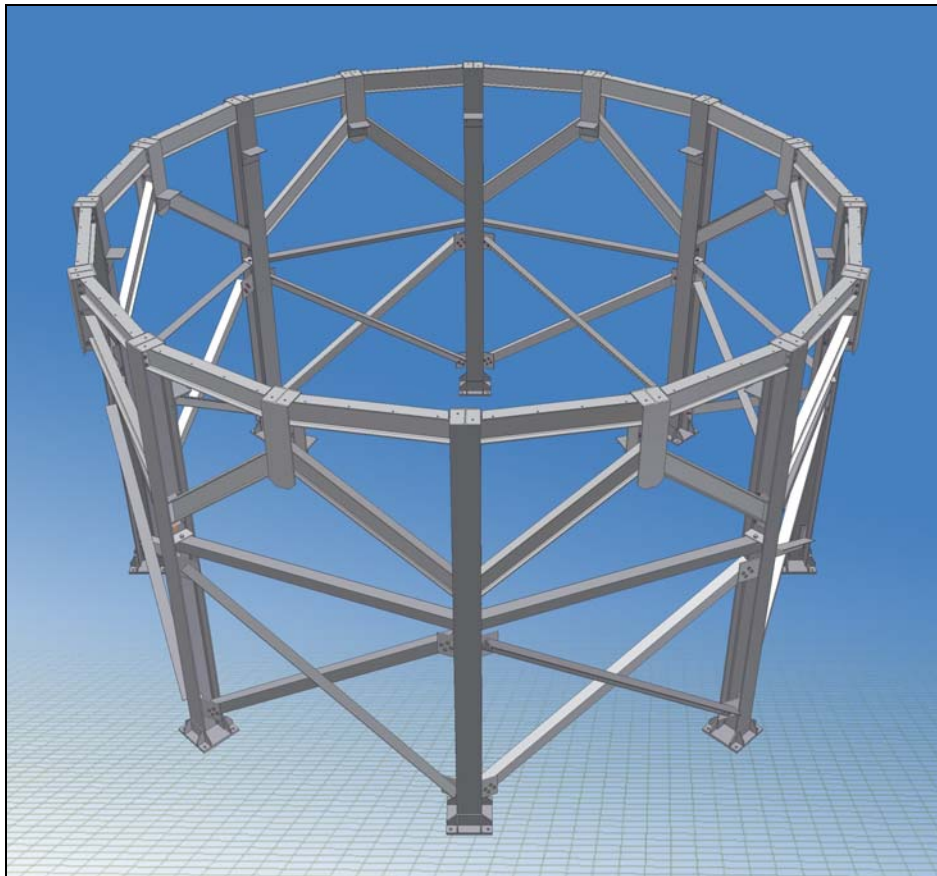
4.3 ESTRUCTURA DE SOPORTE

La estructura de soportación está presente en los silos de fondo cónico y consiste de una serie de columnas, sobre las que descansan directamente los refuerzos de las paredes del cuerpo cilíndrico (stiffeners), unidas entre si por una serie de amarres, crucetas y riostras dependiendo del diseño de esta.

Para su instalación, esta estructura se debe fijar por medio de anclajes previamente fundidos en la obra civil y atornillada a las zapatas de sus columnas. Normalmente estas estructuras son fabricadas con perfiles estructurales “H” e “I” en acero ASTM A6-88, y cualquier soldadura aplicada debe tener una resistencia

de 70 ksi o superior. En cuanto a su tornillería esta debe ser siempre de grado 8 en la norma SAE o 12.0 en la norma internacional con doble arandela, aunque también la ASTM A235 es ampliamente utilizada para este tipo de conexiones estructurales.

Figura 17. Estructura de soportación

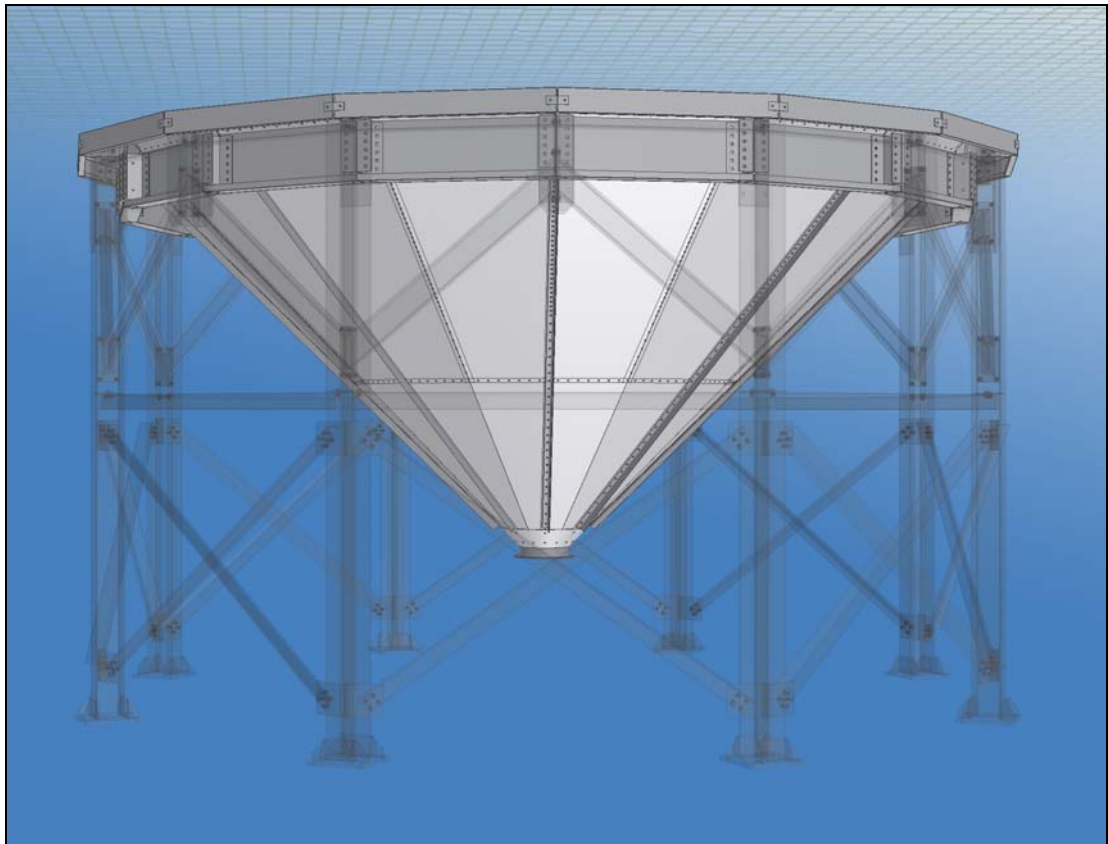


4.4 TOLVA DE DESCARGA

Como su nombre lo indica es la encargada de hacer la descarga del silo, deslizando el producto por sus paredes y haciéndolo pasar por un orificio circular en su parte más inferior que remata con una compuerta normalmente de guillotina.

Se encuentra soportada directamente por la estructura de soportación y unida herméticamente al cuerpo cilíndrico, estos conos son diseñados con distintos grados de inclinación para los distintos tipos de material a almacenar, sus principales componentes son:

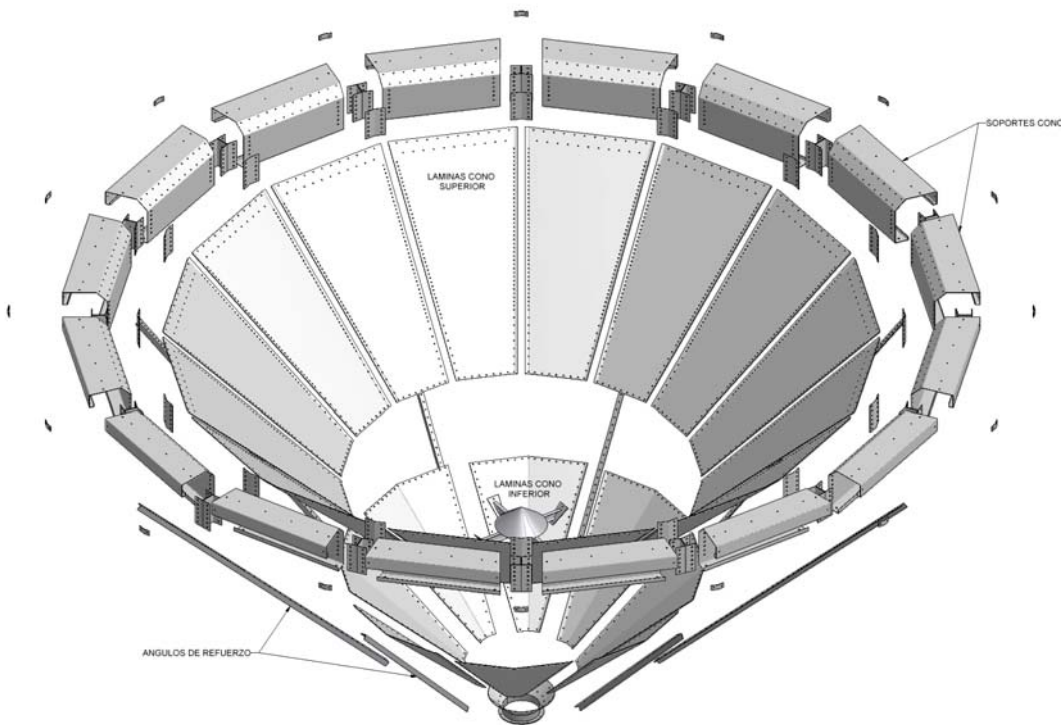
Figura 18. Cono de descarga



- Soportes: Encargados de la unión a la estructura o al cuerpo cilíndrico
- Láminas conos: Estas son las que dan la forma cónica a la tolva de descarga y puede ser longitudinalmente una, dos o tres según el diámetro del cono.

- Refuerzos exteriores: Son refuerzos ya sea en perfiles estructurales o en lámina perfilada que se ubican longitudinalmente en los pegues del cono para ayudar a evitar deformaciones.
- Anillo de descarga: Es el remate final de la tolva que une todas las láminas del cono más inferior, al que normalmente se le instala la compuerta de descargue.
- Caballete: Se instala para no permitir que la columna de producto haga presión directamente en el equipo al que descargue el silo sino en sus láminas laterales.

Figura 19. Despiece cono



En la figura 19 se puede apreciar claramente un despiece en explosión de un cono con sus diferentes partes especificadas, en la que se puede ver que la gran

mayoría de sus partes son fabricadas en láminas de acero perfiladas, por lo general A 36, que pueden rondar calibres que van desde los 2.5 mm, hasta laminas de 6 mm. Algunas partes pueden no estar presentes en los silos como el caballete y los refuerzos exteriores, que se requieren solo en silos de gran tamaño.

En todas las uniones de laminas de los silos se deben tener dos cosas en cuenta: la primera es que los tornillos para su instalación deben ser de grado 5 o superior, pero nunca se debe utilizar tortillería grado 2, debido a los grandes esfuerzos a los que están sometidos, la segunda es la necesidad de aplicación de un elemento sellante conocido como “chicle” en las uniones de las laminas, ya que el sello metal - metal que da el apriete de los tornillos no es resistente al agua.

4.5 SISTEMA DE TERMOMETRIA

Este aditamento nace de la necesidad de poder monitorear la temperatura del producto durante su tiempo de almacenamiento. El chequeo de la temperatura es una operación indispensable para comprobar el estado de conservación de los productos almacenados, Estos aparatos son indispensables para las instalaciones de almacenamiento a granel. Una elevación anormal de la temperatura puede ser el signo de un comienzo de degradación de las existencias, es necesario por lo tanto poder realizar controles regulares para evitar pérdidas considerables de producto.

Estos aparatos de medida no deben ser necesariamente de gran precisión, siendo despreciables las desviaciones de un grado centígrado, deben en cambio ser muy sensibles, de manera que detecten lo más rápidamente posible la menor variación anormal de temperatura, su lectura debe ser sencilla y requerir pocas manipulaciones, adicionalmente, para poder resistir los golpes debidos a repetidas

manipulaciones, estos aparatos deben tener una estructura sólida y una robustez a toda prueba.

Existen varios tipos de aparatos para medir la temperatura, con diferentes principios de funcionamiento y modos de utilización, estos aparatos son indispensables para las instalaciones de almacenamiento a granel, pero también pueden ser útiles para controlar los productos almacenados en sacos.

Además de los aparatos más o menos complejos que se describen a continuación, existen termómetros de lectura digital, fáciles de utilizar y de un costo relativamente modesto.

- Termómetros de líquido: Funcionan en virtud del principio de la dilatación de un líquido (mercurio o alcohol) por influencia de la temperatura. Se pueden colocar en el interior de sondas metálicas que se introducen en el interior de los sacos o en la masa de granos. Se trata de un sistema relativamente económico, utilizable para el almacenamiento tanto en sacos como a granel; su inconveniente es la poca precisión de la medición realizada, a causa del desplazamiento del termómetro desde el punto de medida hasta el punto de lectura.
- Termómetros de resistencia: El principio de funcionamiento de estos termómetros se basa en la medida de la corriente eléctrica que atraviesa un filamento de platino, cobre, acero o níquel, cuya resistencia varía en función de la temperatura, el filamento, colocado en un largo tubo suspendido al techo del granero, está inmerso en la masa de granos, la ventaja del empleo de estos termómetros es que se puede hacer una sola lectura de la temperatura global de los productos almacenados, mientras que con los termómetros de líquido es necesario repetir las operaciones de medición en varios puntos de la masa de granos.

- **Sondas de termistores o de termopares:** Se trata de sondas equipadas con sensores o puntos sensibles (termistores o termopares) que actúan como termómetros eléctricos con lectura a distancia. Introducidas entre los granos una vez que se han llenado los silos o graneros, estas sondas están conectadas eléctricamente, por cable, a los aparatos de lectura individual (caja portátil de lectura) o centralizada (armarios de control). A causa de la heterogeneidad de la temperatura en los granos, es necesario distribuir de manera adecuada los sensores en la masa de productos almacenados. En general se recomienda colocar un sensor cada 3 a 4 metros, en sentido vertical y un sensor cada 5 a 6 metros, en sentido horizontal.

4.6 SISTEMA DE AIREACIÓN

Por ventilación o aireación se entiende la circulación forzada de aire ambiente (más raramente enfriado artificialmente) a través de una masa de granos. En el interior de los silos, esta circulación de aire se consigue mediante ventiladores impulsores o extractores, conducciones y tubos para la repartición del aire.

Los sistemas de ventilación en los silos de almacenaje a granel garantizan unas mejores condiciones de conservación de los productos. En efecto, la adopción y el empleo de sistemas de ventilación, además de refrescar y mantener los granos a una temperatura suficientemente baja, permiten también, en algunos casos, obtener un secado lento y progresivo de los productos almacenados.

En una cámara ventilada, los granos en un primer tiempo y en un plazo relativamente corto se enfrían hasta alcanzar la temperatura del aire, o incluso una temperatura ligeramente inferior. En un segundo tiempo, y por efecto de una ventilación prolongada, los granos pueden igualmente secarse, a condición de que el aire esté suficientemente seco.

Una masa de granos sometida a ventilación se encuentra dividida en tres zonas:

- zona refrescada (granos ya refrescados);
- zona de transición (granos en proceso de enfriamiento);
- zona aún no refrescada (granos aún calientes).

En la zona refrescada, los granos de las capas inferiores, más cercanos a la entrada del aire, se enfrían más rápida y completamente.

Inmediatamente por encima, una zona llamada "de transición" se extiende gradualmente en el sentido de la corriente de aire. En esta zona los granos están en proceso de enfriamiento.

Por último, en la parte superior de la cámara, se encuentra la zona aún no refrescada, en la que los granos están todavía calientes, e incluso ligeramente recalentados. No puede considerarse que una ventilación haya terminado mientras la zona refrescada no haya alcanzado la parte más alta de la cámara, no hay que detenerla por consiguiente antes de que las capas superiores hayan alcanzado la misma temperatura que la de las inferiores, o sea una temperatura cercana a la del aire de ventilación.

La duración de la ventilación debe ser tal que no pueda provocar un calentamiento excesivo y prolongado de las capas superiores de granos. Para conseguir que se enfríe una masa de granos, es necesario que la temperatura del aire de ventilación sea inferior en 5°C a 7°C a la de los granos. Diferencias superiores a 8°C pueden provocar fenómenos de condensación con el riesgo de rehumectación de los granos. Diferencias inferiores a 3°C pueden ser insuficientes para garantizar el enfriamiento deseado.

Es evidente que, para la buena marcha de la ventilación, es preciso controlar con instrumentos termométricos adecuados la temperatura del aire y en particular la de los granos. Para que se produzca un efecto de secado, es preciso que la humedad

relativa del aire de ventilación sea inferior a la de equilibrio del grano. Se recomienda, sobre todo en el caso de granos húmedos, empezar a ventilar desde que se empiezan a llenar las cámaras; por lo demás, éstas no deben llenarse de una sola vez, sino por etapas sucesivas, en la medida de lo posible.

En caso de productos almacenados húmedos, la ventilación debe continuar hasta alcanzar la estabilidad de los granos. Una vez estabilizados los granos, puede realizarse la ventilación a intervalos más o menos regulares, para garantizar la buena conservación de los productos.

Es necesario proceder a controles frecuentes y regulares de la humedad y de la temperatura de los granos. Toda elevación brusca de la temperatura debe ser interpretada como señal de fenómenos de degradación en curso, por consiguiente debe considerarse necesaria una ventilación con un aire tan seco y frío como sea posible.

Los sistemas de ventilación más usados para silos tolva y de fondo plano son descritos a continuación:

- **AIREACION DE PISO:** Son simplemente encofrados metálicos de diseños generalmente en H o en Y en su sitio y cubrir el suelo con concreto. El sistema incluye un área de perforación del promedio del 14% de las planchas que conforman los ductos de aireación, utilizando orificios circulares para minimizar obstrucciones.
- **PISOS DE PLANCHAS PERFORADAS:** Los pisos de planchas perforadas aseguran un rápido montaje estructural, secado uniforme de grano y una fácil limpieza. Las planchas reforzadas son moldeadas con un 14% de perforación y una ligera curvatura para agregar mayor resistencia. Las planchas están sostenidas por unas patas de soporte muy resistentes.

- **AIREACION PARA SILOS TOLVA:** Se utiliza una perforación rígida y tubos de acero corrugados, galvanizados y perforados para la aireación de los silos tolva. Los ventiladores van montados debajo de la tolva, insuflando aire hacia un ducto interno que se encarga de repartirlo homogéneamente en su longitud.

5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO

Para la realización del diseño del sistema de almacenamiento se siguió la siguiente metodología:

- Identificación del problema
- Requisitos y delimitaciones
- Generación y análisis de ideas
- Evaluación y análisis preliminar
- Refinación del diseño
- Modelamiento final
- Construcción y montaje
- Pruebas
- Correcciones y/o cambios

5.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.

El diseño del sistema de transporte y almacenamiento surgió de la necesidad de la empresa Aliar S.A. para almacenar el gran excedente de su producción, debido a la ampliación de sus tierras de cultivo, necesarias para poder satisfacer sus propias necesidades y las del siempre creciente mercado. Por esto se optó por aumentar su capacidad de almacenamiento, y así poder garantizar un seguro almacenaje para todo el producto sembrado y cosechado.

5.2 REQUISITOS Y DELIMITACIONES.

ALIAR S.A. en su necesidad de expandir su capacidad de producción solicito se le diseñara un sistema de transporte y almacenamiento de granos, con una serie de características o requisitos de funcionalidad y capacidad, buscando siempre la posibilidad de realizar múltiples de esas mismas funciones simultáneamente, con el fin de desarrollar una planta ágil y a la vez altamente eficiente, evitando ser un cuello de botella en los tiempos de más alta recolección. Las principales características que esta planta debe poseer son:

- La Fazenda necesita duplicar su capacidad de almacenamiento, teniendo en cuenta que debe ser posible el trasiego desde un silo a cualquier otro.
- Se deben disponer de al menos doscientas veinte toneladas más de capacidad en los silos de trabajo.
- Tanto en la sección de trabajo como en la de almacenamiento debe ser posible trasegar productos entre la totalidad de sus silos.
- El sistema debe poder cargar los silos de almacenamiento y hacer despacho de producto hacia los camiones al mismo tiempo.
- El circuito debe permitir alimentar la futura planta de concentrados ubicada a uno de los costados de los silos de almacenamiento.
- La planta necesita un lugar de cargue a granel, que tenga al menos la misma capacidad de uno de los camiones o mulas que se cargan, con el fin de mantener producto listo para despacho y no tener que disponer siempre de uno de los elevadores de carga de los silos de almacenamiento cada vez que se esté despachando.
- La distribución de planta se debe hacer pensando siempre en facilitar futuras ampliaciones.
- Todos los silos tanto de almacenamiento como de trabajo debe contar con sistemas de control de temperatura.

Por otro lado, la planta cuenta con algunas limitantes que tenemos que tener en cuenta a la hora del diseño del sistema de transporte y almacenamiento.

- Los equipos de transporte no pueden manejar una capacidad menor a 40 Ton/Hr.
- Los productos que se manejan son de alto contenido graso y debe tenerse en cuenta a la hora del diseño, el implemento de elementos resistentes al aceite.
- La línea de potencia manejada en la planta es de 440 V y su totalizador no permite la instalación de motores con amperajes superiores a 35 A.
- Los granos almacenados no pueden pasar de los 28° C cuando son almacenados.

Conocer más a fondo todas estas características del proceso nos ayudaran a llegar al objetivo de diseñar una planta para manejo de granos realmente eficiente.

5.3 GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE IDEAS.

Después de haber estudiado las necesidades y de haber establecido los requerimientos y delimitaciones del diseño se procedió a desarrollar una serie de ideas y propuestas que pretendían de una u otra forma resolver el problema hasta llegar a un modelo final y adecuado. Como pauta inicial se decidió que el almacenamiento debía ser con silos metálicos galvanizados de fondo plano y cónico, debido a las ventajas que ya se expusieron en el capítulo dos “ALMACENAMIENTO DE GRANOS”. A continuación se explica como y por que se concibió y desarrolló el sistema de almacenamiento hasta el modelo final.

5.3.1 Silos de almacenamiento. Como fue expuesto en el capítulo 2 para este caso la opción mas óptima que se encontró para el almacenamiento de granos fueron los silos galvanizados. En Colombia, debido a al alto costo que implicaría

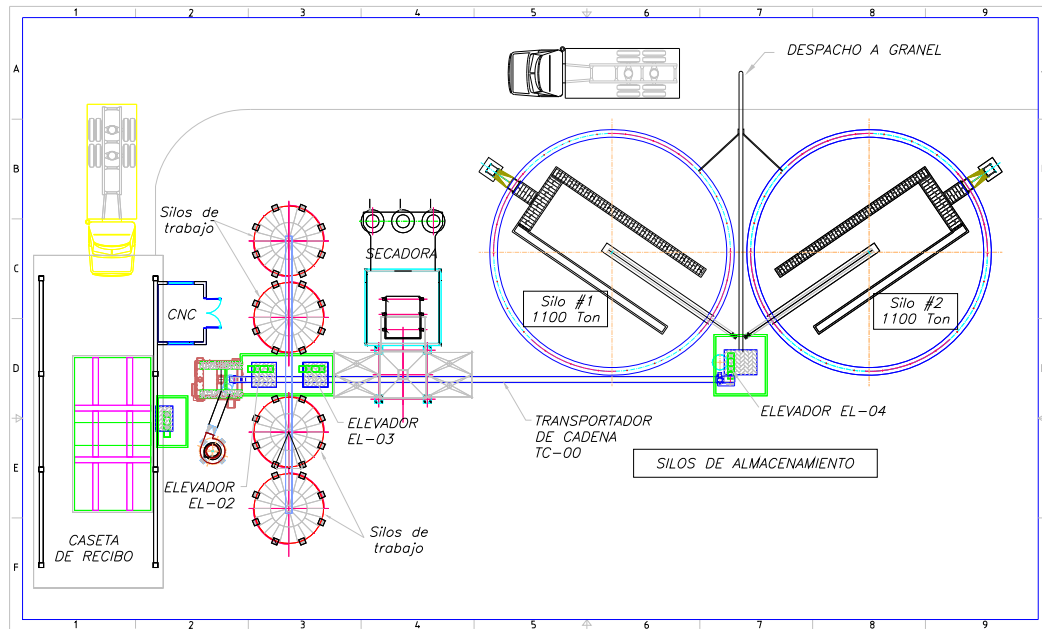
su fabricación no se producen silos de este tipo y normalmente deben ser suministrados por proveedores internacionales, que por su nivel de tecnificación y comercialización, logran que inclusive trayéndolos desde lugares tan lejanos como Norte América o Europa, tener precios menores a lo que pudieran ofrecer fabricantes locales.

METALTECO LTDA. es representante en Colombia de tres fabricantes norteamericanos de silos, CHIEF INDUSTRIES, MFS YORK y SCAFCO GRAIN SYSTEMS, empresas líderes internacionalmente en la fabricación de silos galvanizados, a los que se les pidió colaboración con el proyecto, cotizándonos el suministro de los silos de almacenamiento y trabajo. Estos fabricantes manejan similares dimensiones en cuanto a diámetros se refiere, los más pequeños desde 12 pies (3.66 m), hasta tamaños gigantescos como 105 pies (32 m).

Económicamente los silos de lámina corrugada tienen una característica que se repite en la mayoría de sus fabricantes, y es que resultan ser siempre la opción más económica aquellos silos en los cuales la razón entre el diámetro y la altura hasta su alero, sea la más cercana a la unidad.

Inicialmente la planta contaba con dos silos de 42 pies de diámetro del fabricante CHIEF, figura 20, con una altura al alero de 10.8 m, escogidos como anteriormente se dijo por su cercana relación entre su diámetro y su altura al alero. Estos silos son alimentados por gravedad desde el elevador EL-04, y descargados por medio de sinfines al mismo elevador el cual también está encargado de realizar el cargue a granel de los camiones. Ya mencionado con anterioridad, parte de los requerimientos iniciales del proyecto era que las 2200 toneladas de capacidad de los dos silos iniciales se duplicaran, para ello, se analizaron diferentes disposiciones que podrían cumplir dichos requerimientos. Cada una de las diferentes formas en que se propuso la ubicación y dimensiones de los silos, presentan sus respectivas ventajas y desventajas, expuestas a continuación.

Figura 20. Disposición inicial de los silos de almacenamiento



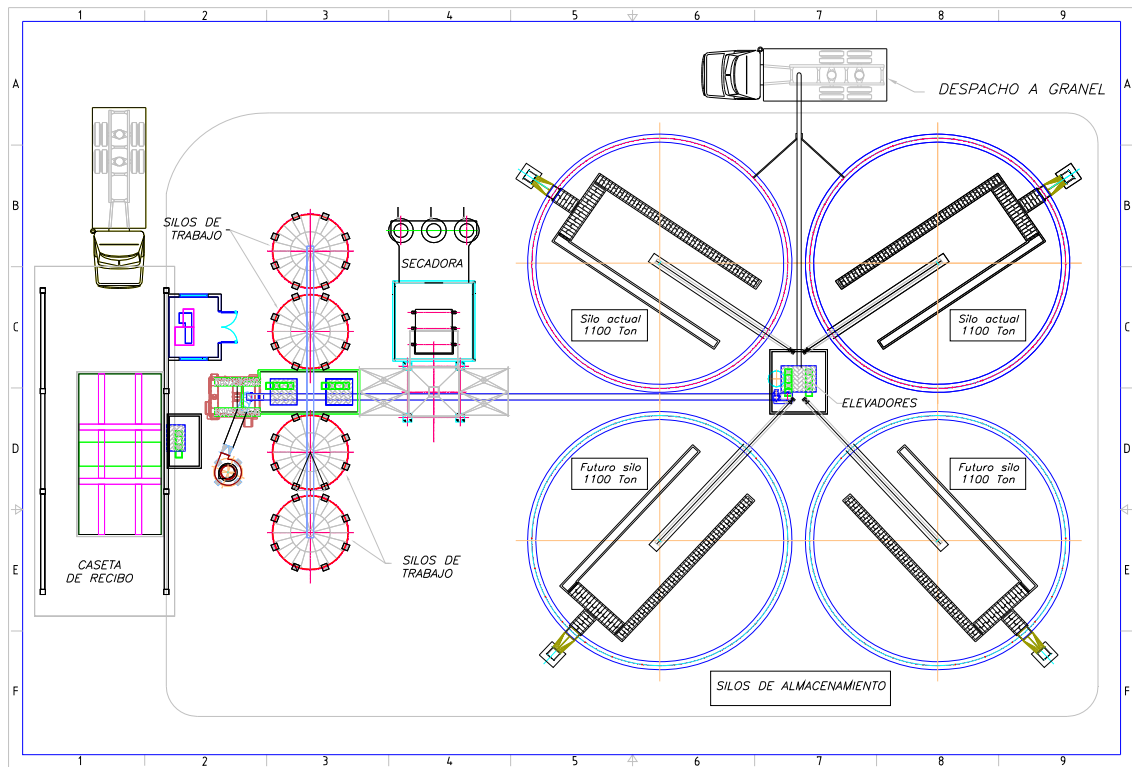
Propuesta con silos en arreglo cuadrado:

Esta disposición propone instalar otros dos silos de similares dimensiones a los iniciales en un arreglo cuadrado, los cuales podrían descargar, al igual que los dos primeros, directamente a los elevadores de carga y despacho de los silos por medio de su transportador de descarga. Esta opción tiene las siguientes características principales:

- Esta disposición no implica la instalación de equipos de transporte horizontal para su carga, ya que se hace por gravedad.
- Permite un manejo central de los equipos de carga y descarga.
- Para futuras ampliaciones permitiría una doble línea de silos de almacenamiento.
- Implicaría la reubicación de una pequeña bodega situada en su posible lugar de montaje.

- Alejaría la ubicación de la futura planta de concentrados que se tiene pensada desarrollar, con respecto de los elevadores de carga de los silos, que serian los encargados de alimentarla.

Figura 21. Silos en arreglo cuadrado de 1100 Ton c/u.



Propuesta con silos en arreglo lineal: La segunda propuesta plantea la instalación de más silos a continuación del silo numero 2, no necesariamente siendo de la misma capacidad de los iniciales, ya que para cumplir el objetivo de duplicar su capacidad de almacenamiento la planta puede concebirse de diferentes maneras. A continuación presentaremos las dos más viables formas de conseguir las 2200 toneladas de almacenamiento.

Este tipo de disposición frente a la del arreglo cuadrado, presenta por su lejanía al foso de los elevadores EL-04 y el futuro EL-05, la necesidad de la instalación de un equipo de transporte que cargue los silos y otro que recoja de las bazucas de

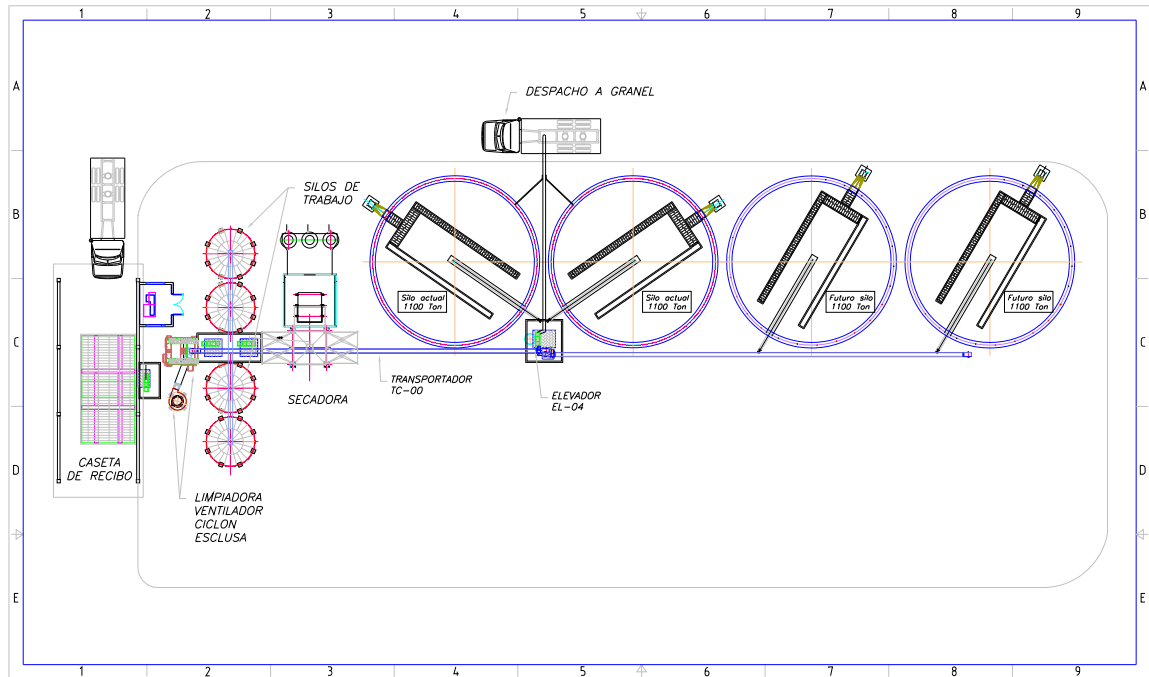
descarga de cada uno y que los lleve de vuelta hasta los elevadores. Este equipo de transporte necesario para el cargue de los silos estaría ubicado necesariamente sobre ellos, lo que implicaría forzosamente una serie de accesorios para su montaje, tales como pasarelas, soportes y compuertas, que pueden llegar a incrementarían considerablemente el valor de la propuesta.

Arreglo lineal con múltiples silos: Si lo pensado es instalar más de un silo en arreglo lineal, lo más indicado es buscar que las alturas de los nuevos silos sean cercanas a la de los dos primeros, esto para que se permita instalar sobre ellos más fácilmente el transportador de cargue y su pasarela. Si se piensan instalar dos silos, necesariamente deben ser iguales a los anteriores en altura y diámetro, los cuales conservarían la proporción entre su diámetro y altura cercana a uno. Si son mas, y se debe conservar la misma altura, estos deben ser de menor diámetro para lograr la misma capacidad total, lo que los haría más esbeltos, alejándolos de la proporción que se busca, además, la necesidad de mas obras civiles encarecería considerablemente la propuesta.

En conclusión, si la idea es instalar más de un silo, la instalación de dos de similares características a las de los iniciales, sería lo más indicado, esta crearía la distribución de planta que se aprecia en la figura 22.

La selección de estos silos como ya se dijo se debe hacer según las dimensiones de los inicialmente instalados, que corresponde al modelo TITAN 42 13-10 de los fabricantes norteamericanos CHIEF INDUSTRIES.

Figura 22. Arreglo lineal con silos de 1100 toneladas



Además de las ya mencionadas con este arreglo se obtendrían las siguientes ventajas:

- El sistema permitiría futuras ampliaciones en la capacidad de almacenamiento simplemente alargando los equipos de transporte de carga y descarga.
- La planta no tiene restricciones de espacio en ese sentido, ni estorbos ni implicaría el cambio de la distribución de planta actual.
- Permitiría la alimentación de la futura planta directamente desde los elevadores de carga de los silos.

- **Arreglo lineal con silo único de 2200 toneladas:** La iniciativa de instalar un solo silo de una mayor capacidad se hace pensando en la posibilidad de encontrar una opción que pueda reducir los precios del proyecto, ya que los costos de instalación que se involucrarían (Valor del silo, obras civiles, equipos metal mecánicos y montaje), de un solo silo de esta capacidad serian menores a los que tendrían dos de 1100 toneladas.

-

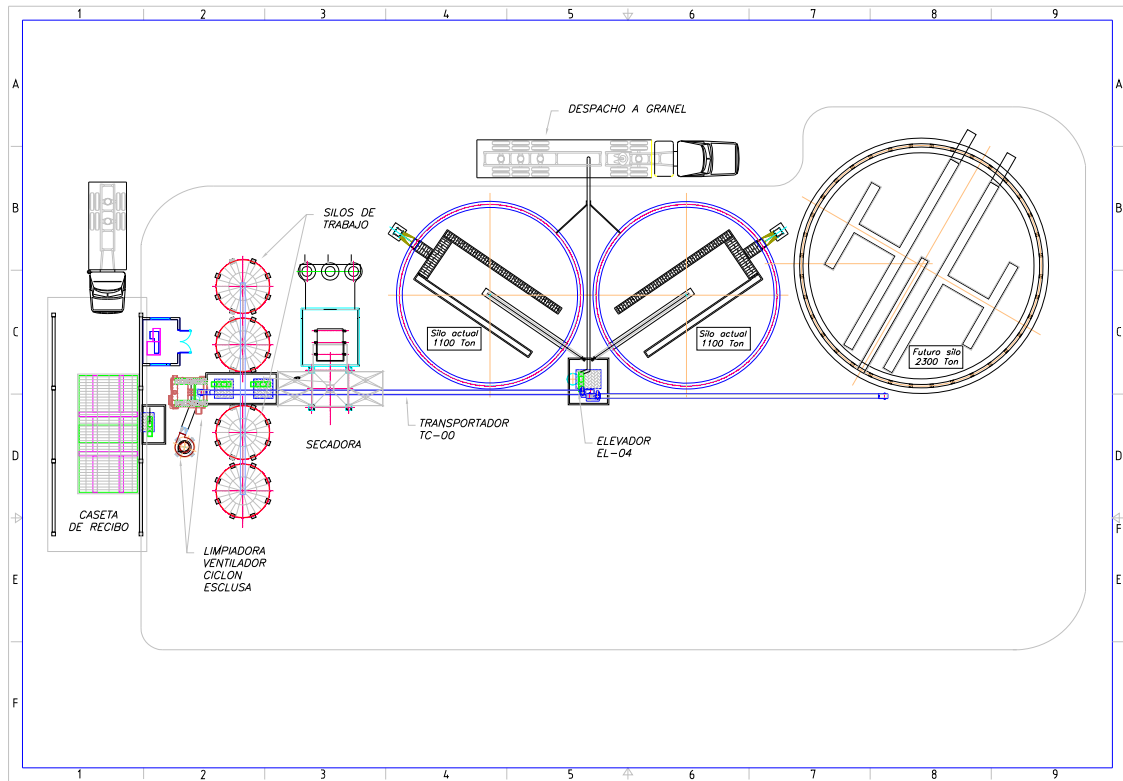
Además de su menor valor de instalación este sistema presentaría ventajas como:

- Ocuparía menos espacio de la planta
- Las futuras ampliaciones serian de mayor capacidad con menos capital de inversión.

Sus principales desventajas son:

- Un silo de mayor diámetro se prolongaría hasta ocupar parte de la vía y podría llegar a estorbar el paso de las mulas y camiones que se cargan a granel.
- La hacienda cosecha dos clases de granos, maíz y soya, y a su vez cada uno de estos puede tener varias subclases, el maíz tiene seis tipos, dentado, duro, blando, o harinoso, dulce, reventón y envainado y la soya por su lado tiene catorce. La necesidad de poder almacenar distintos tipos de granos sin tener que mezclarlos implica tener más de un lugar de almacenamiento, por lo que un solo silo no es la mejor opción.

Figura 23. Arreglo lineal con silo de 2200 toneladas

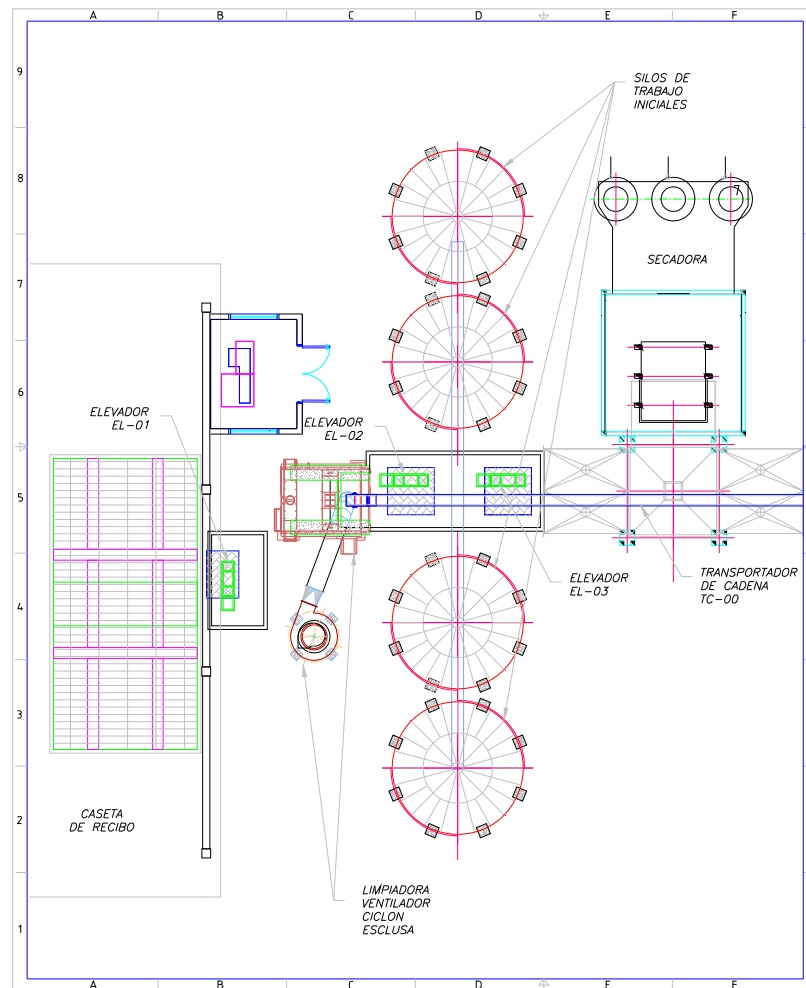


5.3.2 Silos de trabajo. Los llamados silos de trabajo son utilizados en las grandes industrias para hacer un almacenamiento temporal del producto recibido mientras pasa a ser procesado, ya que en el caso donde los recibos se hacen a gran escala y de manera continua, generalmente se diseñan con una capacidad de manejo mucho mayor a la de las demás secciones, para así poder recibir grandes volúmenes de producto sin entorpecer la llegada de los vehículos.

Estos silos o tolvas de trabajo tienen la característica de ser de una relativa baja capacidad, por ello estos silos pueden estar soportados por estructuras y tener una tolva de descarga que permite su vaciado por el simple efecto de la gravedad. Al igual que los de almacenamiento estos silos pueden contar con sistemas de

control de temperatura, en el caso en el que los tiempos de almacenamiento puedan llegar a ser prolongados.

Figura 24. Disposición inicial silos de trabajo.



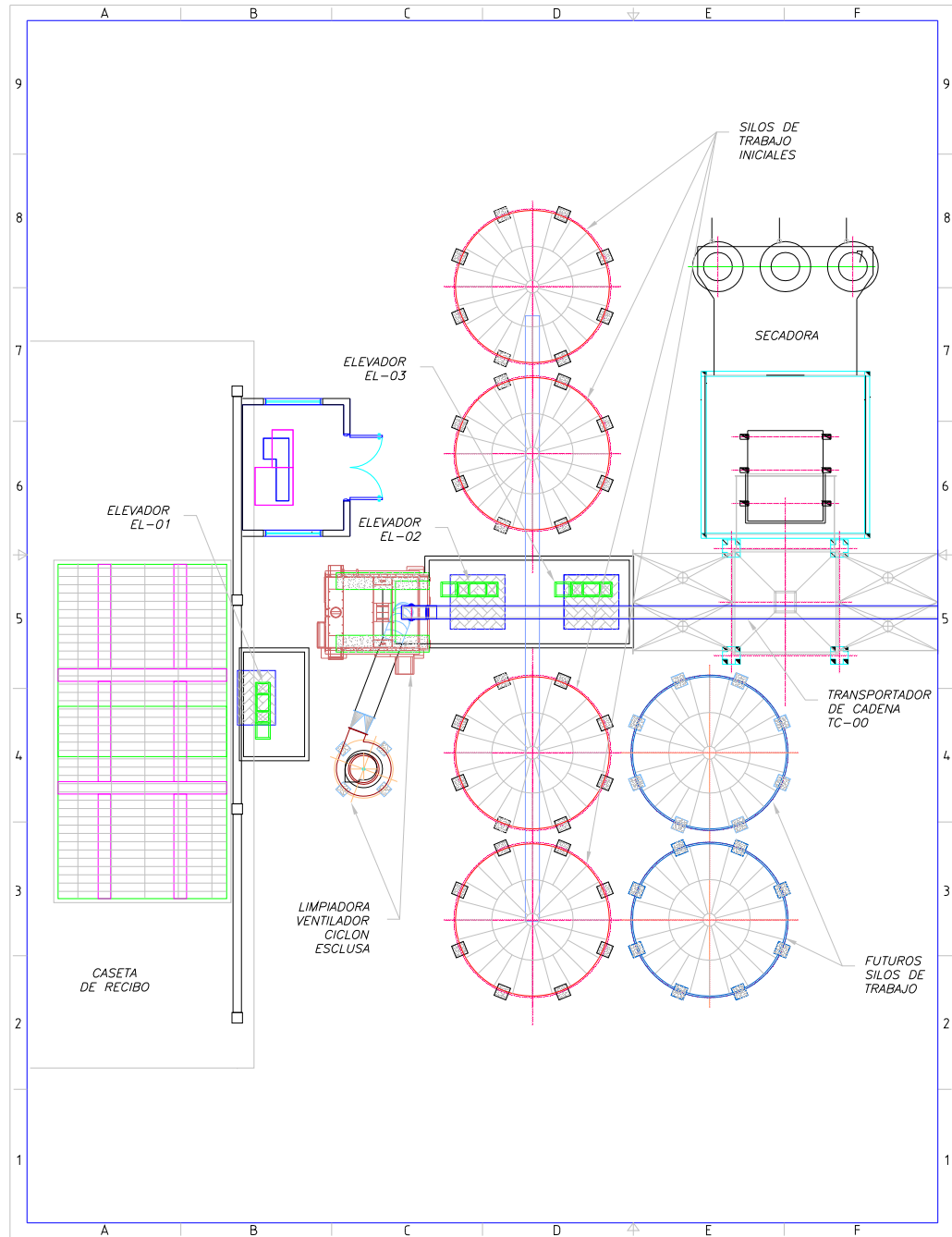
Como fue ya mencionado, la primera etapa de la planta contaba con cuatro de estos silos de trabajo de 40 toneladas cada uno, todos alimentados por gravedad desde el elevador EL-02, como es mostrado en la figura 24, y descargados por medio de un transportador tipo sinfín al elevador EL-03, encargado de alimentar la secadora.

Para el nuevo diseño de la distribución de planta se tuvo en cuenta como requerimientos iniciales del proyecto, la necesidad de 220 toneladas adicionales de capacidad en los silos de trabajo, y al igual que con los silos de almacenamiento, la posibilidad de una futura nueva ampliación, además de la exigencia de poderse hacer trasiego.

Debido a la distribución de planta inicial y teniendo en cuenta las condiciones de altura y ubicación del elevador EL-02, para lograr la capacidad adicional contamos con muy limitadas opciones, llegando a ser solo dos las iniciativas con las que se puede llegar a lograr dicho requisito.

Propuesta con arreglo cuadrado alimentados por gravedad. En proyectos de gran tamaño se deben considerar todas las opciones que puedan disminuir costos de inversión, que se valgan de la infraestructura existente o que impliquen pequeños cambios en la actual. Pensando en ello se presentó la primera idea, que proponía implementar dos silos cargándoles por gravedad desde el mismo elevador de cangilones que alimenta los cuatro primeros, el EL-02, ubicándolos paralelos a dos de los silos frente a la secadora de granos, figura 25, y descargándolos por medio de un transportador ubicado en su parte inferior que lleve el producto hasta el transportador de cadena TC-00. Para poder desarrollar esta propuesta es preciso hacer una serie de cambios al elevador EL-02 ya que sería necesario alargarlo aproximadamente 10 m, y por lo tanto incrementar la potencia de su motorreductor de 4.0 a 7.4 caballos, para que pueda llevar el grano hasta la nueva altura de descarga. Aun así, es una opción bastante económica con la que se lograrían los propósitos deseados.

Figura 25. Silos de trabajo en arreglo cuadrado



A esta propuesta inmediatamente le surge un gran inconveniente, partiendo de la necesidad de poder hacer trasiego entre los silos de trabajo, ya que esto necesariamente involucraría al transportador de cadena TC-00 que alimenta los

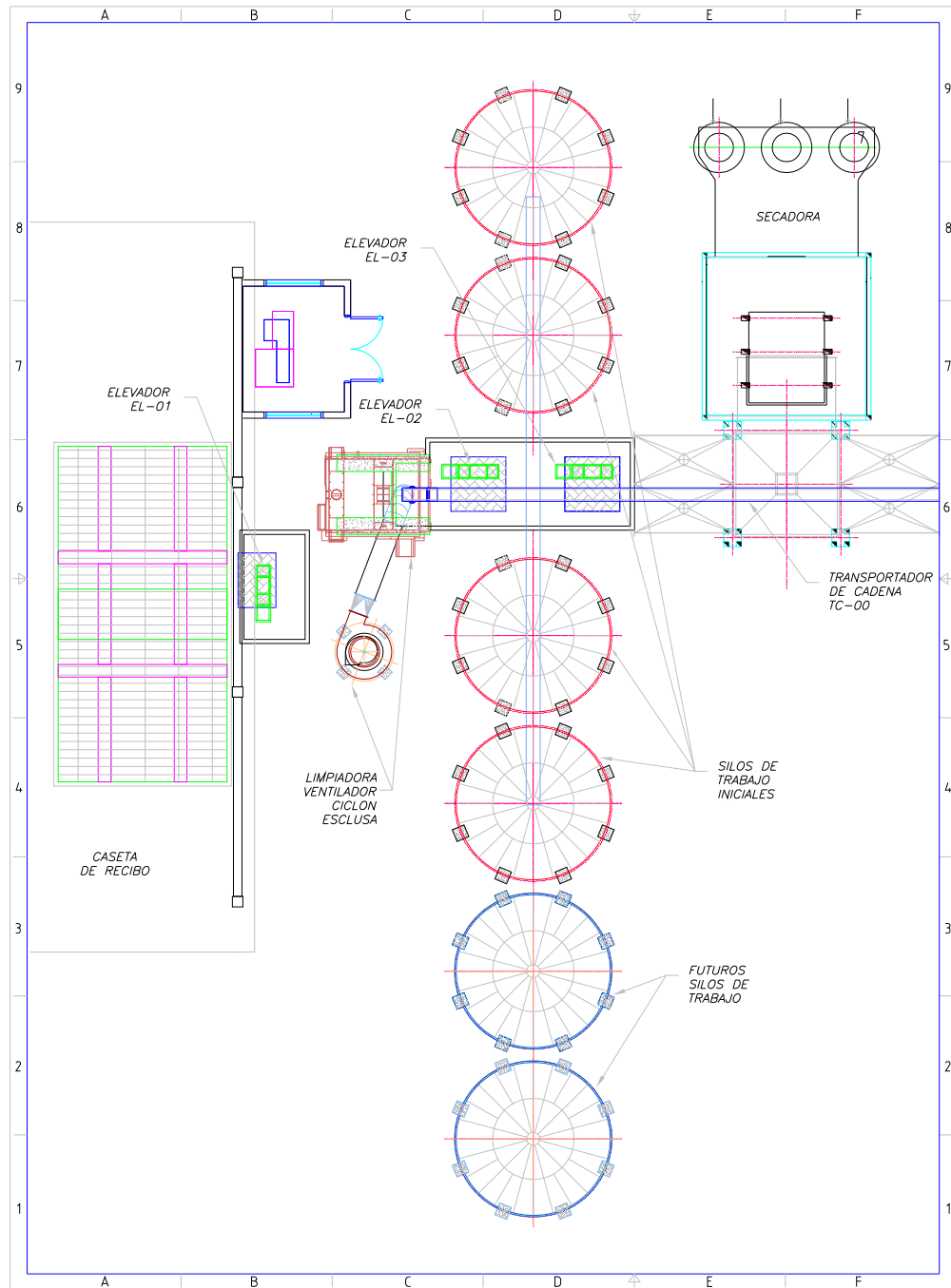
silos de almacenamiento, utilizándolo para retornar el producto hasta el elevador EL-02 interrumpiendo cualquier proceso en las secciones de recibo y almacenamiento, es decir, prácticamente en la totalidad de la planta. Para solucionar este problema tendría que instalarse un pequeño transportador paralelo al TC-00, que alimente el sinfín que descarga actualmente los silos de trabajo, el TS-01, y este a su vez al elevador EL-03, que podría hacer el retorno por su altura a todos los silos de trabajo.

Para una posible futura ampliación, se tendría que implementar un transportador por encima de los silos, que reciba del elevador EL-02 y los reparta hacia los posibles futuros silos, puesto que el elevador no se podría seguir alargando indefinidamente. Esto sobre cualquiera de las dos líneas de silos.

Propuesta con silos alineados continuos a los iniciales. Esta propuesta implicaría una inversión mayor comparada con la anterior, puesto que necesariamente requiere un transportador elevado sobre los silos y una pasarela de acceso que permita su mantenimiento, además del mismo transportador de descarga que necesariamente debe existir sea cual sea la propuesta. Su única limitante es la altura del elevador EL-02 que limitaría la altura de los silos, pero con la altura actual se pueden instalar dos silos de 115 toneladas que serían suficientes para lograr la meta de almacenamiento.

Esta propuesta no presenta el inconveniente que la anterior tiene, ya que debido a la ubicación de los silos, el transportador que los descarga tiene la posibilidad de alimentar tanto al transportador TC-00 como al elevador EL-03, que a su vez podría devolver el producto hasta el transportador elevado y así poder hacer trasiego entre los silos de trabajo sin ocupar el transportador de cadena TC-00.

Figura 26. Silos en arreglo lineal



Otra ventaja que puede dar esta iniciativa es la sencillez con que se podrían lograr futuras ampliaciones, pues para ello solo se tendrían que seguir instalando silos a

continuación del último y alargar la pasarela y los transportadores de carga y descarga.

5.3.3 Silo de carga a granel. Un lugar de almacenamiento temporal para el despacho a granel, fue una de las necesidades que nos hicieron saber que existía en la planta “La Fazenda”, a continuación se explica el por que de dicha necesidad y la solución que se presentó.

Figura 27. Despacho inicial a granel



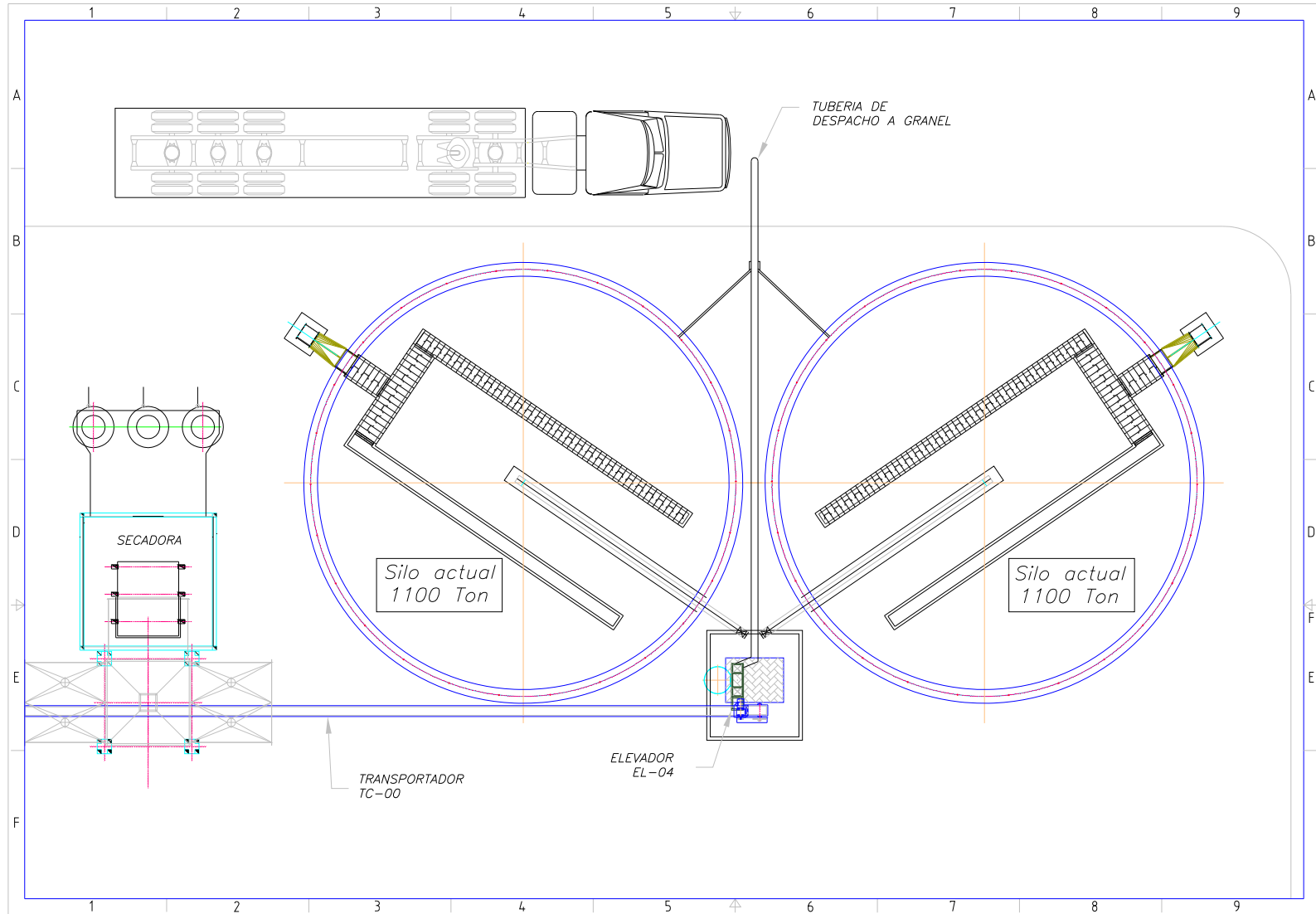
El despacho de producto a camiones y mulas, en la primera etapa de “La Fazenda”, se realiza por medio de una tubería proveniente del elevador EL-04, el mismo encargado de cargar los silos de almacenamiento, tal y como se puede apreciar en la imagen 27.

Este elevador cumple tres funciones que son: Cargue de los silos, trasiego entre ellos y despacho a granel. Esta multifuncionalidad del elevador generó una serie de inconvenientes dentro de los procesos de la planta, ya que al estar despachando producto a los camiones, se impedía tanto el cargue de los silos como su trasiego y de la misma manera en el momento del trasiego se impedía su despacho o carga. Este problema se soluciona en gran parte con la futura instalación de su elevador gemelo el EL-05, que permitiría hacer dos de las tres funciones al mismo tiempo, más aun, la instalación de un sitio de almacenamiento elevado que tenga una capacidad igual o mayor al de una mula, permitiría realizar las tres funciones al mismo tiempo, siendo cargado en momentos en los que no se esté realizando alguna de las otras dos funciones. Además es una opción que permite más agilidad en el proceso de despacho, ya que la idea sería almacenar temporalmente la cantidad necesaria para cargar uno o más vehículos antes de su llegada y así poder realizar más cargues en menos tiempo.

El diseño de dicho lugar de acopio empezó por su ubicación, el cual fue fácil de escoger pues en común acuerdo se concertó que seguiría siendo en el lugar donde se venia haciendo el despacho, debido a su proximidad con el elevador EL-04 y el futuro EL-05 que son los encargados de hacer el despacho.

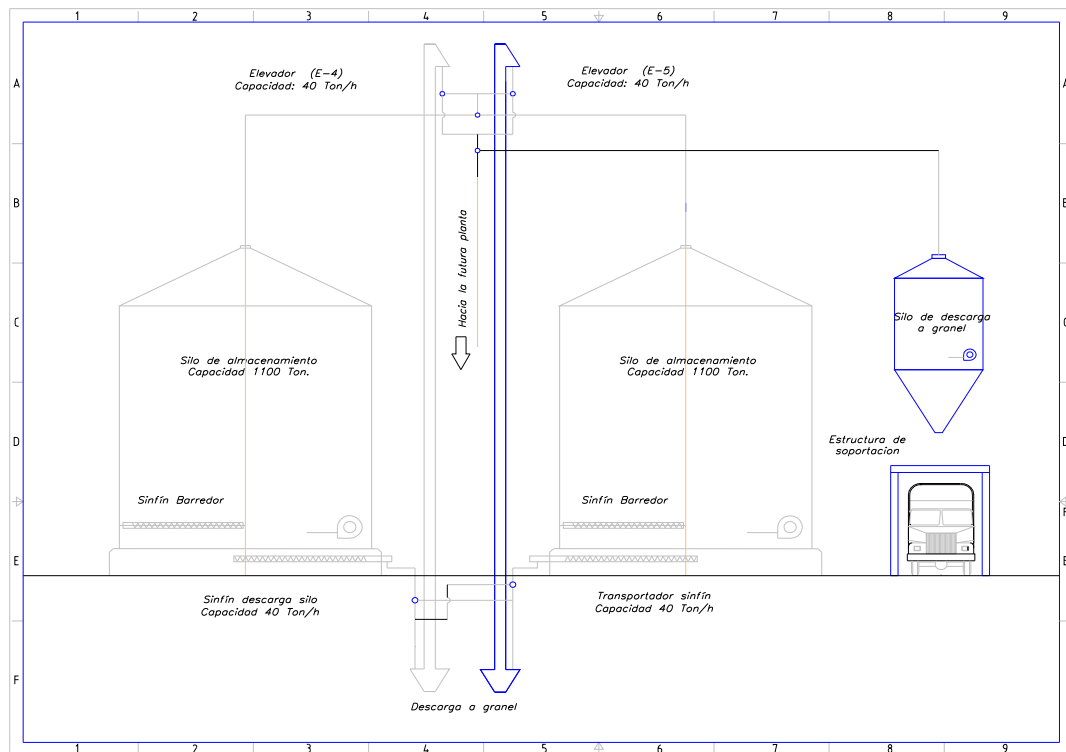
La idea de un sitio elevado de almacenamiento se hace pensando en el tránsito de los vehículos de carga por su parte inferior, para así realizar un sencillo cargue, simplemente abriendo una compuerta y reposicionando el vehiculo a la medida que se vaya llenando.

Figura 28. Vista en planta ubicación despacho a granel.



Por las mismas razones que se seleccionaron los silos metálicos galvanizados como sitios de depósito, en este caso el silo también es la mejor opción para el propósito del silo de despacho a granel, por lo que se procedió a seleccionarlo, teniendo en cuenta las necesidades del cliente y buscando dentro de las opciones que los proveedores internacionales ofrecían, Ver capítulo 4.4, Evaluación y análisis preliminar.

Figura 29. Diagrama de flujo del despacho a granel propuesto.



5.4 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS PRELIMINAR

El siguiente paso después de saber cuáles son las posibles opciones para las secciones de trabajo, almacenamiento y despacho a granel, es compararlas y

decidir cuál es la mejor opción para la planta en cada caso, y después pasar a seleccionar el tamaño de silo que más se acomode a la opción que se elija.

Habiendo realizado el análisis de las necesidades para cada una de las secciones de la planta, se comunicaron a los proveedores internacionales los resultados para que nos colaboraran con las respectivas cotizaciones, en cuanto a silos se refiere. Adelantándome a los resultados del capítulo debo aclarar que el fabricante escogido resulto siendo la empresa SCAFCO GRAIN SYSTEMS, ubicada en la ciudad de Spokane en el estado de Washington, Estados Unidos, debido principalmente a la calidad de los equipos ofrecidos y a su economía frente a las demás propuestas, por lo que de aquí en adelante para evitar prolongaciones del libro, se mostraran solamente las tablas de selección de esta empresa.

En el momento de la selección o diseño de un silo los proveedores nos piden informarles de ciertas variables que ellos deben conocer y que dependen tanto del lugar de instalación como del producto a almacenar, dichas variables son:

- Zona sísmica en la que se va a instalar el silo
- Velocidad promedio del viento
- Humedad relativa y temperatura del lugar
- Producto a almacenar
- Tiempo de almacenamiento del producto

Las primeras dos son para poder seleccionar la robustez del silo (anchos de lámina, anillos de refuerzo) y las tres siguientes para calcular la capacidad de sus sistemas de ventilación. Los datos entregados a los fabricantes fueron los siguientes:

- Zona sísmica 7
- Velocidad del viento promedio 3 a 4 Km./Hr
- Humedad relativa 80%

- Temperatura 25°
- Maíz y frijol soya
- Dos a tres meses de almacenamiento.

Con los datos recolectados se llegó a la conclusión que como la zona donde se instalarán los silos es denominada como de alta amenaza sísmica, estos tienen la necesidad de láminas gruesas y de stiffeners reforzados. Por otra parte el sistema de ventilación también tuvo la necesidad de incrementarse con respecto a lo considerado como promedio, ya que necesitó un sistema que pudiera inyectar 2600 cm³ de aire por segundo por m³ de producto almacenado (1/5 cfm/bu), debido a las altas temperaturas y humedades relativas del lugar.

Tabla 1. Propiedades del maíz y la soya según su porcentaje de humedad.

	Humedad [%]	Angulo de reposo	Peso especifico [Kg./m ³]
SOYA	7.5	34°	664
	12,0	36.3°	698
	19.5	39°	720
	23.1	43.5°	745
MAIZ	10,0	28,8	695
	13,0	29°	721
	17,1	31.5°	772
	19,5	32°	785

En almacenamiento de granos lo más recomendado para prolongar la vida del producto es mantenerlo en un 12% de humedad en peso y de 22° a 25° C y otras de las características de los granos a tener en cuenta son su densidad y su

ángulo de reposo, variables que dependen del porcentaje de humedad presente en el grano a almacenar, así como lo demuestra la tabla 1.

Para cuestiones de selección se asumirá el ángulo de reposo y el peso específico como los mismos para el frijol y la soya debido a la gran similitud que tienen, el cual se calculó promediando los valores tabulados y arrojando como resultado un valor aproximado de 720 Kg./m³ para su densidad y 34° para su ángulo de reposo.

5.4.1 Evaluación y análisis preliminar silos de almacenamiento

Resumiendo, las opciones para los silos de almacenamiento por evaluar, son tres:

- Silos en arreglo cuadrado
- Silos en arreglo lineal con dos silos de 1100 toneladas.
- Silos en arreglo lineal con silo único de 2200 toneladas.

Las cuales entraron a ser sopesadas para poder tomar la decisión de cuál de estas era la más adecuada, los conceptos que se tuvieron en cuenta fueron: La eficiencia del diseño, viabilidad de la obra, posibilidad para futuras expansiones y costos de fabricación y montaje.

Al momento de analizar el primer caso, con los silos en arreglo cuadrado, se observó una ventaja grande sobre las demás opciones y es que su localización permitiría el cargue directo de los elevadores de despacho y cargue, lo que la haría la más propicia para el funcionamiento de la planta, puesto que involucraría menor cantidad de equipos y un manejo central de los silos, pero tuvo que ser descartada por la presencia de una pequeña bodega, que resultaría costosa de reubicar.

En el tercer caso, aunque era una opción relativamente económica, esta resulta ser poco útil en casos como el actual donde se cosechan distintos tipos de granos, ya que se tendrían que mezclar para poder aprovechar la totalidad de la capacidad del silo.

La segunda opción fue tal vez la más costosa, pero al final termino siendo realmente la única alternativa que podría cumplir con las especificaciones que la empresa solicitaba. Por lo que se tomo la decisión de hacer el almacenamiento con silos de 1100 toneladas en arreglo lineal.

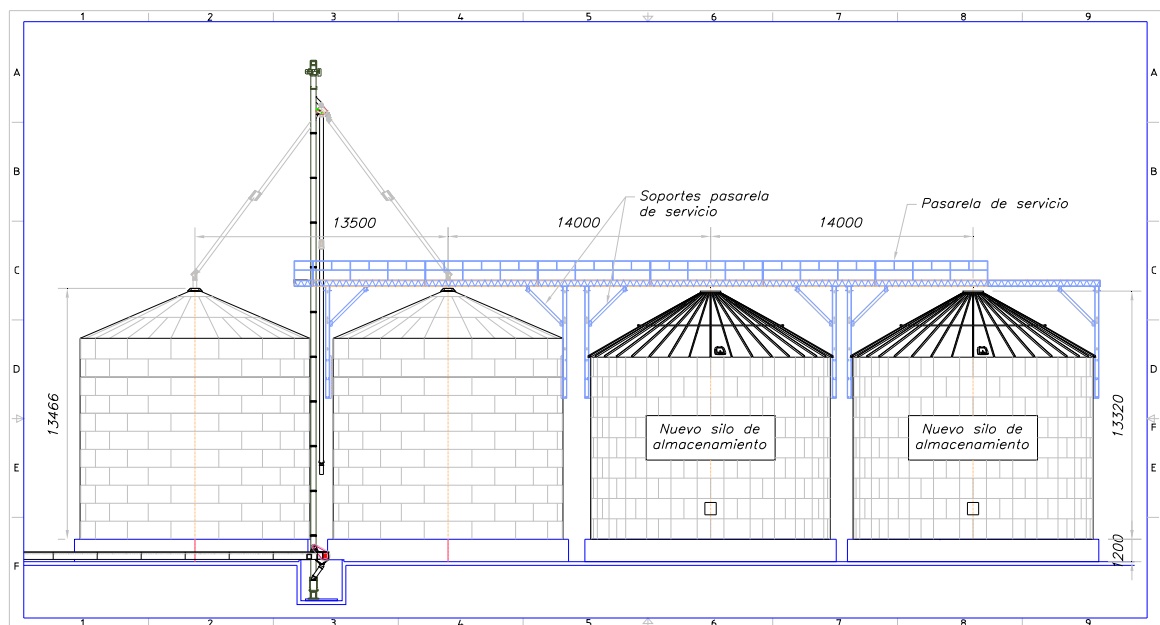
Tabla 2. Tabla de selección de silos de fondo plano

E S P E C I F I C A C I O N E S								
MODELO DE SILO	DIAMETRO		AL TURA DE ALERO		AL TURA TOTAL		CAPACIDAD BUSHELS	CAPACIDAD TONELADAS METRICAS TRIGO
	(PIES)	(METROS)	(PIES)	(METROS)	(PIES)	(METROS)		
3678S	36	10.97	78' 4"	23.87	88' 3"	26.89	70,528	1,919
3681S	36	10.97	81' 11"	24.96	91' 9"	27.97	73,608	2,003
3685S	36	10.97	85' 5"	26.04	95' 4"	29.05	76,688	2,087
3905	39	11.89	17' 11"	5.45	28' 8"	8.73	21,589	588
3906	39	11.89	21' 5"	6.53	32' 2"	9.81	25,204	686
3907	39	11.89	25' 0"	7.62	35' 9"	10.89	28,819	784
3908	39	11.89	28' 7"	8.70	39' 4"	11.98	32,433	883
3909	39	11.89	32' 1"	9.78	42' 10"	13.06	36,048	981
3932S	39	11.89	32' 1"	9.78	42' 10"	13.06	36,048	981
3936S	39	11.89	35' 8"	10.87	46' 5"	14.15	39,663	1,079
3940S	39	11.89	40' 1"	12.22	50' 10"	15.50	44,182	1,202
3944S	39	11.89	43' 8"	13.31	54' 5"	16.58	47,797	1,301
3948S	39	11.89	47' 11"	14.59	58' 8"	17.87	52,089	1,418
3952S	39	11.89	51' 5"	15.68	62' 2"	18.95	55,704	1,516
3957S	39	11.89	57' 0"	17.37	67' 9"	20.65	61,352	1,670
3961S	39	11.89	60' 7"	18.45	71' 4"	21.73	64,967	1,768
3964S	39	11.89	64' 1"	19.54	74' 10"	22.82	68,582	1,867
3968S	39	11.89	67' 8"	20.62	78' 5"	23.90	72,197	1,965
3971S	39	11.89	71' 3"	21.71	82' 0"	24.98	75,812	2,063
3975S	39	11.89	74' 9"	22.79	85' 6"	26.07	79,426	2,162
3978S	39	11.89	78' 4"	23.87	89' 1"	27.15	83,041	2,260
3981S	39	11.89	81' 11"	24.96	92' 8"	28.23	86,656	2,358
3985S	39	11.89	85' 5"	26.04	96' 2"	29.32	90,271	2,457
4205	42	12.80	17' 11"	5.45	29' 6"	8.99	25,350	690
4206	42	12.80	21' 5"	6.53	33' 1"	10.07	29,542	804
4207	42	12.80	25' 0"	7.62	36' 7"	11.16	33,735	918
4208	42	12.80	28' 7"	8.70	40' 2"	12.24	37,927	1,032
4209	42	12.80	32' 1"	9.78	43' 9"	13.32	42,119	1,146
4232S	42	12.80	32' 1"	9.78	43' 9"	13.32	42,119	1,146
4236S	42	12.80	35' 8"	10.87	47' 3"	14.41	46,312	1,260
4240S	42	12.80	40' 1"	12.22	51' 9"	15.76	51,552	1,403
4244S	42	12.80	43' 8"	13.31	55' 3"	16.85	55,744	1,517
4248S	42	12.80	47' 11"	14.59	59' 6"	18.13	60,723	1,653
4252S	42	12.80	51' 5"	15.68	63' 1"	19.22	64,915	1,767
4257S	42	12.80	57' 0"	17.37	68' 7"	20.91	71,466	1,945
4261S	42	12.80	60' 7"	18.45	72' 2"	21.99	75,658	2,059
4264S	42	12.80	64' 1"	19.54	75' 9"	23.08	79,851	2,173
4268S	42	12.80	67' 8"	20.62	79' 3"	24.16	84,043	2,287
4271S	42	12.80	71' 3"	21.71	82' 10"	25.25	88,235	2,401

Fuente: SCAFCO GRAIN SYSTEMS, LLC CATALOGUE. Spokane, Estados Unidos, 2002. Pág. 14.

De igual manera que los iniciales estos silos de almacenamiento deben ser de fondo plano, de igual diámetro y de similar altura a los dos primeros, por las razones ya expuestas anteriormente, lo que significa que necesitamos un silo de 42 pies de diámetro y una altura lo más cercana posible a los 13.5 m. Dentro de las opciones del fabricante la que más se acomoda a esta descripción es la de un silo 4232S, Tabla 2

Figura 30. Disposición final alzada silos de almacenamiento



En la figura 30 se puede apreciar la pasarela superior sobre los silos de almacenamiento, la cual es necesaria instalar para poder soportar y acceder al transportador que alimente al silo numero dos y a los futuros tres y cuatro, a la cual se tendría acceso desde la escalera de los elevadores gemelos EL-04 y 05.

Al igual que los silos iniciales estos silos van a ser soportados por una base en obra civil que cumple una doble función, la primera es la de aislar al silo de posibles acumulaciones de agua a su alrededor y la segunda es la de darle cabida al sistema de ventilación del silo y al transportador que descarga los silos. Cada

obra civil debe soportar el peso muerto del silo (12000 kilos) mas el de los equipos de transporte y soportes ubicados en su parte superior (1500 kilos por silo aproximadamente), una carga viva por los granos de 1100 toneladas, una carga sísmica respectiva a una zona 7 y además debe soportar la carga producida por el viento. El diseño de esta obra civil sobre la que descansan los silos debió ser encargada a un calculista civil, quien basándose en el estudio de suelos del lugar y en los datos anteriormente dichos generó una serie de especificaciones y planos de fabricación, Ver anexo A, los cuales sirvieron de guía para elaborar la obra civil del silo.

5.4.2 Evaluación y análisis preliminar silos de trabajo. De las únicas dos opciones con que contábamos para incrementar la capacidad de almacenamiento de los silos de trabajo, tenemos que descartar la que propone el arreglo cuadrado, aun siendo la más económica, por tener que utilizar en el proceso de trasiego entre los silos al transportador TC-00, el cual siempre debe estar disponible para ser utilizado en el cargue de los silos ó para el cargue de la secadora.

Ahora que sabemos cómo va a ser la disposición de los equipos debemos saber cuántos silos, de que diámetro y de que altura, deben ser instalados. La limitante para la selección de los silos la presenta la altura de descarga del elevador de cangilones EL-02, ya que aunque este puede ser alargado, se optó por no modificarlo y tratar de conseguir lograr la meta de almacenamiento con esta altura, para no incurrir en más gastos para el proyecto.

Después de tener en cuenta que a la descarga del elevador se debe instalar un freno y una serie de ductos y accesorios que restan un poco de altura, además de la necesaria pasarela y del transportador elevado que debe ir por encima de los silos, se llego a la conclusión que los silos no deben llegar a sobrepasar los 13.0 m de altura máxima.

Como ya se mencionó antes el ángulo de reposo del maíz y del frijol soya son muy similares y oscilan entre los 30 y 35 grados, dependiendo de su grado de humedad, por lo que el silo de fondo cónico seleccionado no puede tener una inclinación menor a esta para evitar estancamientos de producto, lo que nos hace seleccionar una tolva a 45°, que es lo suficientemente inclinada para su descargue.

Conociendo ya la altura máxima a la cual se pueden levantar los silos de trabajo, se procedió a tomar la decisión de cuál de los diferentes diámetros nos podrían dar la capacidad necesitada (220 toneladas @ 0,72 ton/m³ = 305 m³) y a su vez ver cual sería la menor cantidad de silos necesarios para esto. Un silo modelo 1508 de 15 pies de diámetro (4.6 m) con una altura cercana a los 13 metros es capaz de almacenar cerca de 160 m³, Ver tabla 3, por lo que dos de estos pueden lograr la meta de almacenamiento, también existe la posibilidad de instalar un solo silo 2107 de 21 pies (6,4 m), con una capacidad de 293 m³, muy cercanos a los 305 solicitados.

Por la misma razón que en los silos de almacenamiento, la necesidad de manejar diferentes tipos de granos sin tener que mezclarlos, determinó que instalar la opción con dos silos permitiría más posibilidades de acopio, lo que genero la distribución que en alzada se muestra en la figura 31.

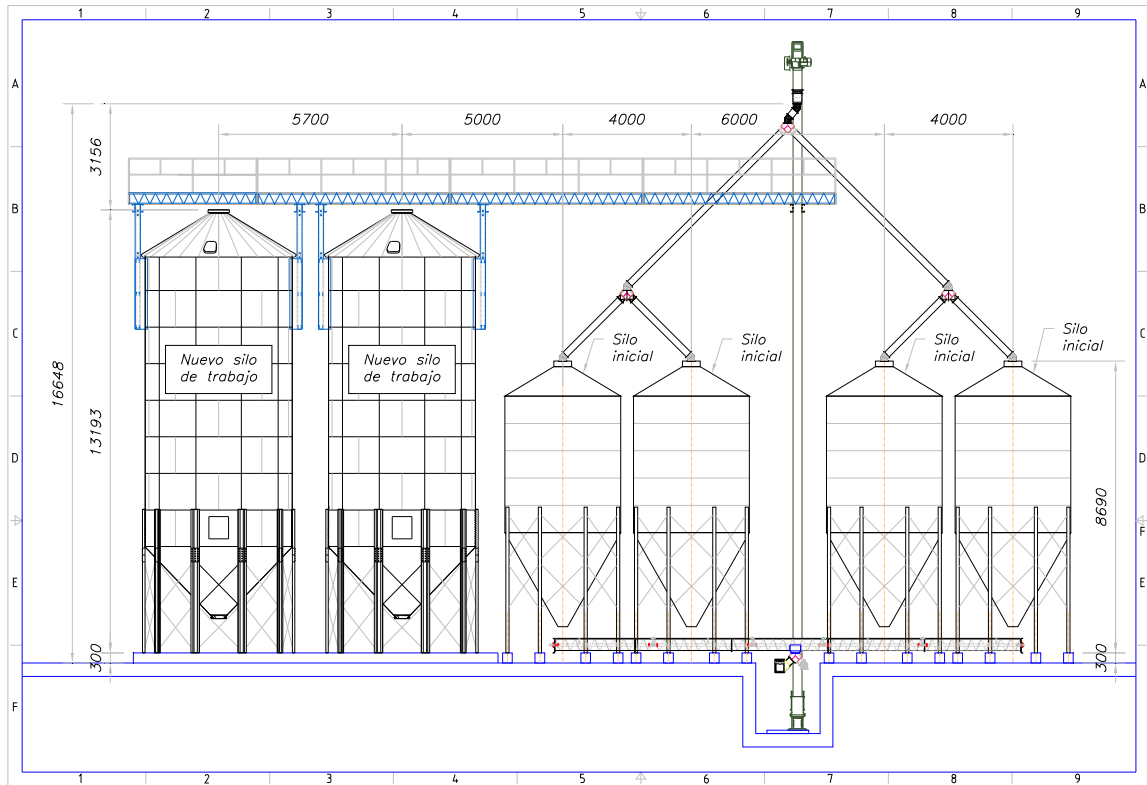
Este diseño se concibió con una pasarela en su parte superior apoyada en los silos y en los elevadores EL-02 y EL-03 para soportar el elevador que cargue los silos.

Tabla 3. Selección de silos tolva

ESPECIFICACIONES								
MODELO DE SILO	DIAMETRO (PIES) (METROS)		ALTURA TOTAL (PIES) (METROS)		VOLUMEN CAPACIDAD (PIES CUBICOS) (METROS CUBICOS)		BUSHELS +5% COMPACTACION*	@ 770 KG/M3 ³ COMPACTACION*
SILOS TOLVA DE 60° - DESCARGA CENTRAL								- continua
2107SHBT-60**	21'	6.40	51' 0"	15.55	11,243	318.4	9,486	257.0
2108SHBT-60**	21'	6.40	55' 0"	16.77	12,623	357.5	10,651	288.6
2109SHBT-60**	21'	6.40	58' 7"	15.87	13,842	392.0	11,679	316.4
2110SHBT-60**	21'	6.40	62' 2"	18.94	15,060	426.5	12,707	344.3
2111SHBT-60**	21'	6.40	66' 7"	20.30	16,583	469.6	13,992	379.1
2112SHBT-60**	21'	6.40	69' 3"	21.11	17,497	495.5	14,763	400.0
2114SHBT-60**	21'	6.40	74' 4"	22.67	19,249	545.1	16,241	440.1
SILOS TOLVA DE 45° - DESCARGA CENTRAL								
1201HBT	12'	3.66	15' 10"	4.82	744	21.1	598	16.2
1202HBT	12'	3.66	19' 4"	5.90	1,142	32.3	918	24.9
1203HBT	12'	3.66	22' 11"	6.99	1,540	43.6	1,237	33.5
1204HBT	12'	3.66	26' 6"	8.07	1,938	54.9	1,557	42.2
1205HBT	12'	3.66	30' 0"	9.15	2,336	66.1	1,877	50.9
1501HBT	15'	4.57	18' 3"	5.56	1,294	36.6	1,040	28.2
1502HBT	15'	4.57	21' 10"	6.64	1,916	54.3	1,539	41.7
1503HBT	15'	4.57	25' 4"	7.73	2,537	71.9	2,039	55.2
1504HBT	15'	4.57	28' 11"	8.81	3,159	89.5	2,539	68.8
1505HBT	15'	4.57	32' 6"	9.89	3,781	107.1	3,038	82.3
1506HBT	15'	4.57	36' 0"	10.98	4,403	124.7	3,538	95.9
1507SHBT**	15'	4.57	39' 9"	12.11	5,024	142.3	4,239	114.9
1508SHBT**	15'	4.57	43' 4"	13.19	5,646	159.9	4,764	129.1
1509SHBT**	15'	4.57	46' 10"	14.28	6,268	177.5	5,288	143.3
1510SHBT**	15'	4.57	50' 5"	15.36	6,889	195.1	5,813	157.5
1511SHBT**	15'	4.57	54' 10"	16.72	7,667	217.1	6,469	175.3
1804HBT	18'	5.49	31' 5"	9.58	4,741	134.3	4,000	108.4
1805HBT	18'	5.49	35' 0"	10.66	5,636	159.6	4,756	128.9
1806SHBT	18'	5.49	38' 6"	11.75	6,532	185.0	5,511	149.3
1807SHBT**	18'	5.49	42' 1"	12.83	7,427	210.3	6,266	169.8
1808SHBT**	18'	5.49	46' 2"	14.06	8,446	239.2	7,127	193.1
1809SHBT**	18'	5.49	49' 8"	15.15	9,342	264.5	7,882	213.6
1810SHBT**	18'	5.49	53' 3"	16.23	10,237	289.9	8,637	234.0
1811SHBT**	18'	5.49	57' 8"	17.59	11,356	321.6	9,581	259.6
1812SHBT**	18'	5.49	60' 4"	18.40	12,027	340.6	10,148	275.0
1814SHBT**	18'	5.49	65' 6"	19.96	13,314	377.0	11,234	304.4
2104HBT	21'	6.40	33' 9"	10.29	6,714	190.1	5,665	153.5
2105HBT	21'	6.40	37' 4"	11.38	7,933	224.6	6,693	181.4
2106SHBT**	21'	6.40	40' 11"	12.46	9,151	259.1	7,721	209.2
2107SHBT**	21'	6.40	44' 5"	13.55	10,370	293.6	8,749	237.1
2108SHBT**	21'	6.40	48' 6"	14.78	11,758	332.9	9,920	268.8
2109SHBT**	21'	6.40	52' 1"	15.87	12,976	367.5	10,949	296.7
2110SHBT**	21'	6.40	55' 7"	16.95	14,195	402.0	11,977	324.5
2111SHBT**	21'	6.40	60' 1"	18.30	15,718	445.1	13,262	359.3
2112SHBT**	21'	6.40	62' 9"	19.12	16,632	471.0	14,033	380.2
2114SHBT**	21'	6.40	67' 10"	20.67	18,383	520.6	15,511	420.3

Fuente: SCAFCO GRAIN SYSTEMS, LLC CATALOGUE. Spokane, Estados Unidos, 2004, Pág. 8.

Figura 31. Disposición final alzada silos de trabajo.



El acceso a esta pasarela se haría desde la escalera del elevador EL-02 ó por cualquiera de las respectivas escaleras de los futuros silos.

De igual manera que en los silos de almacenamiento fue necesario acudir al calculista civil para que diseñara las bases que iban a soportar los silos de trabajo, con la diferencia que para estos silos la base solo es de 30 cms de altura, con la única finalidad de evitar posibles acumulaciones de agua en su base. Las cargas a las que estarían sometidas las bases del silo para este caso serian: Un peso muerto de los silos de 6200 kilos por silo mas unos 750 kilos de peso de los equipos y a esto se le sumaria una carga viva de 130 toneladas debida al grano.

5.4.3 Evaluación y análisis preliminar silo de granel

Las características con las que el silo debe contar son:

- Debe ser de fondo cónico para que se descargue por gravedad
- Debe almacenar por lo menos la capacidad de un mula (35 toneladas = $50 \text{ m}^3 @ 0,72 \text{ Ton/m}^3$)
- No necesita tener sistemas de ventilación ni de termometría.
- Debe ser la opción más económica del fabricante que cumpla con todos las anteriores requisitos.

Como se aprecia en la tabla de selección de silos de uno de los fabricantes, (Tabla 3), existen dos opciones de silo de fondo cónico a 45° que se acercan por encima a la capacidad requerida de 50 m^3 , el silo modelo 1204 con 54.9 m^3 y el 1502 con 54.3 m^3 . Donde para mejor comprensión del lector las dos primeras cifras del modelo representan su diámetro en pies y sus siguientes dos, el número de anillos que tiene su cuerpo. Por lo que se calcula que estamos seleccionando silos de 12 o 15 pies (3.66 o 4.57 metros) de diámetro con 4 o dos anillos respectivamente.

Ya que cualquiera de estos dos silos cumpliría con los requerimientos de capacidad y de descarga, la variable económica entro a ser la que decidió que de estos dos la mejor elección seria el silo de 12 pies de diámetro.

Estructura de soportación silo de granel: Para la estructura de soportación del silo de despacho existían las posibilidades de hacerla en obra civil o fabricar una estructura metálica, pero por razones puramente económicas se decidió por la primera opción, por lo que el diseño de la estructura de soportación del silo pasó a ser trabajo del calculista civil, siendo los requisitos que esta debería tener los siguientes:

- Deberá tener una altura libre mínima de 4.5 m
- Para fácil maniobra la estructura debe tener una luz entre columnas de 4.5 m, en el sentido de paso de los vehículos.
- La estructura debe soportar una carga viva de 40 toneladas debido al peso del grano a almacenar y un peso muerto de aproximadamente 2 toneladas debidas al peso mismo del silo, mas la tubería que lo alimenta.
- Debido a la geometría del silo seleccionado. la estructura en su parte superior debe soportar al silo en ocho puntos distribuidos uniformemente en una circunferencia de 3.7 m de diámetro.

Los resultados de presentar los anteriores requerimientos al calculista civil se presentan como planos de fabricación de la obra civil en el anexo A. La disposición final de la obra civil junto con el silo seleccionado se puede observar en las figuras 32 y 33.

Figura 32. Ubicación estructura del silo de despacho a granel

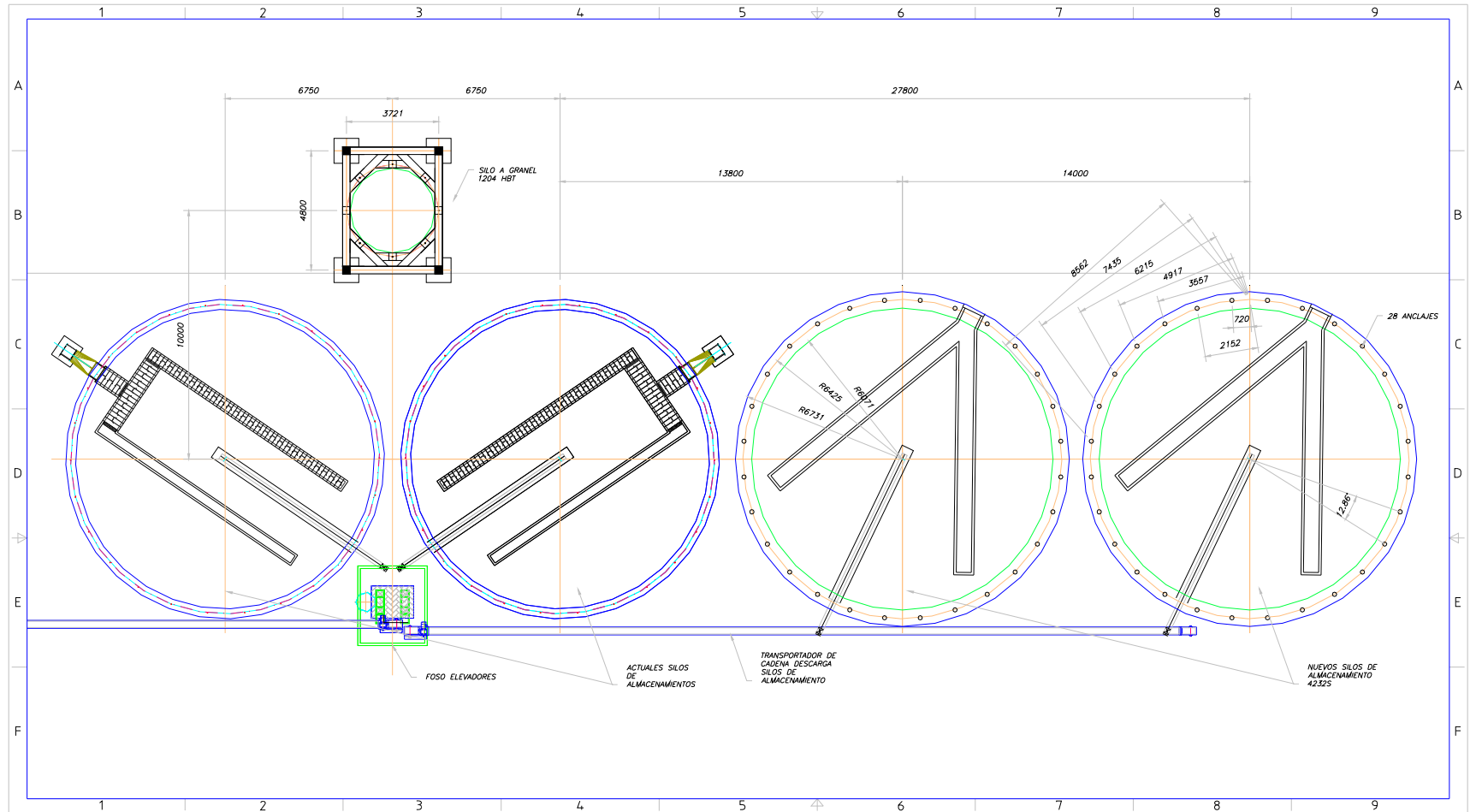
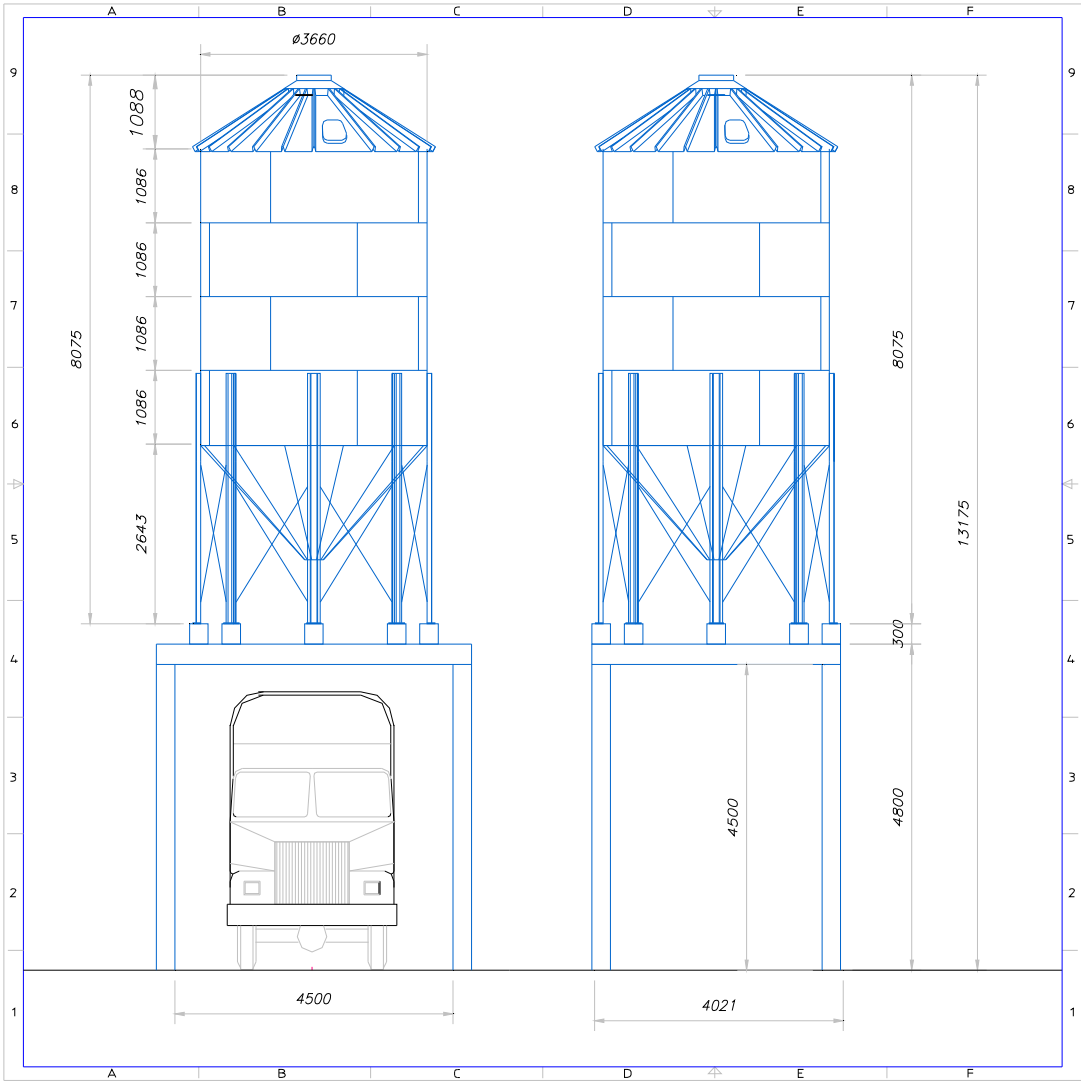


Figura 33. Silo y estructura de despacho a granel



6. REFINACIÓN DEL DISEÑO

Aunque ya está decidido como debe ser la distribución de planta, todavía no se ha definido cual debe ser la forma en que se transporte el grano, es decir, ¿con que?, ¿cómo va a ser transportado hacia los diferentes silos? y cuáles deben ser los requerimientos que estos equipos de transporte deben cumplir para que se puedan realizar los diferentes procesos en la planta.

A continuación se desarrollará el diseño del diagrama de flujo del sistema de transporte y la selección de los tipos de transportadores para el cargue y descargue de los silos seleccionados en las diferentes secciones, señalando las características más relevantes de cada una de las opciones disponibles para solucionar el problema del transporte de grano tanto vertical como horizontalmente.

6.1 DIAGRAMA DE FLUJO SILOS DE TRABAJO

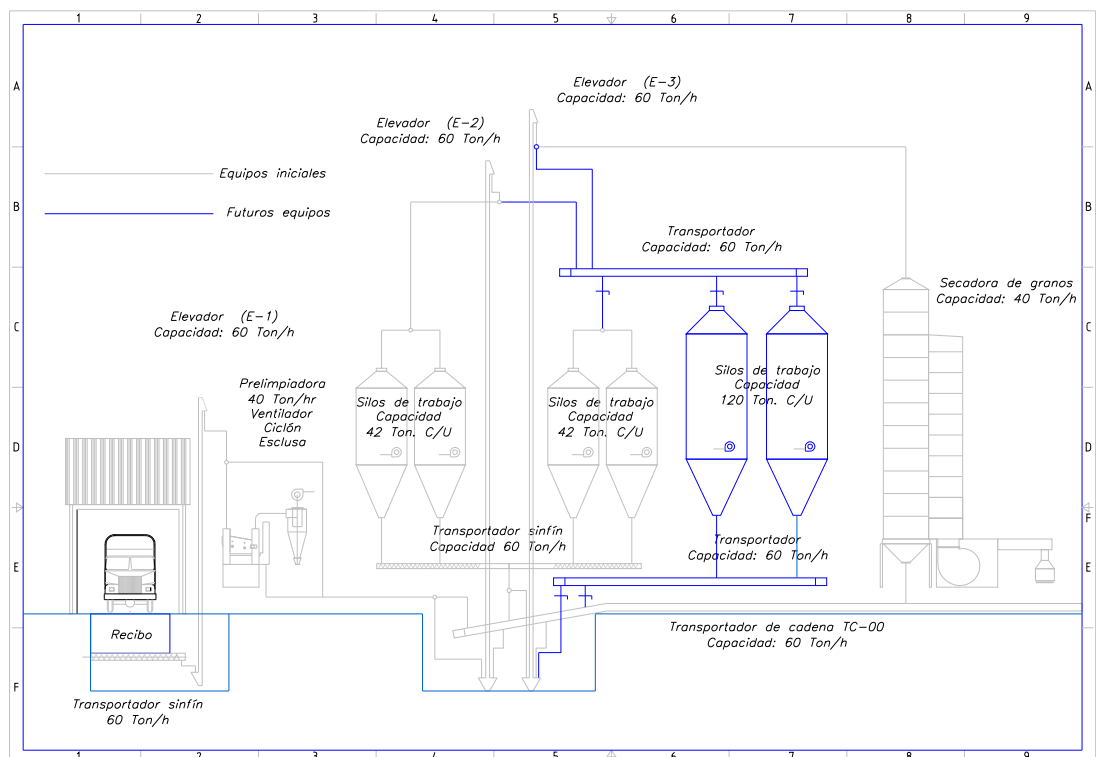
Los requerimientos que se deseaba cumplieran en cada una de las secciones, se tomaron en decisión conjunta con los administradores de la planta y el personal técnico que la maneja, de esa reunión se plantearon las siguientes necesidades para la sección de los silos de trabajo.

- Debe existir la posibilidad de trasiego entre todos los silos de trabajo
- Se debe poder descargar de los silos de trabajo tanto al elevador EL-03 como al transportador TC-00

- Los equipos de transporte deben tener la misma capacidad que la de los equipos iniciales (40 Ton/Hr)
- Se debe poder alimentar todos los seis silos desde el elevador EL-02

Lo que generó el siguiente diagrama de flujo:

Figura 34. Diagrama de flujo silos de trabajo



Con el diagrama de flujo diseñado se logra cumplir todos los requisitos anteriormente dichos, con la única excepción de no poder hacer trasiego desde el elevador EL-03 a dos de los silos iniciales de trabajo ya que para que el transportador que se planea instalar sobre los silos de trabajo pueda alimentar esos dos silos, debe instalarse un soporte adicional desde piso para la pasarela y para el mismo transportador, debido a que los silos de trabajo iniciales no están diseñados para la instalación de soportes ni para cargas sobre sus techos. Sin

embargo el trasiego a estos dos silos iniciales todavía es posible por medio del transportador TC-00 y el elevador EL-02, pero solo en momentos donde no se esté recibiendo grano ni llevando a los silos de almacenamiento.

Las directivas de la compañía (ALIAR S.A.) aceptaron esta propuesta para la sección de los silos de trabajo, porque aun con esta pequeña discapacidad, se les hizo notar que la mayor cantidad de grano va a estar almacenado en los silos donde sí se puede hacer directamente el trasiego y que eventualmente se puede hacer este trasiego como se dijo antes, en momentos en que no se esté almacenando producto.

6.2 DIAGRAMA DE FLUJO SILOS DE ALMACENAMIENTO

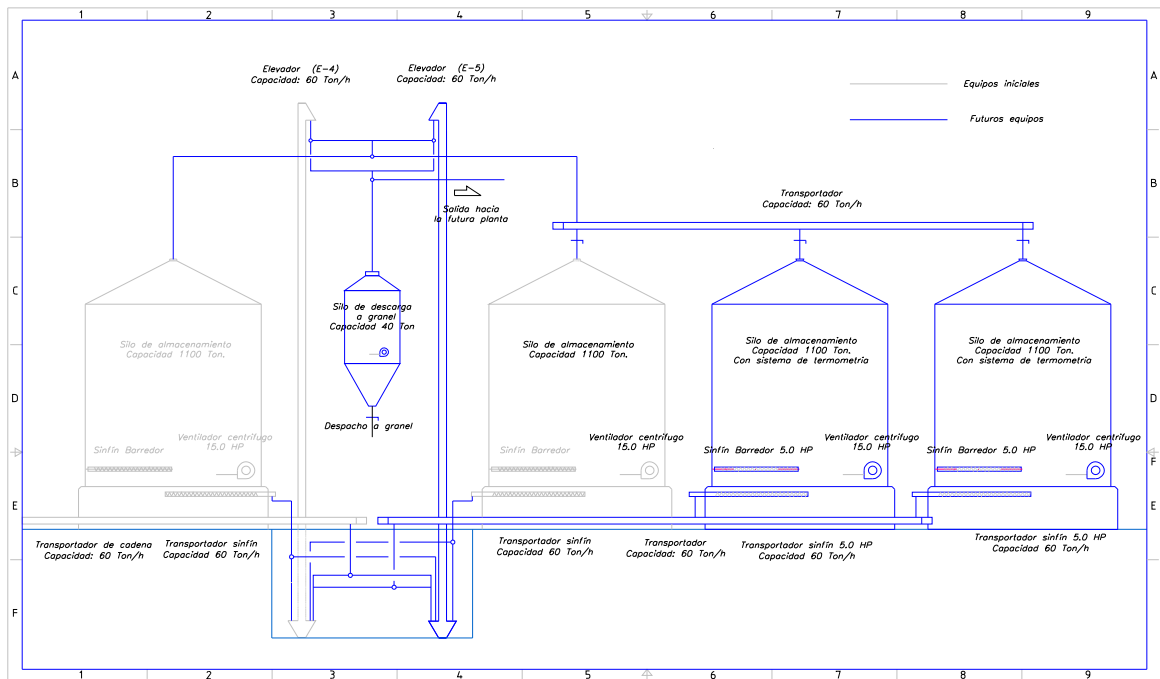
De igual forma que en la sección de los silos de trabajo, para el almacenamiento se tuvieron en cuenta ciertas condiciones de funcionamiento impuestas por la administración de la planta, las cuáles fueron:

- Los silos de almacenamiento deben tener la posibilidad de trasiego
- Como anteriormente se dijo debe poderse suministrar producto simultáneamente a dos de los tres destinos que este puede tener; a los silos, al despacho a granel ó a la futura planta de concentrados.
- Se debe poder manejar el producto desde cualquier silo hacia cualquier destino.
- Los equipos deben tener las mismas capacidades que los actualmente instalados.

- Se deben poder realizar simultáneamente, al menos dos de las tres principales funciones de la sección, (trasiego, alimentación de la planta de concentrados y despacho a granel).

Partiendo de estas directrices se generó el diagrama de flujo que se presenta en la figura 35. En el diagrama se presentan los distintos transportadores y su ubicación, necesarios para poder realizar todas las funciones requeridas

Figura 35. Diagrama de flujo silos de almacenamiento



7. SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE TRANSPORTE

El propósito de este capítulo es seleccionar el equipo de transporte más adecuado en cada uno de las distintas necesidades que surgen en las diferentes secciones. Existen dos tipos de transporte dependiendo de la dirección en que se desea que se desplace el producto, transporte horizontal y transporte vertical, y existen varios equipos especializados para cada uno de ellos, al igual como hicimos con el sistema de almacenamiento, la idea es exponer cada una de las posibilidades existentes, mostrar sus principales características y mostrar porque son más útiles unas que otras para nuestras necesidades.

7.1 EQUIPOS DE TRANSPORTE HORIZONTAL

Para el manejo de granos se pueden utilizar distintos tipos de transportadores, como ya hemos dicho para los equipos de transporte horizontal en la planta de “LA FAZENDA” se decidió que deberían ser del tipo transportador de cadena, pero antes de tomar esa decisión ya se habían sopesado las diferentes posibles opciones que existen para el transporte de granos y que METALTECO LTDA, podía ofrecer.

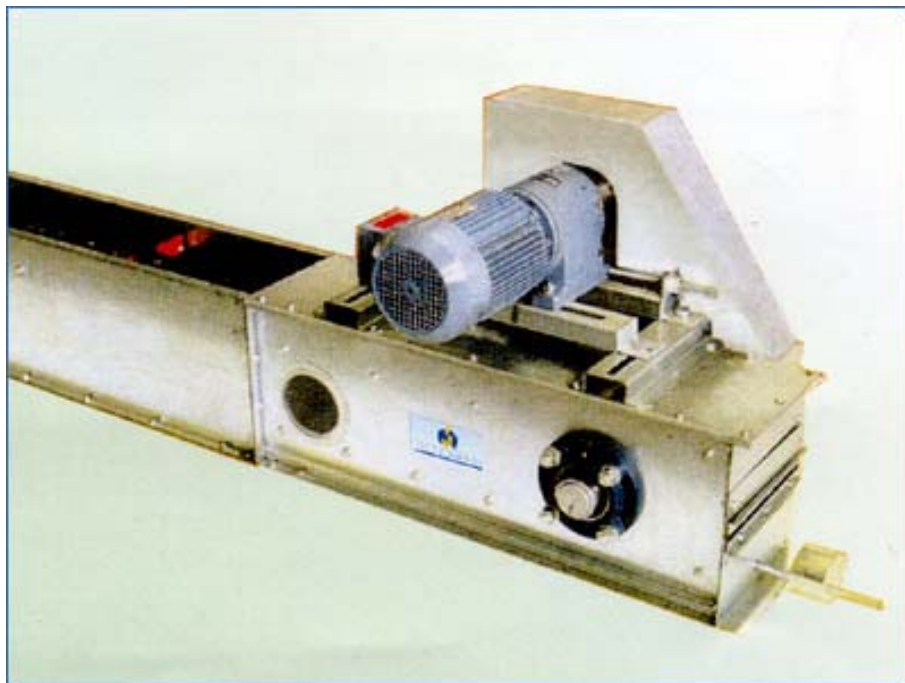
Probablemente todas las opciones pueden realizar el objetivo de transportar granos, pero algunas presentan ciertas ventajas con respecto a las otras, según la función que cumplan.

Las posibles opciones serian

- Transportadores de cadena
- Transportadores de rosca o sinfín
- Transportadores de banda

7.1.1 Transportador De Cadena. Conocido también por el nombre de “redler”, este equipo consiste de dos cabezotes, uno de tensión y otro de tracción, en los que se soportan sendos piñones que hacen mover de ida y vuelta una cadena eslabonada con paletas que arrastran el producto a transportar a través de su cuerpo, el cual esta seccionado en tramos para su fácil transporte e instalación.

Figura 36. Cabezote transportador de cadena



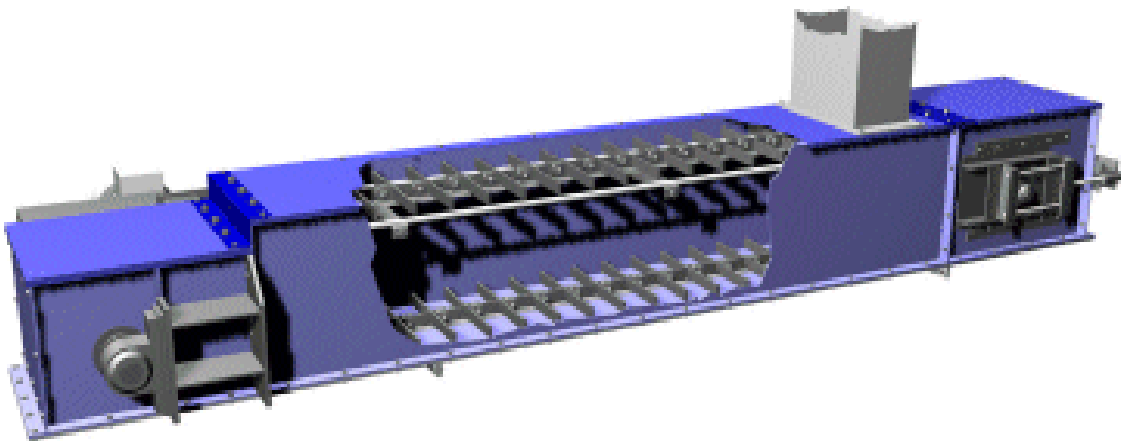
Fuente: TECNOGRAIN. Grain Conveyors. [on line]. Estados unidos, 2002 [citado en Octubre de 2007]
Disponible en Internet: <<http://www.tecnograin.com/eng/grain-conveyors.asp>>

Este tipo de transportador presenta la ventaja de tratar los granos con delicadeza ya que su transporte es por medio del arrastre y no presenta en ningún momento un impacto directo contra este. Es un equipo confiable y de gran sencillez, que presenta pocos fallos y que pide un bajo nivel de elementos en stock para su mantenimiento, permite el transporte hacia cualquiera de sus lados implementando un simple inversor de marcha y también distintos puntos de carga

y descarga, también permite el transporte de grandes volúmenes de granos sin incurrir en grandes potencias.

Los transportadores de cadena se utilizan para transportar, alimentar, dosificar, distribuir y descargar los materiales a granel. La construcción hermética asegura que el material esté transportado de una manera libre de polvo y sin polución. El transportador de cadena puede transportar diversos tipos de materiales a granel sin mezcla de productos o la destrucción de granos. Es en gran parte posible adaptar el transportador a las condiciones locales, es decir una planta se puede arreglar en los varios niveles de funcionamiento, el arreglo puede por ejemplo ser horizontal, vertical o circular, o una combinación de éstos, en adición el transportador de cadena puede transportar el material multidimensionalmente a la vez.

Figura 37. Transportador de cadena



Fuente: LESSINES INDUSTRIES SA. Chain Conveyor Redler. [On line]. Estados Unidos, 2002 [citado en Julio de 2007] Disponible en Internet: <<http://www.lessinesindustries.com/en/products/conveying/chain-conveyor/>>

Sus posibles inconvenientes son más bien pocos y fáciles de solucionar.

- Presenta roturas inesperadas de la cadena de transporte

- Se acumulan continuamente cabuyas o pitas en sus piñones de tracción, incurriendo en posibles desencadenamientos.
- Se desgasta su lámina inferior debido a la continua fricción del producto arrastrado.
- Sus paletas se deforman con el uso disminuyendo su eficiencia de transporte.

La capacidad en toneladas por hora de un redler se puede calcular de la siguiente manera:

$$C \approx A.N.60.\eta.P.\rho$$

Donde:

C: Capacidad del transportador $\left[\frac{\text{Ton}}{\text{Hr}} \right]$

A: Área transversal de transporte de material $\left[m^2 \right]$

N: Velocidad del piñón del cabezote de tracción $\left[RPM \right]$

η : Numero de dientes en el piñón de tracción

P: Paso de la cadena de transporte $\left[m \right]$

ρ : Densidad del material $\left[\frac{\text{Ton}}{m^3} \right]$

Ahora para calcular un dato aproximado de su consumo de potencia el cálculo es el siguiente:

$$P \approx \frac{\left(\frac{L + 2.5}{0,3048} \right) \times \left(\frac{C \times 28,38}{\rho} \right)}{55000}$$

Donde:

P: Potencia [HP]

L: Longitud total del transportador [m]

C: Capacidad del transportador $\left[\frac{\text{Ton}}{\text{Hr}} \right]$

ρ : Densidad del material $\left[\frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \right]$

7.1.2 Transportador de tornillo o sinfín. Uno de los más viejos y más simples métodos de mover los materiales a granel, es compacto, adaptable fácilmente a las localizaciones congestionadas y se puede montar en configuraciones horizontales, verticales, e inclinadas. Consistente de un tornillo transportador que rota en un canal inmóvil. El material puesto en el canal es movido a lo largo de su longitud por la rotación del tornillo, que es apoyado por los cojinetes de la suspensión.

Las entradas, los enchufes, las puertas y otros accesorios controlan el material. Sus soportes son simples y de fácil instalación. Estos transportadores versátiles se pueden utilizar para controlar el flujo del material en las operaciones de proceso que dependen del procesamiento por lotes o una dosificación exacta, o también como mezclador o agitador, para mezclar los ingredientes secos o fluidos, proporcionar la cristalización o la acción del coagulante, o para mantener soluciones en suspensión. Los transportadores del tornillo se pueden sellar con eficacia para evitar que el polvo o los humos se escapen, o para que no entre suciedad o humedad. Pueden ser enchaquetados para servir como un secador o refrigerador, o equipados en una variedad amplia de materiales para resistir la corrosión, la abrasión o el calor. Los transportadores del tornillo se utilizan como los taladros de la tierra para cavar los agujeros del poste o para agujerear debajo de las carreteras para la instalación de alcantarillas. También se utilizan extensivamente en cosechadoras, máquinas trilladoras, prensas, sopladores de forraje y muchos otros materiales agrícolas.

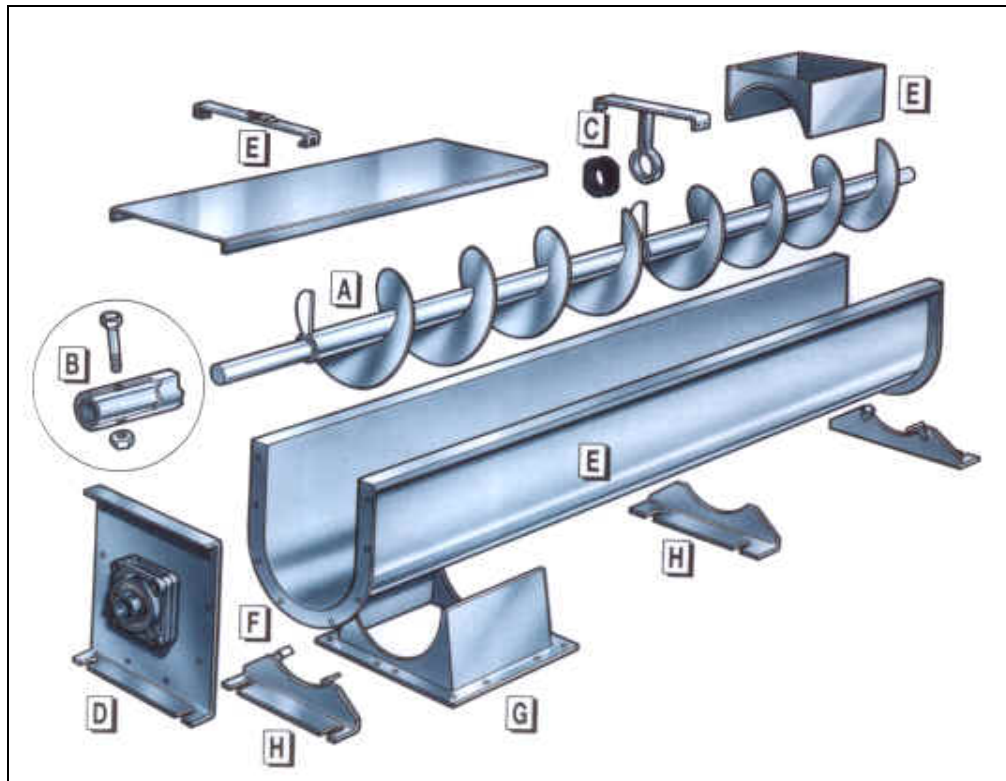
En la figura 38 se pueden observar los componentes principales de un transportador de rosca típico, las cuales son:

- A. Eje roscado
- B. Puntas de transmisión y soporte
- C. Colgante
- D. Láminas testeras
- E. Cubierta, canal y tolva de entrada
- F. Bridas
- G. Tolva de descarga
- H. Soportes

Estos equipos de eficiencia comprobada y mundialmente utilizados para el transporte de infinidad de productos presentan algunos inconvenientes en el momento del transporte de granos, algunas desventajas de este equipo son:

- No es el indicado cuando se trata de un manejo delicado del producto, ya que debido a su principio de translación, este es agitado constantemente por todo su recorrido.
- Su consumo de potencia es considerablemente mayor.
- Los atascamientos son más frecuentes ya que son menos tolerables a los posibles elementos sólidos que se puedan introducir.
- La única manera de controlar su flujo de producto es por medio de la relación de los tamaños de sus poleas o piñones en su transmisión de potencia ó con variadores de velocidad electrónicos.

Figura 38. Transportador de rosca



Fuente: SCREW CONVEYOR CORPORATION. Components. [on line], 2002 [citado en Septiembre de 2007]
Disponible en Internet: < <http://www.screwconveyor.com/components.htm>>

La potencia necesaria, si se transportan granos, en sinfines horizontales puede calcularse con la siguiente formula.

$$P \approx \frac{(A.K)}{(1000)}$$

Donde:

$$A \approx 4.13 \times C \times L$$

C: Capacidad del transportador $\left[\frac{m^3}{Hr} \right]$

L: Longitud [m]

Y el factor K se calcula:

2.0 para A = 1 ó menor

1.5 para A entre 1 y 2

1.25 para A entre 2 y 4

1.1 para A entre 4 y 5

1.0 para A superior a 5

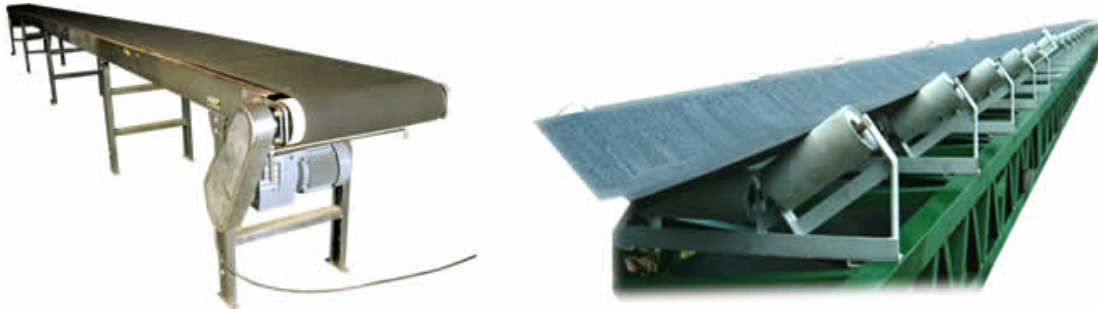
La capacidad de un sinfín está dada por:

Tabla 4. Capacidades teóricas de transportadores sinfines a 100% de llenado

	Diámetro aleta [mm]	Diámetro del eje [mm]	Paso [mm]	Velocidad máxima [rpm]	Capacidad a N=1RPM [m ³ /Hr]
Sinfín Ø4"	101.6	48	101.6	315	0.0006398
Sinfín Ø6"	152.4	60	152.4	300	0.0023491
Sinfín Ø8"	203.2	60	203.2	280	0.0060150
Sinfín Ø10"	254	73	254	265	0.0118072
Sinfín Ø12"	304.8	89	304.8	255	0.0203438
Sinfín Ø15"	381	89	381	240	0.0410672

7.1.3 Transportadores de banda

Figura 39. Transportadores de banda tipo plano y en “V”



Un transportador de banda o correa consiste de dos poleas, y de una banda que rota continuamente sobre ellas. Una o las dos poleas ubicadas en sus extremos se accionan por medio de motorreductores, moviendo la banda y el material en la correa. La polea accionada se llama la polea impulsora mientras que la otra se llama conducida. Hay dos clases industriales principales de los transportadores de banda dependiendo del asiento de la banda, pues puede estar constituido por rodillos o por bandeja que a su vez puede ser plana o de arreglo en “V”. La banda consiste de una o más capas de material, muchas bandas en el lado de carga del material generalmente tienen dos capas. Una capa inferior de material para proporcionar fuerza llamada lona y una capa exterior llamada cubierta. Las lonas son a menudo un algodón o una tela o un acoplamiento del plástico. La cubierta es a menudo de varios compuestos del caucho o de plástico. Las cubiertas se pueden hacer de materiales más particulares para usos inusuales tales como silicón para el calor o el caucho de la goma cuando la tracción es esencial.

Los transportadores de banda son ideales para transportes con inclinación y para artículos pequeños o de base desigual, no presentan atascamientos de ningún tipo, están disponibles en diferentes anchuras y longitudes, y en ciertos diseños

permiten transportar por recorridos curvos. Además se considera un sistema de trabajo de ahorro, que permite que grandes volúmenes se muevan rápidamente en un proceso, permitiendo que las compañías envíen o que reciban volúmenes más altos con un espacio de almacenaje más pequeño y con menos costo de trabajo al tener la menor relación entre potencia consumida y su capacidad de transporte.

Las capacidades de los transportadores de banda están dadas por el área transversal que pueda albergar multiplicado por la velocidad lineal de la banda. Debido a que su construcción se puede dar de distintas maneras, tanto por su ancho como por su inclinación y el número de rodillos, no existe una fórmula universal para el cálculo de su capacidad, para deducir su capacidad se debe recurrir a tablas de los distintos fabricantes o proceder a calcular el área en cuestión.

Para calcular el consumo de potencia de una banda existen bastantes variables que se tienen que tener en cuenta, ya que su cálculo depende no solamente de su capacidad y longitud, sino que intervienen otros factores como son la fricción de los rodillos o la bandeja contra la banda, la cantidad de trenes de carga de rodillos, el peso de los rodillos de retorno y de carga, y el diámetro de la polea de tracción.

Este tipo de transportador tiene una serie de inconvenientes frente a otros tales como:

- Pueden llegar a costar un 50% más que uno de cadena o de sinfín.
- No se puede llegar a tener un control total del flujo del producto.
- Al tener una mayor cantidad de partes móviles se necesita un mayor stock de piezas para su mantenimiento.
- Al no poderse cubrir en su totalidad puede llegar a presentar problemas de polución cuando transporta productos muy pulverulentos.

- Puede presentarse el caso del desprendimiento o rasgadura de la banda y para su arreglo se necesita de personal técnico con el conocimiento del procedimiento de pegado de la banda.

7.2 EQUIPOS DE TRANSPORTE VERTICAL

En el caso del transporte vertical de granos en alturas considerables y en espacios reducidos, las opciones son muy limitadas ya que aunque pueden existir otras opciones, METALTECO solo puede ofrecer la elevación de granos por medio de elevadores de cangilones o de sistemas de transporte neumático.

7.2.1 Elevadores de cangilones. Los elevadores de cangilones son el medio más eficiente para elevar granos, ingredientes peletizados, harinas, alimentos terminados, y casi todos los materiales, a excepción de los pegajosos que no se descarguen fácilmente del cangilón. Estos equipos son los más eficientes ya que requieren menos cantidad de potencia para el transporte vertical que cualquier otro sistema.

Los elevadores de cangilones están constituidos esencialmente por una cinta en forma de anillo, en el que están fijados cangilones a intervalos regulares, que gira sobre dos poleas puestas en los extremos del aparato, todo encerrado en una tubería metálica denominada “pierna”. La polea de cabeza realiza las funciones de tambor motor y su diámetro está dimensionado para permitir una fácil y completa descarga del material. El producto es conducido al pie del elevador para ser recogido en secuencia continua por los cangilones y transportado en vertical sobre el cabezal donde, por la peculiar forma de éste y por efecto de la velocidad de transporte, es proyectado hacia la descarga.

Figura 40. Cangilones y banda de elevador



Fuente: AFM INDUSTRIES. [On line]. Inglaterra, [citado en enero de 2008] Disponible en Internet:
<http://www.afmindustries.com/products/images/elevator_jpg.jpg>

La capacidad de un elevador de cangilones está dada por:

$$C \approx D.\pi.N.60.V.\rho.k.d$$

Donde:

C: Capacidad del elevador $[Ton/Hr.]$

D: Diámetro de la polea de tracción $[m]$

π : 3.1416

N: Velocidad de la polea de tracción $[RPM]$

V: Volumen de cada cangilón $[m^3]$

ρ : Densidad del material $\left[\frac{\text{Ton}}{\text{m}^3} \right]$

k: Factor de llenado del cangilón

d: Número de cangilones por metro lineal de banda

Figura 41. Descarga elevador de cangilones



Fuente: POWDER AND BULK. [On line]. Estados Unidos, [citado en Julio de 2007] Disponible en Internet:
<http://www.powderandbulk.com/pb_services/newsletter/june_18_2007.htm>

El consumo de potencia varía según la referencia del fabricante pero una fórmula muy aproximada para su cálculo es:

$$P \approx \frac{CxH}{k}$$

Donde:

P: Potencia del elevador [HP]

C: Capacidad del elevador $[Ton/Hr]$

H: Altura entre ejes de las poleas $[m]$

k: Factor de transformación (150 para elevadores de menos de 7.5 KW y 160 para elevadores de potencias mayores)

7.2.2 Sistemas de transporte neumático. Permiten transportar rápida y eficientemente todos los tipos de materiales, desde las fibras y los residuos de madera hasta el cemento. Los sistemas a alta presión son ideales para el transporte de virutas de madera, serrines, polvos, cortezas, lodos y pulpa. Estos sistemas son muy utilizados en las plantas de celulosa y papel así como en los aserraderos y en las plantas de fabricación de paneles de madera. Son también muy usados para el transporte de granos, polvos de cemento, cal, sulfatos, gránulos de plástico y varios materiales de la industria alimenticia.

Estos equipos son una mezcla de transporte horizontal y vertical, son los más versátiles cuando se trata de recorridos complejos.

El cálculo y el diseño de cada equipo o sistema de transporte neumático, se realiza de acuerdo a la necesidad específica requerida para cada caso, partiendo del levantamiento de información, como: propiedades fisicoquímicas del producto, rutas de tubería, trayectos a transportar, características de puntos de origen y destino y variables del proceso.

Existen dos tipos de transporte neumático dependiendo del tipo de presión que se suministre al sistema: por presión positiva (inyección de aire) o por presión negativa (succión de aire), adicionalmente los de tipo presión positiva tienen dos subdivisiones llamadas en fase diluida y en fase densa, dependiendo de la cantidad de aire que se le inyecte al producto a transportar.

Los sistemas de transporte neumático están compuestos principalmente por:

- Un equipo de generación de presión, ya sea un compresor en sistemas de presión positiva o un ventilador para los de presión negativa.

Figura 42. Ventilador centrífugo



Fuente: MAR DEL SUR. [On line]. España, [citado en Julio de 2007] Disponible en Internet:
<http://www.mardelsur.cl/catalogo/product_info.php?products_id=460>

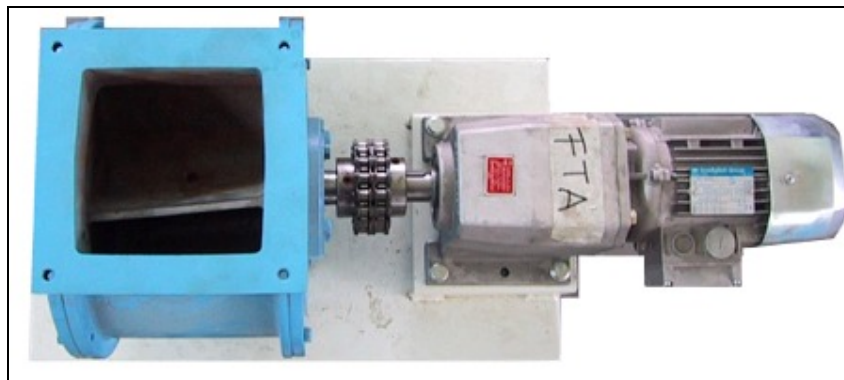
- Tubería de transporte
- Un equipo de separación de sólidos por el cual al final del recorrido se separa el producto transportado por la corriente de aire. Normalmente son utilizados los ciclones para tamaños de partícula grandes y filtros de mangas para tamaños de partículas de hasta 5 micras.

Figura 43. Ciclón y filtro de mangas



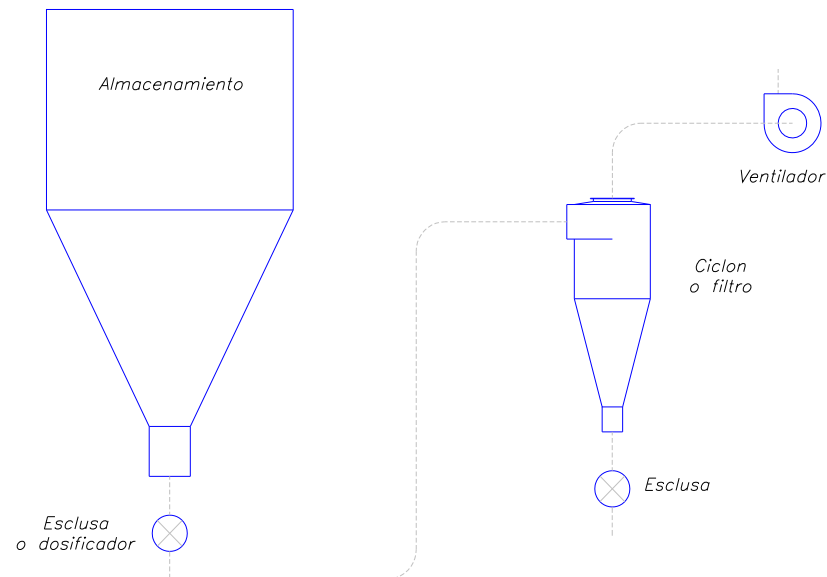
- Una esclusa, que no es más que una válvula que permite el paso de producto entre dos ambientes de distinta presión.

Figura 44. Esclusa rotativa



El diagrama de flujo típico de un sistema de transporte neumático sería el siguiente:

Figura 45. Diagrama de flujo transporte neumático.



Las desventajas de este tipo de transporte frente a los elevadores de cangilones son:

- Son sistemas más complejos al implicar una mayor cantidad de equipos a instalar.
- Estos sistemas pueden ser considerablemente más costosos.
- Consumen una mayor cantidad de potencia.
- Necesitan un mayor nivel de mantenimiento.
- Necesitan un mayor espacio e instalaciones adecuadas para su montaje.

7.3 EQUIPOS SELECCIONADOS

Para la selección de los equipos de transporte de la planta “La fazenda” se tuvo en cuenta principalmente la confiabilidad de los equipos y la facilidad de reparación en caso de falla, ya que su ubicación geográfica hace que la

consecución de repuestos y de personal calificado sea difícil o demorada. Otro punto que se tuvo en cuenta a la hora de la selección, fue tratar de no incrementar el tipo de equipos existentes en la planta, con el fin de no incrementar el nivel de inventario de repuestos y adicionalmente que no se presentaran fallas inesperadas para la planta debido al desconocimiento en el manejo o mantenimiento de algún tipo de equipo nuevo.

La distribución de los equipos dentro de la planta también hizo que el montaje de algunos tipos de transporte fuera imposible, como el caso de sistemas de transporte neumático, para el manejo vertical de productos ya que era poco conveniente instalar ciclones y esclusas en ubicaciones elevadas como son la parte superior de los silos.

Como conclusión para la selección de los equipos, se tomo la decisión de instalar transportadores de cadena para todos los casos en que fuera necesario el transporte horizontal de producto, debido al alto grado de confiabilidad que este equipo tiene y a la buena experiencia que se ha tenido con ellos desde la primera fase de la planta, con la única excepción de un tipo especial de transportador tipo sinfín para las descargas de los silos de almacenamiento, ya que el montaje del transportador que ha de descargar algún silo es hecho en un foso cubierto al que no se tiene acceso en el caso que el silo tenga producto almacenado. En la figura 46 se aprecia la disposición típica en “U” para los fosos de ventilación y el foso del transportador de descarga en su parte central

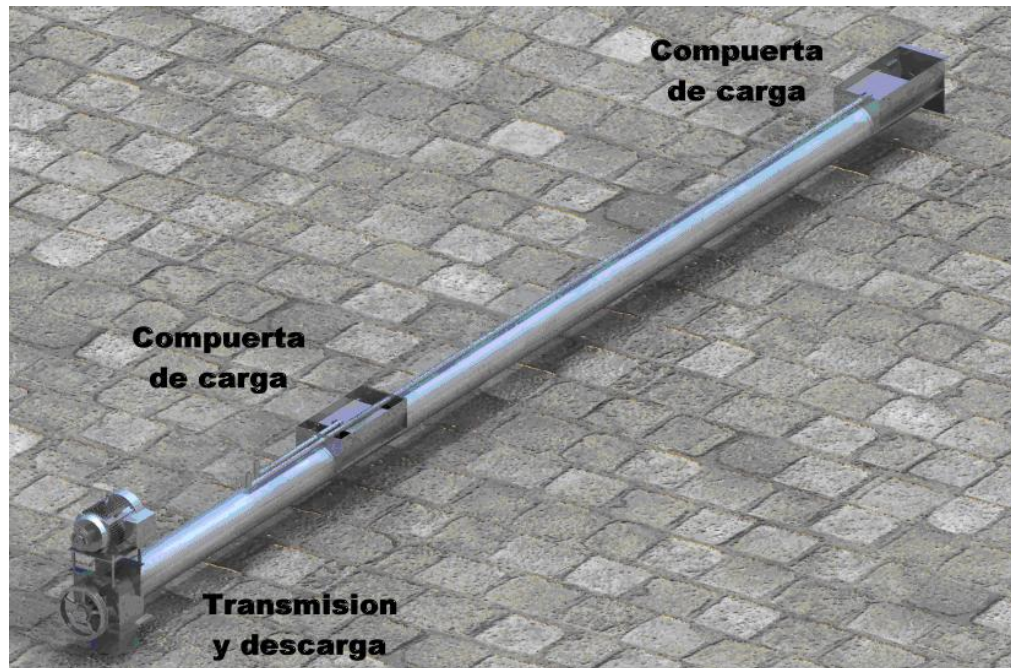
Figura 46. Fosos sinfín descarga silos y sistema de ventilación.



El no poder acceder al foso del silo, implica que se debe tener instalado un equipo totalmente confiable y que no necesite mantenimiento en el extremo que ha de estar internado en la parte central del silo, un transportador sin fin convencional no cumpliría con dichas características ya que se tendría que tener acceso a la chumacera ubicada en su extremo para su lubricación o eventual cambio, pero este equipo puede tener una variación en su diseño en el que se le elimina la chumacera del extremo oculto y se incluye una platina de baja fricción en la parte inferior interna del cuerpo del transportador, para que se pueda arrastrar la rosca mientras el producto, que entra por medio de las compuertas instaladas en su parte superior, se encarga de separar la rosca de su cuerpo y la mantiene centrada mientras permanezca producto dentro. Este equipo se condiciona a tener que trabajar siempre con producto para evitar el desgaste excesivo de su rosca y a ser alimentado siempre desde la compuerta más extrema para evitar una mala descarga del silo, las demás compuertas solo pueden ser abiertas hasta que el silo se halla vaciado lo más posible y el producto remanente forme un cono

invertido con centro en la compuerta central, momento en el cual se pueden abrir las siguientes compuertas y entra a funcionar el sinfín barredor del silo para completar su descarga.

Figura 47. Sin fin descarga silos



En el caso del transporte vertical de producto, además de las ventajas ya nombradas que tiene sobre el transporte neumático, el elevador de cangilones también ha demostrado desde la primera etapa de “LA FAZENDA” ser un equipo confiable y fácil de operar y mantener, por lo que se concluyó, como la solución más conveniente en la totalidad de los casos de transporte vertical.

En las figuras 48 y 49 se muestran las disposiciones finales para los equipos de transporte seleccionados dentro de la planta.

Figura 48. Disposición final equipos de transporte silos de trabajo

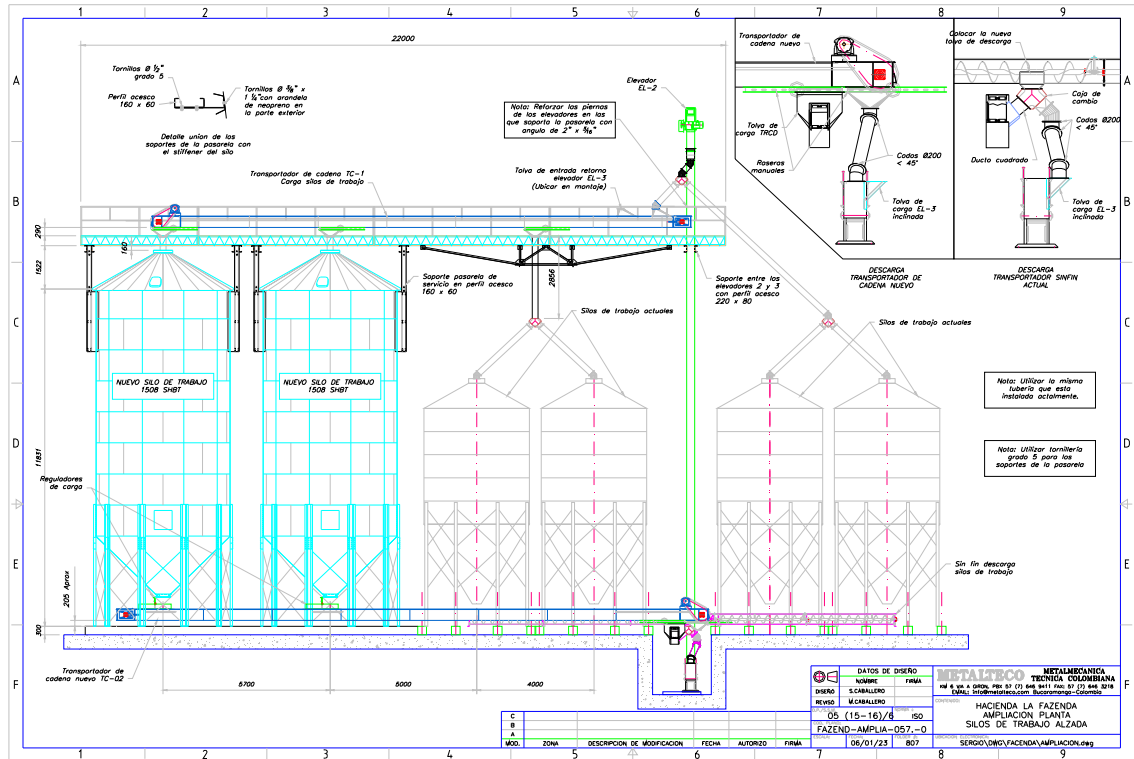
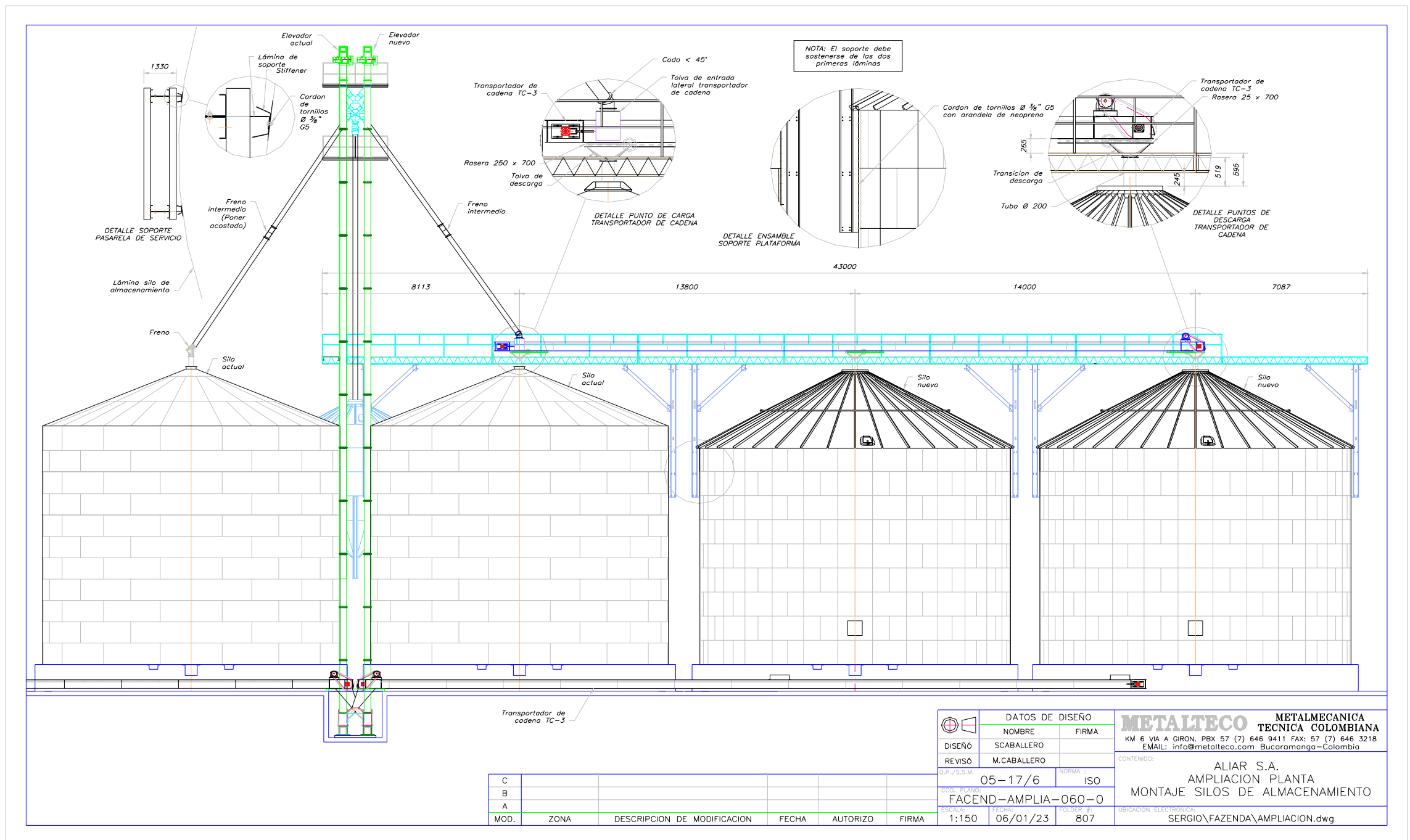


Figura 49. Disposición equipos de transporte silos de almacenamiento



MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

DATOS DE DISEÑO	
NOMBRE	FIRMA
DISEÑO SCABALLERO	
REVISÓ M.CABALLERO	
D.P./S.S.M.	NORMA ISO
05-17/6	
COD. PLANO: FACEND-AMPLIA-060-0	
ESCALA: 1:150	FECHA: 06/01/23
	FOLDER #: 807

METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA
 KM 6 VIA A GIRON, PBX 57 (7) 646 9411 FAX: 57 (7) 646 3218
 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga-Colombia

CONTENIDO: ALIAR S.A.
 AMPLIACION PLANTA
 MONTAJE SILOS DE ALMACENAMIENTO

UBICACION ELECTRONICA: SERGIO\FAZENDA\AMPLIACION.dwg

8. DISEÑO Y FABRICACIÓN

En este capítulo se presenta la manera como se llevó a cabo la construcción, montaje y puesta a punto del sistema de transporte y almacenamiento. Para su construcción se tuvo en cuenta la facilidad de adquisición de los materiales en el mercado local y se utilizaron las instalaciones de la empresa Metalteco Ltda., donde se empleó la maquinaria y herramientas con que la empresa cuenta para la fabricación de los equipos a instalar. El propósito del capítulo es el modelamiento final del proyecto y a la vez cumplir con uno de los objetivos específicos del proyecto, el cual es; desarrollar los planos de fabricación y montaje, usando el software licenciado por la empresa contratista, METALTECO (AUTOCAD), y el licenciado por la universidad industrial de Santander (SOLID WORKS), pero para esto se debe hacer previamente el diseño de cualquier cosa necesaria, ya sea de tipo maquinaria ó estructural.

Tabla 5. Equipos y herramienta para fabricación y ensamble

EQUIPOS UTILIZADOS EN LA FASE DE FABRICACIÓN	
Cilindradora	Torno
Fresadora	Prensa
Limadora	Multímetro
Equipo soldadura por arco y TIG	Equipo de oxicorte
Herramientas de mano	Taladro radial y axial
Flexómetro, calibrador	Pulidora
Equipo de corte con plasma	Termómetro
Cizalla	Boceladora
Compresor	Puente grúa
Segueta eléctrica	Dobladora

El diseño de los equipos de transporte en este proyecto es innecesario, ya que METALTECO cuenta ya con diseños propios, de probada calidad y funcionalidad, de donde se pueden seleccionar equipos tanto para elevadores como para transportadores, con capacidades que van desde las 10 hasta unas 250 toneladas por hora. En el caso de los transportadores de cadena, lo único que se debe diseñar es su sistema de soporte intermedio, bandeja o patín, que mas adelante será explicado, sus puntos de descarga y por último se debe calcular su consumo de potencia y velocidad de transporte para poder seleccionar su transmisión de potencia. Para los elevadores se tiene que calcular su consumo de potencia y seleccionar su transmisión.

Por otro lado las estructuras necesarias para la instalación de los equipos son realmente pocas, siendo ellas objeto de diseño solo en el caso de los soportes de las pasarelas, pues son las únicas que van a estar sometidas a cargas de trabajo considerables. Las pasarelas de servicio son también otro diseño METALTECO, que ha estado siendo utilizado para soportar el peso de los transportadores y caminantes en luces de hasta 12 metros, por lo que solo se diseñara alguna pasarela necesaria que solo vaya a ser para el paso de personas, como es el caso de la pasarela que comunica a los dos elevadores EL-4 y EL-5, con la pasarela de servicio del transportador de carga de los silos de almacenamiento.

Para la realización del proyecto se realizaron dos tipos de planos: los primeros, para la fabricación de los equipos que llamaremos planos de taller ó de fabricación, que son entregados al departamento de producción de METALTECO junto con un cronograma propuesto de fabricación, los segundos son los planos de montaje, que son entregados al técnico encargado del montaje a manera de instrucciones, para que se realice el proceso de instalación de los equipos lo mas fielmente posible.

A medida que se vayan generando los planos de fabricación de los equipos de transporte, elevadores y transportadores, se irán calculando las potencias de los

motorreductores y seleccionando las transmisiones necesarias para su correcto funcionamiento. La selección de todos los motorreductores que se lleguen a necesitar se hará de acuerdo a las tablas del fabricante alemán “SEW EURODRIVE”, debido a la gran calidad, confiabilidad y respaldo que ha demostrado tener nacional e internacionalmente esta marca. Por otro lado METALTECO LIMITADA, por las mismas razones que con los motorreductores, a la hora de la selección de motores, nos referimos a las empresas SIEMENS o WEG para su consecución.

La fabricación de cada una de los equipos y estructuras necesita de una lista de requisición de materiales especificada por el gestor del proyecto, que se hace llegar al departamento de compras para su obtención.

8.1 PASARELAS Y SOPORTES

A la hora de la realización de los planos de taller si se quiere cumplir con el cronograma del proyecto siempre se ha de tener en cuenta, cuáles de los equipos son los que más premura tienen y cuales son aquellos otros que pueden esperar a ser fabricados, ver anexo B cronograma del proyecto, ya sea por su facilidad de fabricación ó por su poca prioridad en el momento del montaje.

Como puede observarse en el cronograma del montaje, este empieza con la instalación de los equipos de almacenamiento, es decir, los silos, por la razón que son necesarios de una u otra manera para la instalación del resto de los equipos, por lo que lo primero en ser fabricado debe ser cualquier equipo que los silos deban necesitar para su montaje o aquellos que deban ser montados en partes elevadas del silo, para que en el mismo momento de su erección estos sean levantados junto con el silo. Equipos como pasarelas y soportes de las pasarelas deben ser elevados junto con el silo, así que se dio prioridad a su diseño y fabricación.

El diseño de las pasarelas METALTECO son tipo celosía, fabricadas en perfil angular de acero A-36, de 1 ½" x 3/16" con la cercha en varilla lisa \varnothing ½", que para su transporte y manejo estas vienen en módulos de 6.0 m, su pasamanos esta hecho de tubería de aguas negras de 1" y 1 ¼".

Figura 50. Pasarela tipo celosía tramo estándar de 6.0 m

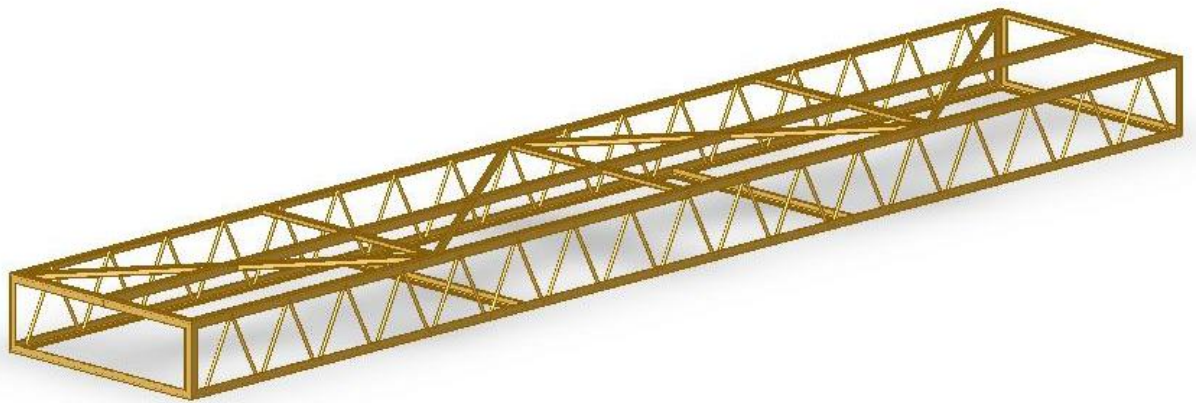
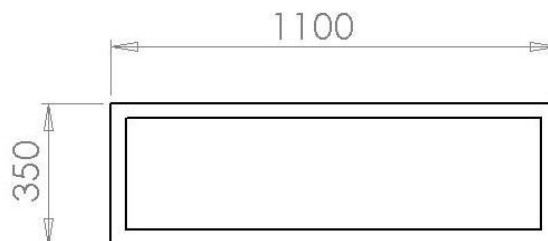


Figura 51. Dimensiones transversales pasarela.



Para el cálculo de esfuerzos y reacciones diseño de los sopores y las pasarelas se utilizó el software para modelamiento de estructuras SAP2000, paquete informático usado en ingeniería civil para el diseño de estructuras.

8.1.1 Pasarela silos de trabajo. Las pasarelas deben soportar una serie de cargas tanto vivas como muertas debidas al peso de los equipos instalados, al producto que transporta y al personal que lo circula. Los pesos lineales estimados de las cargas y de producto a transportar son los siguientes:

Tabla 6. Distribución de cargas sobre pasarelas

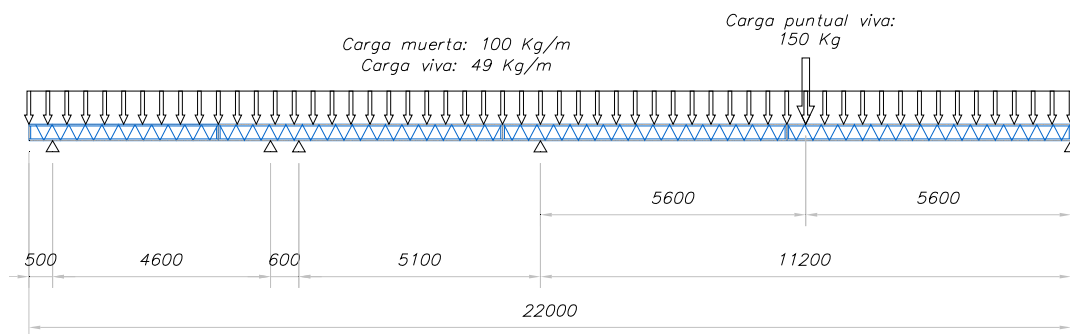
	Carga [Kg-f/m]	Tipo de carga
Carcaza transportador	65	Muerta
Cadena transportador	20	Muerta
Pasamanos	8	Muerta
Total		Muerta
Producto a transportar	50	Viva

A estas cargas estimadas se le tiene que agregar una carga viva puntual, que represente el peso de dos personas más el peso de su herramienta y cualquier otra cosa que pudiera en ese momento estar cargando, más o menos 250 k, ubicada en su punto más crítico, que es la mitad de la luz entre el silo y los elevadores.

El criterio de diseño estructural que se utilizó para el cálculo de los esfuerzos en las pasarelas fue el código 10-97 de la ASCE (American Society of Civil Engineers) que es el normalmente utilizado para este tipo de estructuras de acero, usando en este análisis una combinación de cargas conservativa, en la que se aplica a las cargas tanto vivas como muertas un factor de mayoración de 1,4.

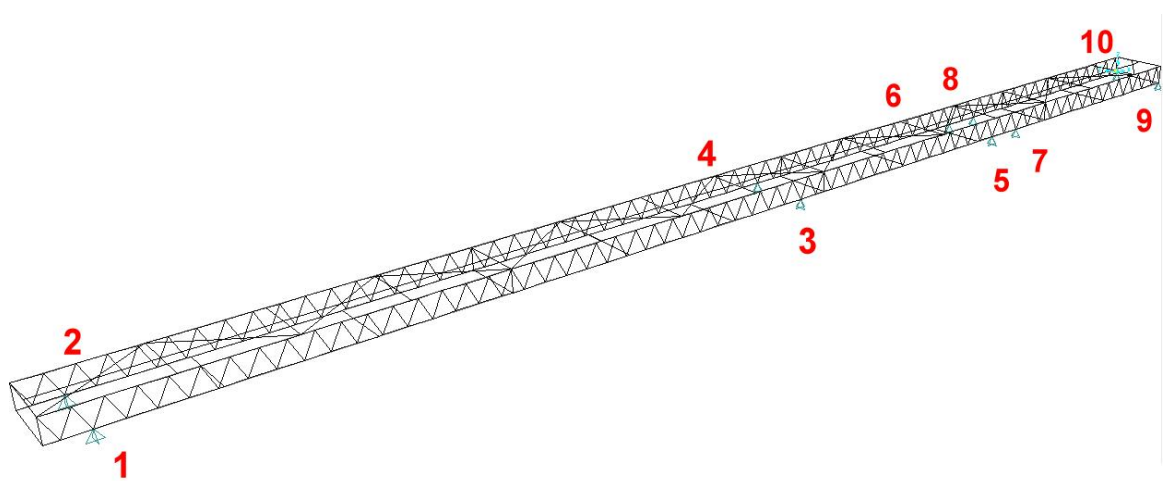
Este código proporciona los requisitos para el diseño de estructuras de acero enrejadas autosuficientes. Son aplicables para las formas laminadas en caliente y en frío. Las técnicas del análisis se contornean para las configuraciones geométricas actualmente en uso. Los procedimientos para el diseño de miembros individuales son el reflejo de extensos estudios basados en la experiencia y las pruebas sobre los aceros con puntos de fluencia de hasta el 65 ksi.

Figura 52. Distribución de cargas pasarela silos de trabajo.



Esta pasarela estará soportada por cinco pares de soportes ubicados a lado y lado de los silos de trabajo y por una viga en que se soporta de los dos elevadores EL-02 y EL-03, tal y como se ve en la figura 52.

Figura 53. Apoyos pasarela silos de trabajo



Al someter la estructura y sus cargas al análisis con el software, vemos que como era de esperarse, el punto crítico se presenta en la mitad de la luz entre los silos y los elevadores, lugar en donde se presenta su mayor deformación y donde es necesario según los resultados del programa, reforzar la pasarela, pues como se ve en la figura 55 existen elementos que soportan cargas superiores a las que pueden resistir.

Figura 54. Deformación de la pasarela de los silos de trabajo

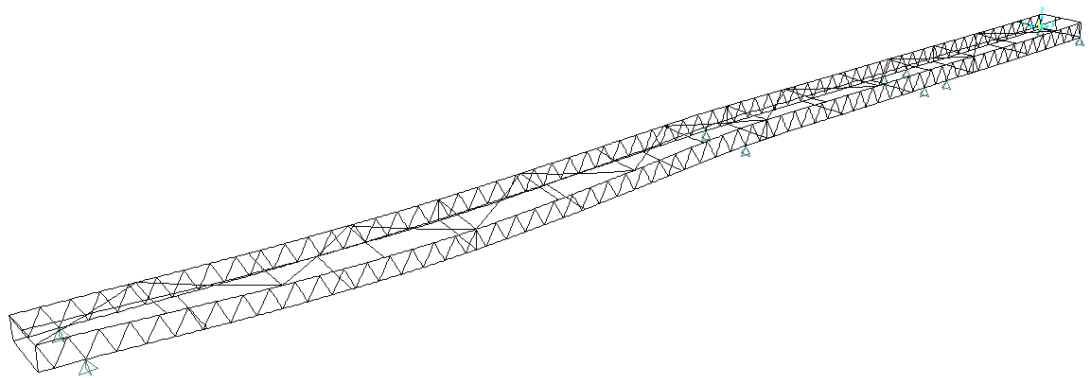
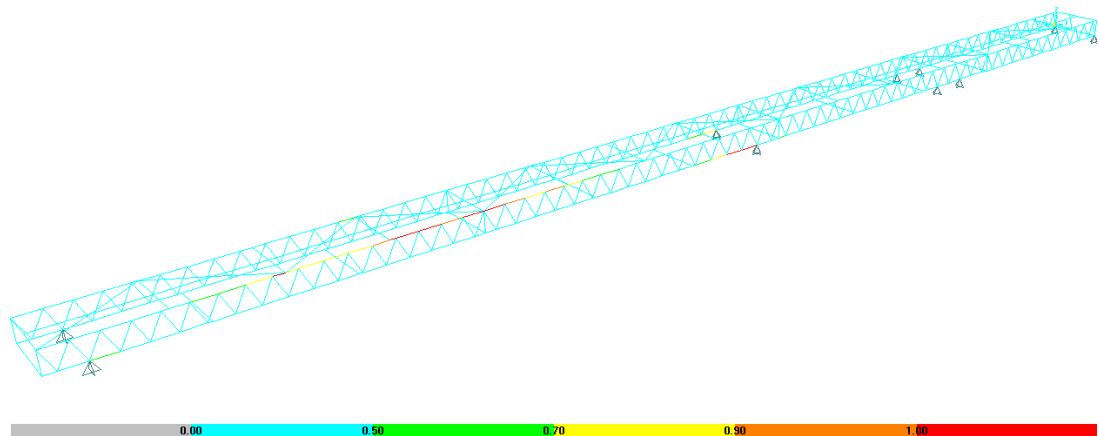
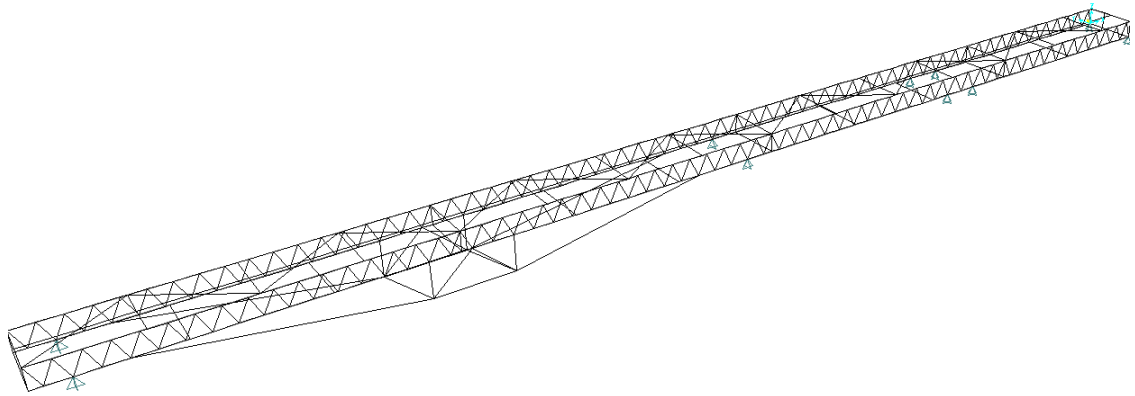


Figura 55. Análisis de esfuerzos pasarela silos de trabajo



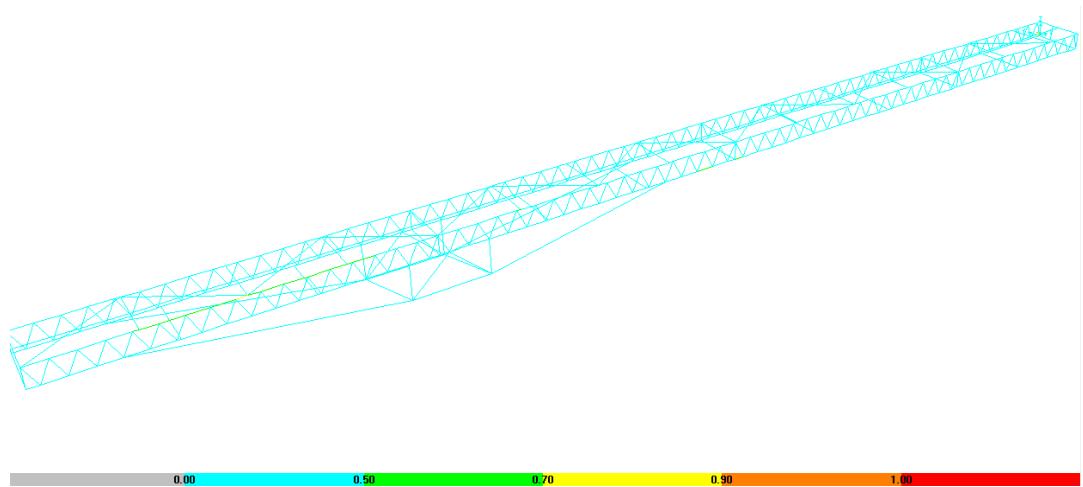
Para estos casos de luces largas lo que generalmente se hace es aumentar el momento de inercia de la sección en su punto crítico, ensanchándola con un refuerzo inferior como se puede apreciar en la figura 56, para aumentar su resistencia.

Figura 56. Pasarela silos de trabajo reforzada



Los resultados arrojados por el programa fueron los esperados y la estructura se comporta de mejor manera bajo la misma situación de cargas, en la figura 57, se ve claramente que los esfuerzos, están mejor distribuidos a lo largo de las secciones de la pasarela.

Figura 57. Análisis de esfuerzos pasarela silos de trabajo con refuerzos



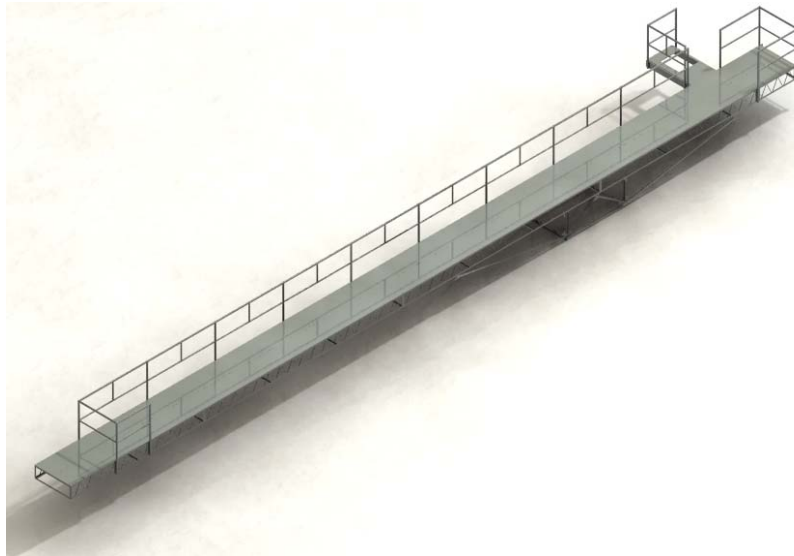
Las reacciones que se generan en los puntos de soporte de la pasarela están plantillados en la tabla 7, en donde se ve que la pareja de soportes 3 y 4 son los que más carga están soportando, por lo que van a ser los valores con los que más adelante se diseñaran los soportes para las pasarelas.

Tabla 7. Reacciones soportes pasarela silos de almacenamiento

Soporte	Carga [Kg-f]
1	1097.24
2	481.92
3	1759.54
4	835.55
5	280.41
6	139.15
7	625.85
8	240.27
9	396.64
10	150.7
Total	6007.27

El diseño final de la pasarela con el refuerzo, sus pasamanos, su lámina expandida y una pequeña plataforma de acceso que permite el acceso a esta, se muestra en la figura 58.

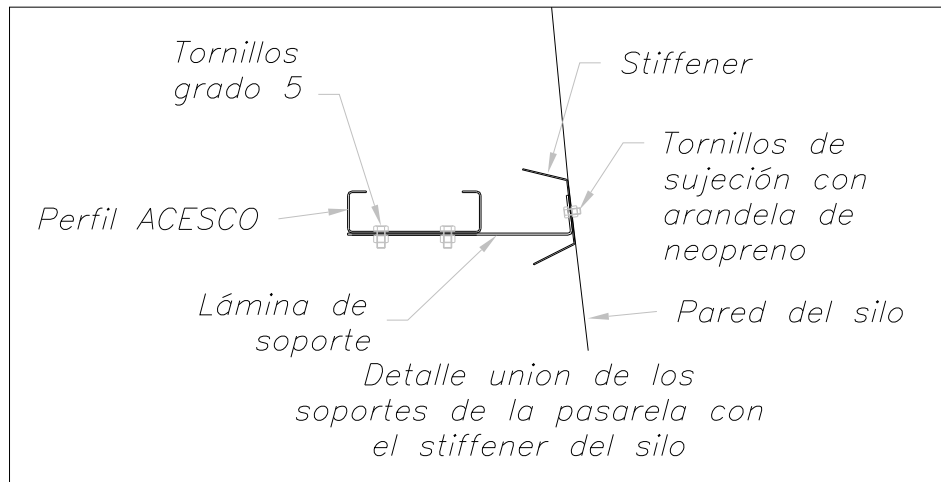
Figura 58. Diseño final pasarela silos de trabajo.



8.1.2 Soportes pasarela silos de trabajo. Los soportes de las pasarelas son estructuras fabricadas principalmente en perfil laminado de los fabricantes barranquilleros ACESCO, debido a que son elementos livianos que permiten un ahorro aproximado del 40% en el peso de la estructura y sus secciones optimizan la relación resistencia-peso, dando un excelente acabado para elementos a la vista. Soportados a lado y lado de los silos en los stiffeners, el amarre a ellos se hace por medio de una lámina calibre 10 (3.42 mm) como se muestra en la figura 59.

Los cálculos consignados a continuación fueron efectuados para la columna del soporte crítico número 3, el cual llega a soportar aproximadamente 1.760 kilogramos fuerza.

Figura 59. Acople estructura de soporte a silos



Como se dijo anteriormente para las columnas se utilizó perfil laminado de acero ACESCO, los cuales cumplen con la norma NSR-98 (Normas colombianas de construcción sismo resistentes), para este caso se utilizó perfil estructural tipo “C” de 160 x 60 x 1.9 mm. Cuya sección transversal es la que se ve en la figura 59, con un modulo de elasticidad E de $2.1 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$ y $S_y = 2320 \text{ Kg./cm}^2$, según referencias del fabricante.

El cálculo de las columnas se realizó considerando la carga aplicada en el centro geométrico del perfil y aunque el diseño final incluye una viga en su parte superior y una cruceta intermedia, estas no serán tenidas en cuenta y se hará como si fueran columnas totalmente independientes.

Momento de inercia centroidal: $I \approx \sum(\bar{I} + Ad^2) = 250.42 \text{ cm}^4$

Para una longitud libre L de 3.7 m = 370 cm entonces:

$L_e = K \cdot L$

Siendo $K = 2.1$ dado que se trata de una columna empotrada y libre en los extremos respectivos, se tiene:

$$L_e = 170 * 2.1 = 357 \text{ cm}$$

$$\text{El radio de giro es: } \gamma \approx \sqrt{\frac{I}{A}} \approx \sqrt{\frac{250.42}{6.1}} = 6.4 \text{ cm}$$

$$\text{Se calcula la relación de delgadez: } R_e \approx \frac{L_e}{\gamma} \approx \frac{357}{6.4} \approx 55.78$$

$$C_c = \text{Constante de columna} = \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times E}{S_y}} \approx \sqrt{\frac{2 \times \pi^2 \times 2.1 \times 10^6}{2320}} \approx 133.669$$

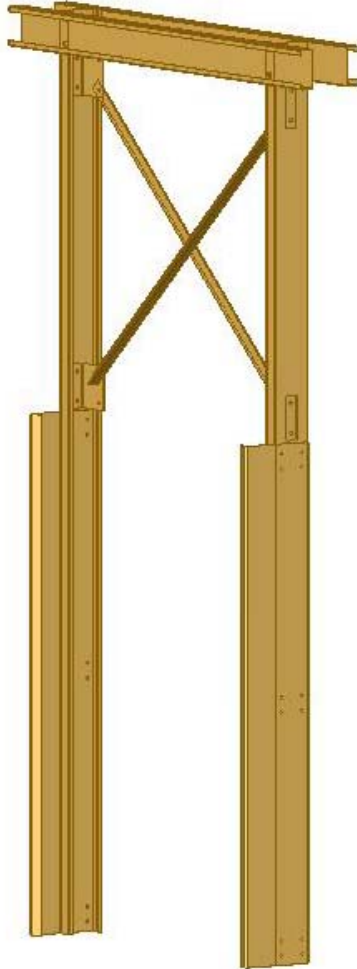
Puesto que la relación de delgadez es menor que la constante de la columna se utiliza la fórmula de Jhonson para columna corta.

$$P_{CR} \approx A \cdot S_y \left[1 - \frac{S_y (K * L/r)^2}{4\pi^2 E} \right] \approx 14.130 \text{ Kg}$$

$$P_{Adm} \approx \frac{P_{CR}}{N} \approx \frac{14.130}{3} \approx 4710$$

Donde P_{adm} es la carga admisible soportada por la columna y N es el factor de diseño a la carga crítica. Como la carga que va a soportar la columna (1760 Kg.) es menor que la admisible, la sección elegida puede soportar perfectamente las cargas de trabajo.

Figura 60. Soporte pasarela silos de trabajo



Al ser un par de columnas a lado y lado de cada silo estas, para mejor desempeño, serán unidas por medio de crucetas fabricadas en perfil angular. Adicionalmente serán unidas por medio de un par de vigas en su parte superior para facilitar el proceso de montaje de las pasarelas. Los planos y especificaciones de fabricación se pueden ver en el anexo C, planos de fabricación y montaje.

8.1.3 Pasarela Silos De Almacenamiento. De igual manera que en las pasarelas de los silos de trabajo, esta pasarela deberá soportar cargas similares debidas al peso de los equipos de transporte con su carga de producto, además, se sumará una carga viva de 250 kilos en cada una de las luces entre los soportes para simular como en el caso anterior la presencia de personal sobre la pasarela. La figura 62 muestra la distribución de cargas en la pasarela

Esta pasarela como se había mencionado antes, deberá contar con una plataforma de acceso que es necesaria instalar para poder acceder desde los elevadores hacia los silos de almacenamiento, esta plataforma estará diseñada de menores dimensiones ya que solo será para acceso de personal y no necesita soportar las cargas de los equipos ni de su producto. En las figuras 61 y 62 se ve la distribución de cargas de diseño para cada una de las pasarelas de los silos de almacenamiento.

Figura 61. Estado de cargas plataforma de acceso silos de almacenamiento

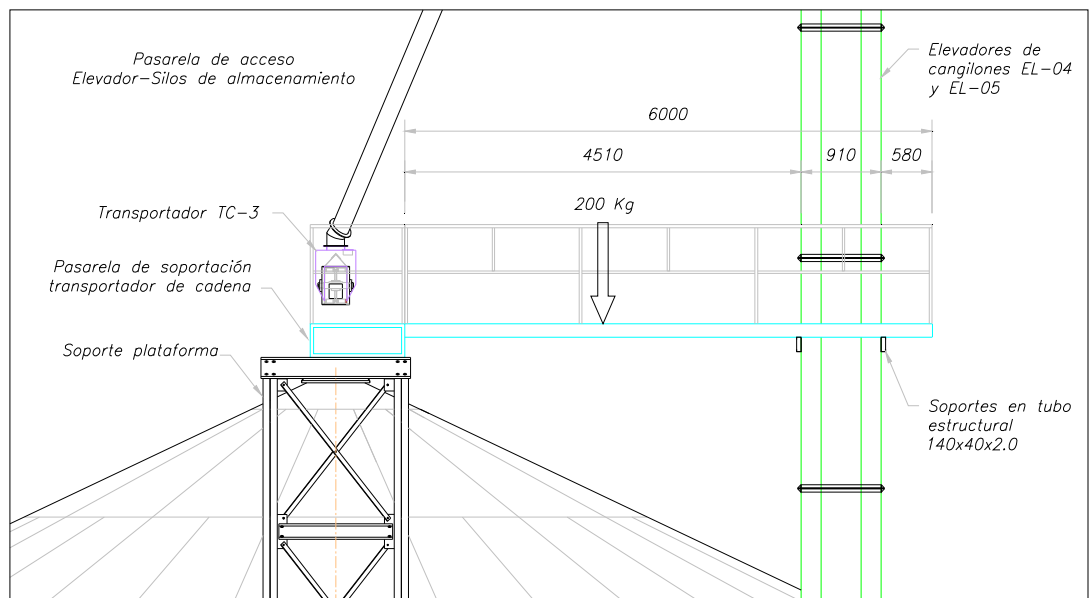
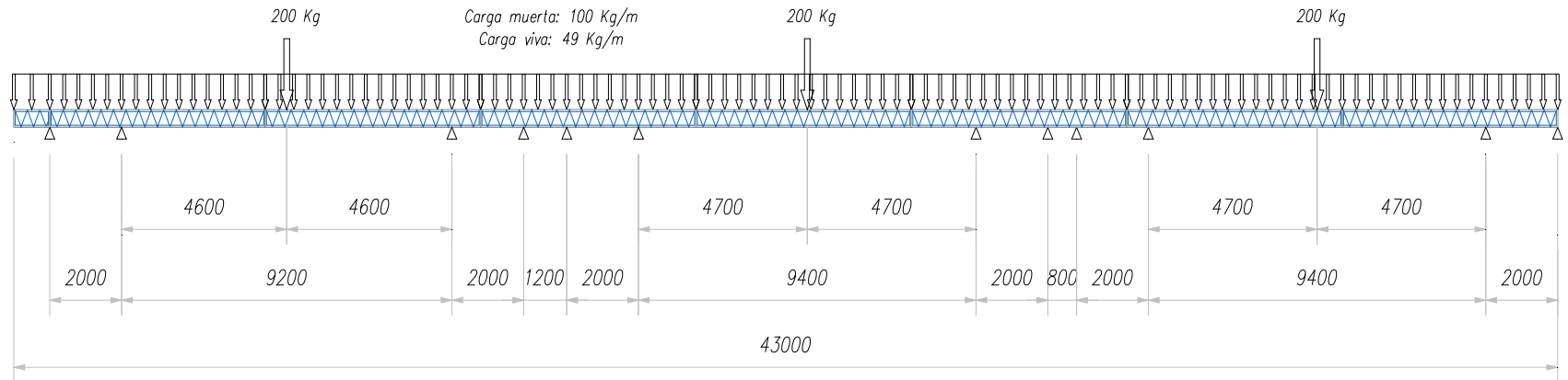
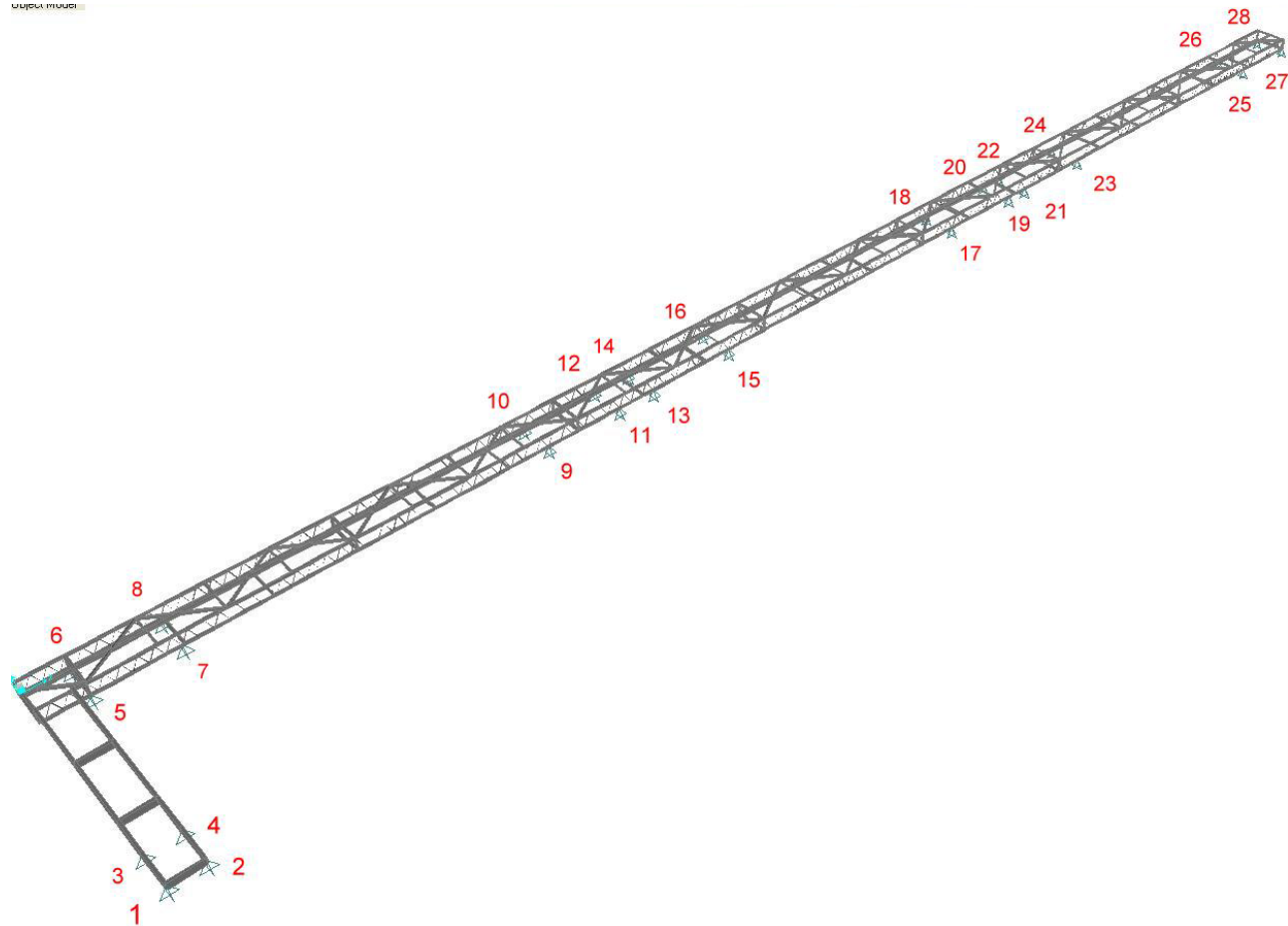


Figura 62. Distribución de cargas pasarela silos de almacenamiento.



Al igual que en los silos de trabajo la pasarela estará soportada por pares de columnas empotradas en los stiffeners de los silos, con riostras fabricadas en el mismo tipo de perfil estructural para disminuir su luz entre soporte y soporte. Por su parte la plataforma de acceso, en un extremo estará soportada por los dos elevadores de cangilones (el EL-04 y el futuro EL-05) y por el otro lado soportada directamente a la pasarela sobre los silos de almacenamiento, como muestra la figura 63.

Figura 63. Soportes pasarela silos de almacenamiento



El análisis que hizo el software para diseño de estructuras, fue el mostrado a continuación, los puntos críticos se presentaron en las partes centrales de las luces entre soporte y soporte, puntos que aunque críticos, los resultados del software presento como admisibles.

Figura 64. Análisis de esfuerzos pasarela silos de almacenamiento

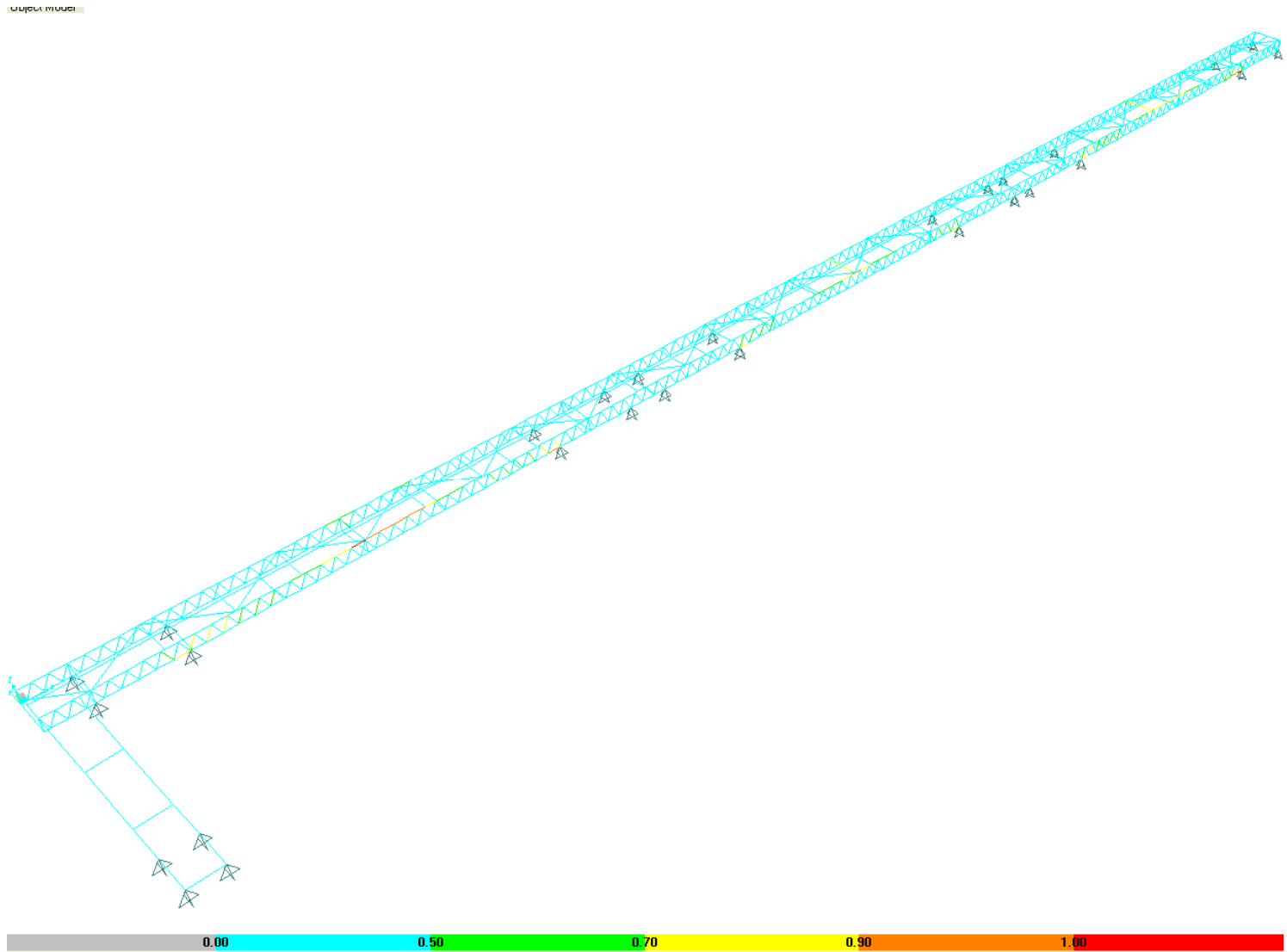


Figura 65. Análisis de esfuerzos pasarela silos de almacenamiento

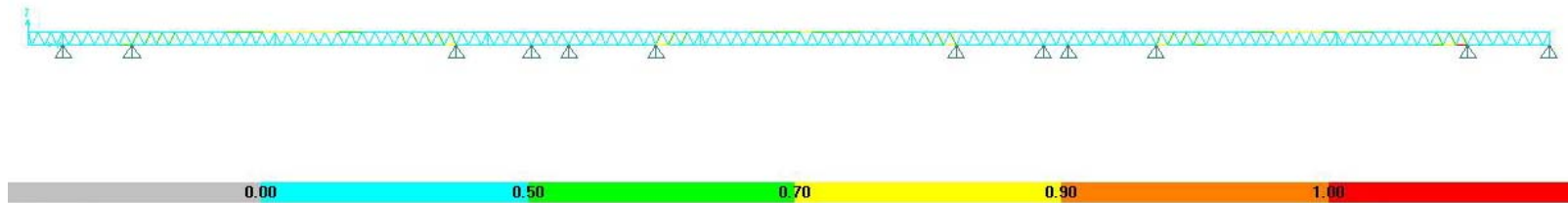


Figura 66. Análisis de esfuerzos pasarela silos de almacenamiento

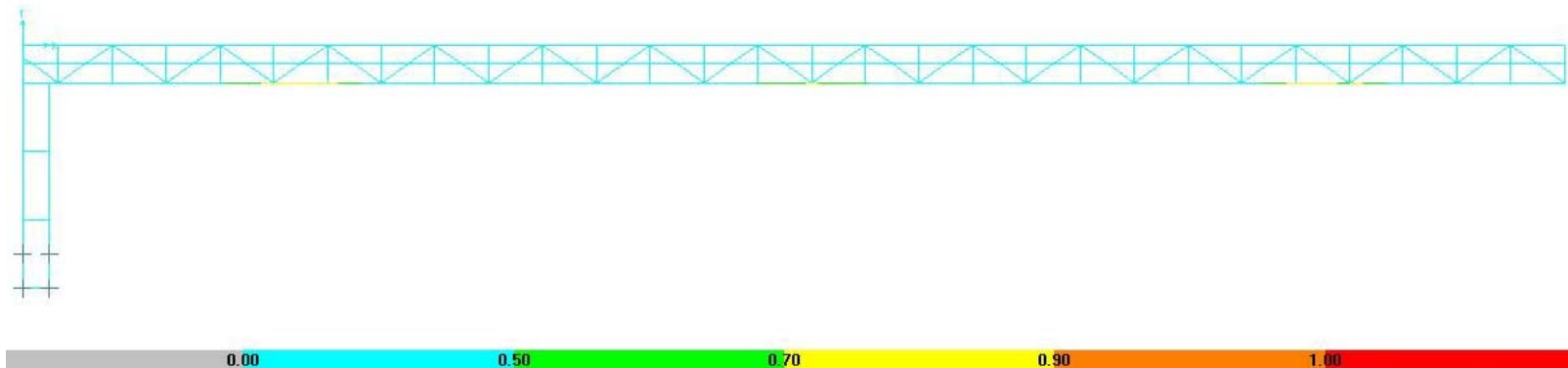


Tabla 8. Reacciones soportes pasarela silos de almacenamiento

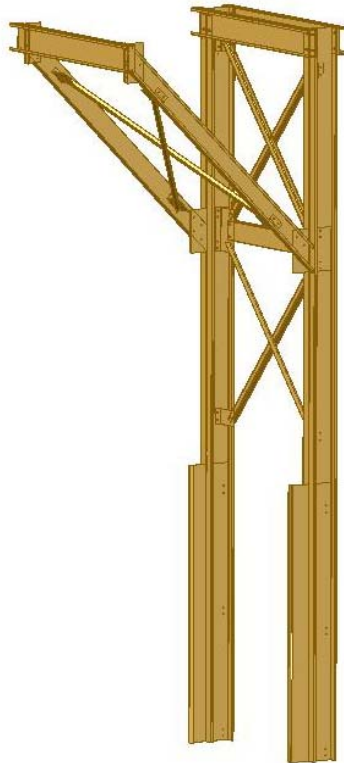
Soporte	Carga [Kg-f]	Soporte	Carga [Kg-f]
1	-122.32	15	1152.37
2	-125.08	16	484.13
3	266.35	17	1151.51
4	276.22	18	485.82
5	171.65	19	32.46
6	-60.77	20	-9.3
7	1285.66	21	19.62
8	569.29	22	35.22
9	1282.2	23	1214.23
10	526.89	24	497.56
11	-31.06	25	1273.89
12	3.2	26	541.86
13	44.65	27	-125.04
14	5.46	28	-86.26
TOTAL	10760 Kg.		

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos las mayores cargas se presentan en la pareja de soportes 5 y 7, que son parte de una misma columna, sumando un total de 1457 kilos, resultados útiles en el momento de diseñar las columnas de los soportes.

8.1.4 Soportes Pasarela De Almacenamiento

Con un diseño similar a los soportes de la pasarela de los silos de trabajo, estas estructuras serán fabricadas también en perfil laminado ACESCO, y perfilería angular para sus amarres entre columnas, la principal diferencia en su diseño es la presencia de riostras solidarias a las columnas, que sirven para acortar las luces entre soporte y soporte. Además, según los cálculos del esfuerzo que puede llegar a resistir una de estas estructuras, se demostrará la necesidad de columnas dobles, debido a que la presencia de riostras crean grandes momentos de flexión en la columna.

Figura 67. Estructura de soportación con riostra



Según los resultados arrojados por el programa de cálculo de estructuras, se pudo ver que la pareja de soportes críticos son los números 5 y 7, en donde aunque la

columna como tal solo este cargada con 172 kg-f, su riostra está soportando 1285 kg-f, que es la culpable de crear un momento de 2572 kg-f*m equivalente a 25.2 KN*m.

Según la teoría de resistencia de materiales para esfuerzos combinados, el esfuerzo que resiste el perfil en cualquier punto es la suma de los esfuerzos generados por su carga axial, más el generado por el momento flexionante, que para su punto más crítico es el siguiente:

Figura 68. Diagrama de cargas estructura de soportación.

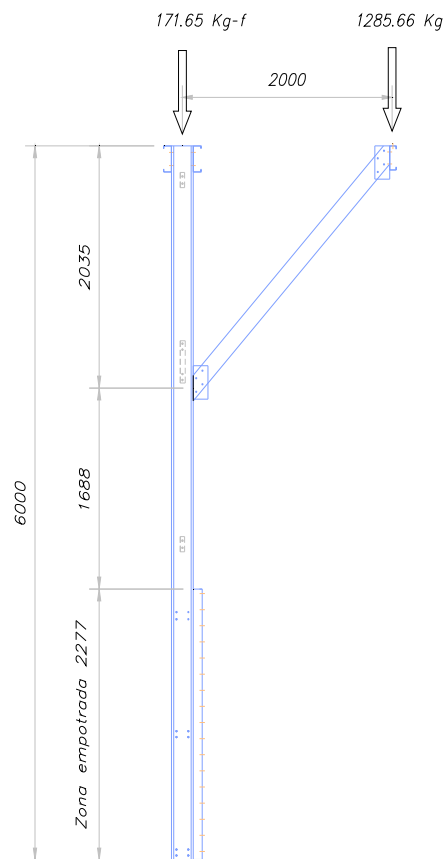
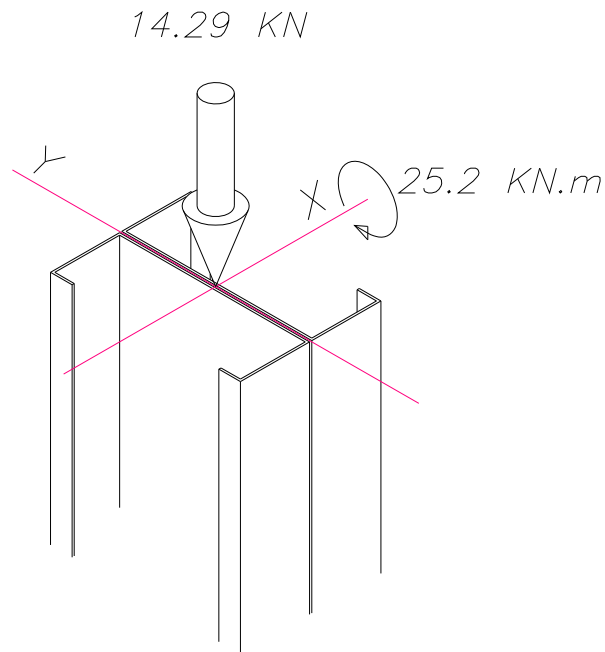


Figura 69. Estado de cargas del punto crítico columna doble



Trasladando la fuerza en la riostra como una fuerza más un momento:

$$\sigma \approx \frac{P}{A} \approx \frac{(1285.66 + 171.66)[Kgf]}{A} \approx \frac{14.29[KN]}{A}$$

$$\sigma_{\max} \approx \frac{M \times C}{I} \approx 25.2[KN.m] \times \left(\frac{C}{I}\right)$$

$$\sigma_{Total} \approx \frac{14.29Kn}{A} + \frac{25.2Kn.m \times C}{I}$$

Para poder elegir el perfil adecuado para la estructura de soportación se tabuló el comportamiento de cada uno de los posibles perfiles con que se podría fabricar el soporte y así poder hacer una selección más acertada.

Tabla 9. Estado de esfuerzos para perfiles ACESCO.

Perfil	Area [m ²]	Ixx [m ⁴]	C [m]	Esfuerzo total [Mpa]
160 x 60 x 1.9 mm	6,2E-04	2,7E-06	0,08	771,9
160 x 60 x 2.5 mm	7,7E-04	3,3E-06	0,08	630,7
220 x 80 x 1.9 mm	8,2E-04	6,7E-06	0,11	430,5
220 x 80 x 2.5 mm	8,8E-04	7,4E-06	0,11	391,4
Doble 160 x 60 x 2.5 mm	1,5E-03	6,6E-06	0,08	315,3
Doble 220 x 80 x 2.5 mm	1,8E-03	1,5E-05	0,11	195,7

Según los resultados obtenidos podemos observar que para un esfuerzo de fluencia para el acero A-36 de 260 Mpa, el mínimo perfil necesario para esta estructura es el doble 220 x 80 x 2.5 mm, que aunque su estado de esfuerzo se encuentra relativamente cerca del límite de fluencia del acero, debemos recordar que el programa de cálculo de esfuerzos ya aplica una mayoración del 50% a las cargas aplicadas, lo que haría que la elección de este perfil nos de un factor de seguridad cercano a 2. Ya que esta pasarela no va a soportar cargas extras considerablemente grandes, se decidió realizar su fabricación con este tipo de perfil.

Al igual que en la estructura de los silos de trabajo, esta llevará instalado una serie de crucetas y un perfil superior que unen los pares de columnas para su mayor rigidez.

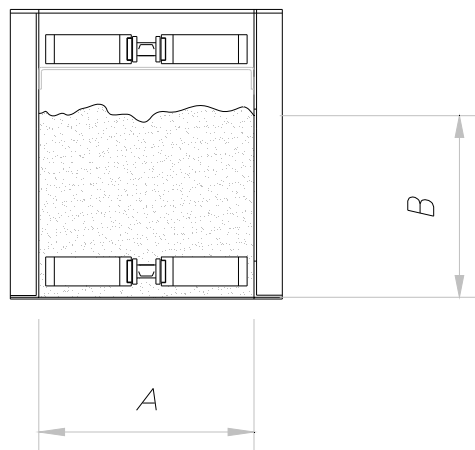
8.2 EQUIPOS DE TRANSPORTE HORIZONTAL

El siguiente paso en el diseño de la planta fue el diseño de los equipos de transporte horizontal, que como se había dicho, serán de tipo transportador de cadena en todos los cuatro casos (Transportadores de carga y descarga silos de

trabajo y transportadores de carga y descarga silos de almacenamiento), con la excepción de aquellos que evacuan de los silos de almacenamiento que se diseñaran tipo rosca sin fin, por razones expuestas ya anteriormente.

Inicialmente para el diseño de los transportadores se debe tener claro que tamaño de transportador es el que se piensa utilizar, los transportadores de cadena METALTECO y en general de toda marca, son clasificados con base en dos magnitudes, que son:

Figura 70. Corte transversal transportador de cadena



La distancia “A” es fácilmente medurable y corresponde al ancho interior del transportador que es la misma que el ancho de la cama de producto transportado. La longitud “B” no es una medida que puede ser medida tan fácilmente pero corresponde a la altura de la cama de producto que el transportador puede arrastrar en su capacidad máxima. La tabla a continuación muestra los distintos tamaños de transportador que METALTECO puede ofrecer, de los que se tendrá que seleccionar el más adecuado para el caso.

Tabla 10. Tabla de selección de transportadores de cadena

METALTECO					
MODELO	VELOC. CADENA m / seg.	CAPACIDADES (Eficiencia 100%)			
		m3/hora	Ton/h de harinas	Ton/h de pelets	Ton/h Maíz
		1,00	0,6	0,65	0,7
TRCD-2514	0,40	50	30	33	35
	0,50	63	38	41	44
	0,60	76	46	49	53
	0,65	82	49	53	57
TRCD-2526	0,40	94	56	61	66
	0,50	117	70	76	82
	0,60	140	84	91	98
	0,65	152	91	99	106
TRCD-3026	0,40	115	69	75	81
	0,50	143	86	93	100
	0,60	172	103	112	120
	0,65	186	112	121	130
TRCD-3426	0,40	143	86	93	100
	0,50	159	95	103	111
	0,60	191	115	124	134
	0,65	207	124	135	145
TRCD-4035	0,40	202	121	131	141
	0,50	252	151	164	176
	0,60	302	181	196	211
	0,65	328	197	213	230
TRCD-4040	0,40	230	138	150	161
	0,50	288	173	187	202
	0,60	346	208	225	242
	0,65	374	224	243	262

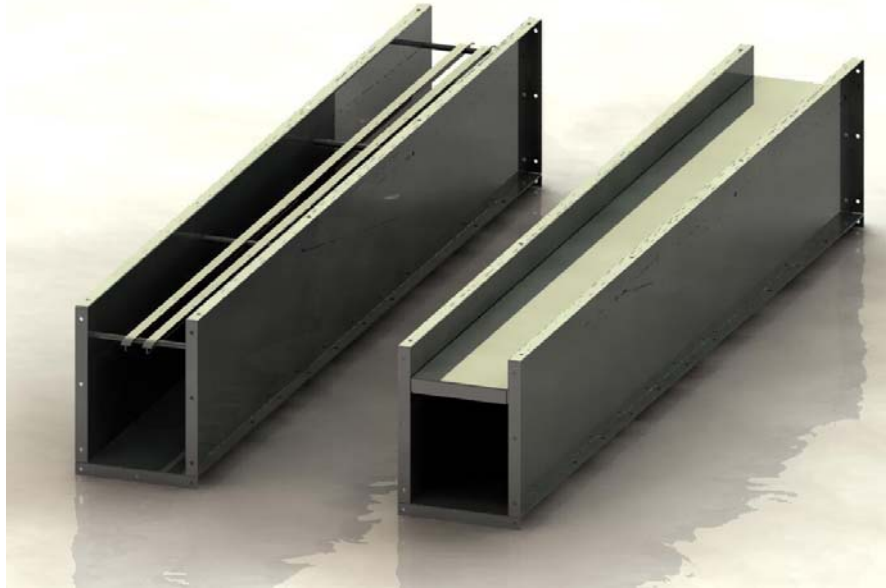
Desde la primera etapa de “La Fazenda” existe un transportador TRCD-2526 al que llamamos TC-00, y que es el encargado de llevar el producto desde la limpiadora o la secadora hasta el elevador EL-04 que carga los silos de almacenamiento. La tabla enseña que este transportador a 0,5 m/s es capaz de dar en su máxima capacidad y con una eficiencia del 100% hasta 82 toneladas por hora de maíz, lo que a primera vista parecería ser algo sobre-dimensionado, pero al ver el equipo inmediatamente menor, el TRCD-1426, que puede manejar hasta 44 Ton/Hr, vemos que se encuentra demasiado cerca a la capacidad solicitada de 40 Ton/Hr, impidiendo evitar posibles sobrecargas de los equipos, esto sin tener en cuenta la eficiencia del equipo que puede estar alrededor del 90%, además, la experiencia nos ha enseñado que aquellos transportadores de cadena que trabajan muy cerca de su máxima capacidad tienden a presentar problemas de desencadenamiento. Por estas razones y por no aumentar el tipo de equipos de transporte dentro de la planta la decisión correcta para este caso es la de seguir utilizando los transportadores TRCD-2526.

Una vez escogido el tamaño del transportador de cadena, se deben seguir una serie de pasos para completar su diseño, los pasos son los siguientes:

- Ubicar los puntos de carga y descarga
- Diseñar el recorrido del flujo del producto
- Seleccionar el tipo de soporte intermedio
- Diseñar las salidas de producto
- Calcular la velocidad de la cadena de transporte
- Calcular la potencia necesaria
- Seleccionar la transmisión de potencia

Para el tercer punto en donde se hace referencia al tipo de soporte intermedio, cabe explicar que hay dos tipos de soportes, de bandeja y de patín, que sirven cada uno para determinado casos.

Figura 71. Tipos de soporte intermedio para transportadores de cadena



El soporte intermedio de bandeja se utiliza en casos en los que se necesita transportar producto tanto por encima como por debajo del nivel de soporte, en la figura 71 se aprecian los dos tipos los dos tipos de soportes intermedios. Este tipo de bandeja se utiliza también en aquellos transportadores que tienen más de una boca de descarga, comúnmente junto con otro accesorio para el transportador que se instala en los cabezotes llamado “volteador”, la necesidad de este sistema de volteo en este tipo de transportadores radica en que el transportador no es capaz de descargar todo su producto en la boca de descarga, llevándose sobre la cadena de arrastre cierta cantidad remanente que de otra manera terminaría tarde o temprano por abarrotar de producto al cabezote final. Este sistema volteador no es más que una guía metálica en el piñón del cabezote con la forma del recorrido de la paleta, para que esta pueda transportar todos estos remanentes de la bandeja inferior a la superior y así el producto nuevamente empiece el recorrido y tenga otra oportunidad de ser conducido a la transición de descarga, de aquí que sea necesario que después de terminar de transportar el producto sea prudente

dejar funcionando el transportador por un tiempo adicional en vacío, para que se evacue este remanente de producto.

Figura 72. Sistema volteador



Algunos de estos puntos de diseño como los 4 y 5, que hacen referencia a la velocidad a la que la cadena de arrastre debe ir y al diseño de la boca de descarga, pueden ser comunes a todos los transportadores de cadena del proyecto.

Para seleccionar la velocidad del punto 4, debemos tener en cuenta la capacidad máxima de los equipos anteriormente instalados y poner a funcionar los nuevos a una velocidad no menor de la necesaria para igualar dicha capacidad, para nuestro caso la capacidad máxima está dada por el elevador EL-02, que a sus 75 RPM es capaz de dar 45 toneladas por hora de producto, por lo que todos los cálculos deben hacerse a partir de esta capacidad. La velocidad recomendable a la que la cadena un transportador de cadena debe viajar debe estar cerca de los 0.5 m/s, esta velocidad un tanto conservadora se hace pensando en el buen manejo del producto y en evitar posibles desencadenamientos, a esta velocidad de transporte estos equipos son capaces de dar aproximadamente una capacidad

de 82 Ton/Hr, y al asumir una eficiencia del 90% para el equipo, se nos convierte en 73.8 Ton/Hr, que como se había mencionado con anterioridad, fácilmente cumple con los requerimientos de capacidad, de aquí que se procurará que la velocidad de todos los transportadores de cadena sea lo más cercana posible a 0,5 m/s. Para lograr esta velocidad en la cadena se debe tener una velocidad en el piñón de arrastre de 30 Rpm, ya que como la cadena tiene un paso de 100 milímetros entre eslabones y el piñón tiene 10 dientes entonces para lograr 0,5 m/s:

$$\frac{0,5 \frac{m}{s}}{1 \frac{m}{Rev}} = 0,5 \frac{Rev}{s} = 30 Rpm$$

Antes de llegar al piñón de arrastre del transportador, es instalada una reducción por piñones y cadena que ayuda a que no se tan grande el tamaño del motorreductor que se seleccione, en esta reducción nuestra experiencia nos ha dicho que puede llegar a ser de 3 a 1 sin ningún problema, lo que quiere decir que los motorreductores de los transportadores de cadena serán seleccionados lo más cerca posible a 90 Rpm. Colocando un piñón conducido de 17 dientes, (No se recomiendan menores), sería necesario para lograr dicha relación, instalar en el motorreductor uno de 51, o uno muy cercano, ya que los reductores no vienen todos exactamente a 90 Rpm.

En cuanto al punto cinco en los pasos de diseño de los transportadores, los puntos de descarga se diseñan teniendo en cuenta que deben tener una compuerta que permita el paso de producto encima de ella cuando, no se esté descargando por ese punto, esto en transportadores de más de una salida, ya que en transportadores de una sola salida ubicada en su extremo no es necesaria la instalación de dicha compuerta. De estas compuertas o raseras, que no son más que una lamina o “cuchilla” que se desliza por un riel para permitir o no el paso de

producto, existen diferentes tipos según su modo de accionamiento, neumáticas o manuales, en nuestro caso serán de accionamiento manual ya que la planta no cuenta por el momento con un sistema de aire comprimido que pudieran accionarlas. Las compuertas se instalan inmediatamente debajo del transportador eliminando en ese tramo la bandeja inferior de este, de tal manera que la cuchilla cumpla su función de soportar el producto que se arrastra cuando esta se encuentra cerrada.

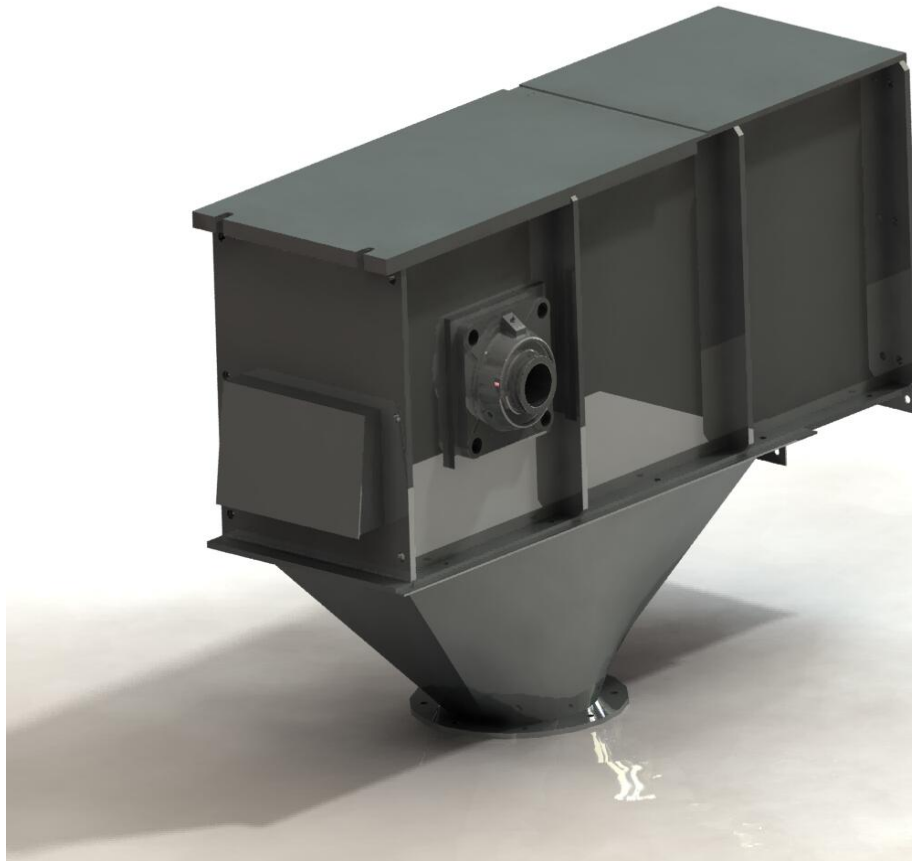
Figura 73. Rasera manual de piñón y cremallera



El ancho de estas compuertas debe ser del mismo que el del transportador ya que un tamaño menor podría retener producto, y su longitud debe ser lo suficientemente larga para evitar en lo posible que la cadena pueda arrastrar producto mas allá de esta, para nuestro caso la experiencia dice que unos 70 centímetros serán suficientes para este propósito.

Acopladas a estas raseras, en su parte inferior, estarán siempre unas transiciones, que como su nombre lo indica hace la transición de cuadrado a circular, para luego poder acoplar a estas tuberías circulares, que es la forma más fácil de hacer conexiones entre equipos. A la hora del diseño de estas transiciones se tiene que tener en cuenta que la forma de estas transiciones hace que se presenten dos tipos de caras con diferentes inclinaciones y que ninguna de estas debe estar por debajo del ángulo de reposo del producto a transportar.

Figura 74. Transición de descarga para transportador



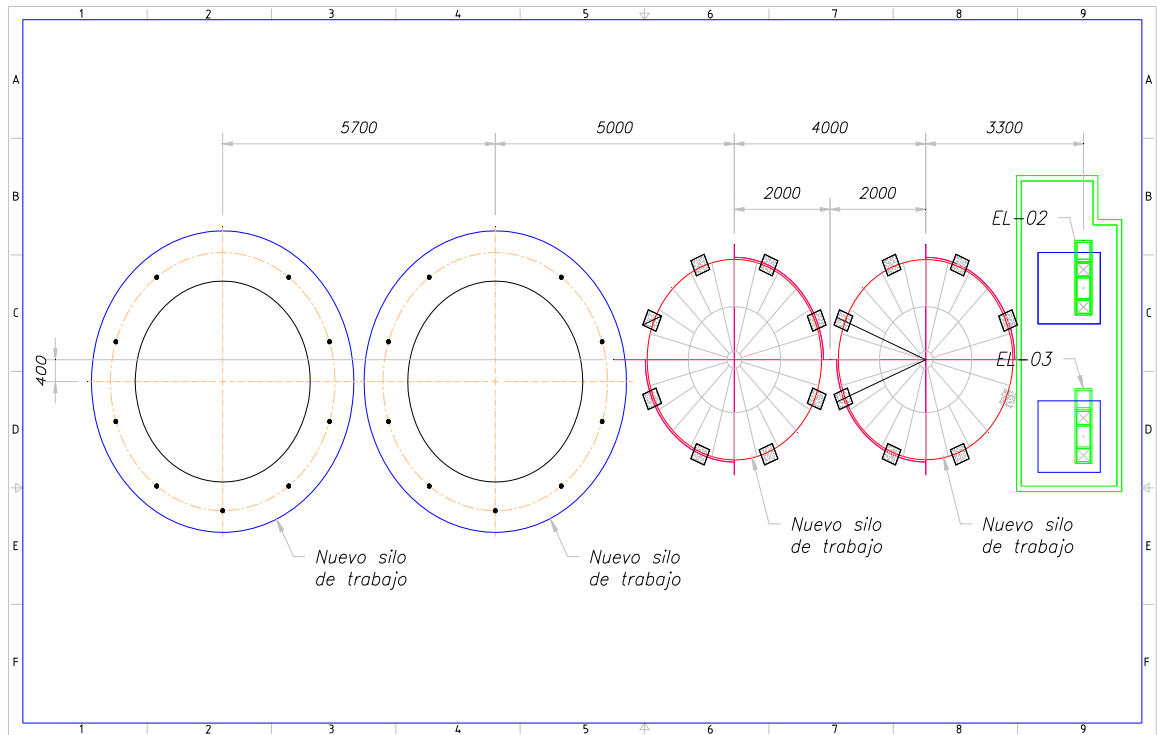
8.2.1 Transportador De Cadena TC-01 (Transportador De Alimentación Silos De Trabajo). Este transportador será instalado en la parte superior de los silos de trabajo y su función será la de alimentar los dos silos nuevos y dos de los cuatro silos de trabajo iniciales.

En cuanto a los puntos de cargue, como se había predeterminado en el capítulo 6, este transportador será alimentado en su extremo desde los elevadores EL-02 y EL-03, por medio de sendas tuberías de 200 mm de diámetro, las cuales no deben ser instaladas por debajo de los 40° de inclinación, para garantizar el libre flujo de los granos.

Para alimentar este transportador desde el EL-02 no existe problema alguno ya que en su boca de descarga existe una válvula direccional, a la que también se le conoce como caja de cambio, que dirige el flujo del producto a un lado u otro del elevador, para alimentar cualquiera de los pares de silos ubicados a los lados de este, por lo que simplemente aprovechamos la salida que descarga hacia el lado del transportador para enviar la tubería hasta el transportador.

Como la diferencia de alturas entre el punto de cargue del transportador y la boca de la caja de cambio a la salida del elevador es de 1.0 m y la distancia horizontal es de 80 cms, la inclinación de la tubería sería de 51°, cumpliéndose la inclinación necesaria.

Figura 75. Vista en planta puntos de descargue TC-01



La alimentación desde el elevador EL-03 no es tan sencilla, ya que este no cuenta con la caja de cambio del EL-02, lo que implica que debe ser instalada a su salida una válvula direccional que permita una bifurcación hacia el transportador TC-01. Esta inclusión en el tramo de descarga del elevador hace que sea prudente retirar el freno que se hallaba instalado inicialmente, ya que dos equipos continuos en una misma tubería podrían hacer atascamientos de producto. La caja de cambio que se debe instalar en este caso es la que llamamos asimétrica, esta caja tiene una salida totalmente alineada con su boca de carga y la otra inclinada hacia uno de sus lados.

Figura 76. Salida EL-03 inicial

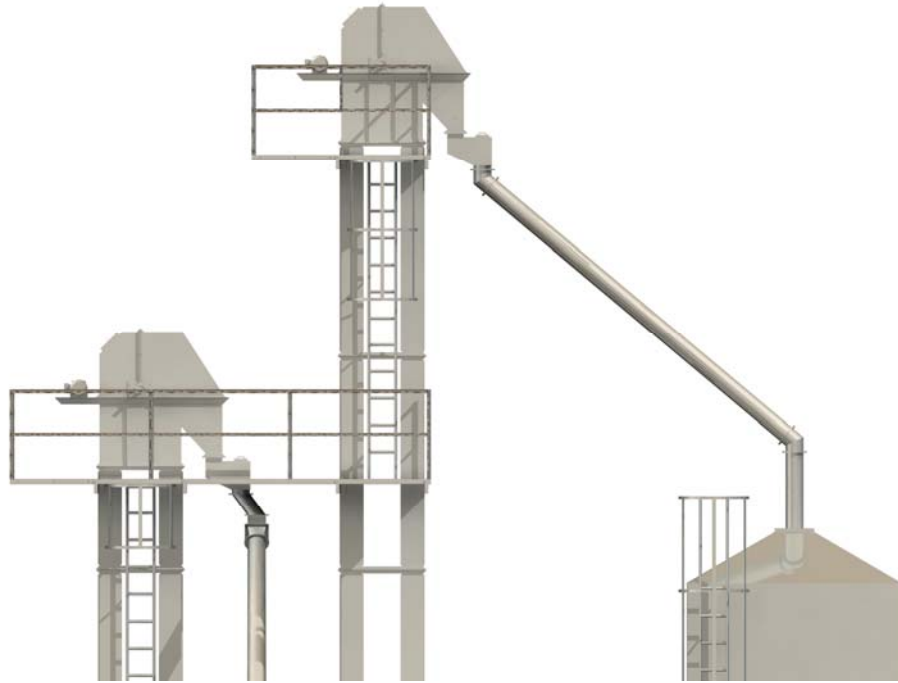
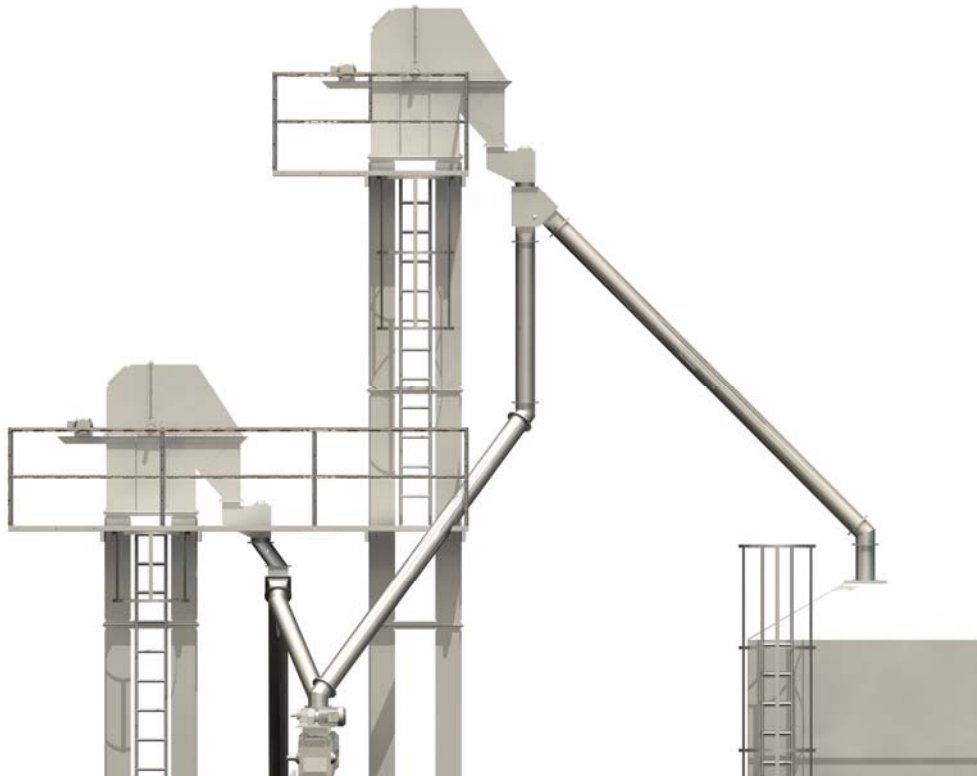


Figura 77. Alimentación del TC-01 desde el EL-02



Figura 78. Instalación caja de cambio salida EL-03



La tubería en este caso se diseñó realizando un recorrido vertical después de su salida de la caja de cambios, para luego inclinarse a 45° hasta llegar a la boca de carga del transportador de cadena.

Los puntos de entrada en este tipo de casos, en donde se alimenta por su parte superior y el producto debe atravesar el patín intermedio, es otro tipo de transición que comunica la tubería de alimentación con la parte superior del transportador, esta debe ser diseñada de tal manera que permita o al menos facilite la entrada del producto al transportador, para estos casos se utiliza normalmente una tolva de entrada con una inclinación pronunciada en el sentido del movimiento de la cadena en su parte superior, esto debido a que el movimiento de la cadena hace

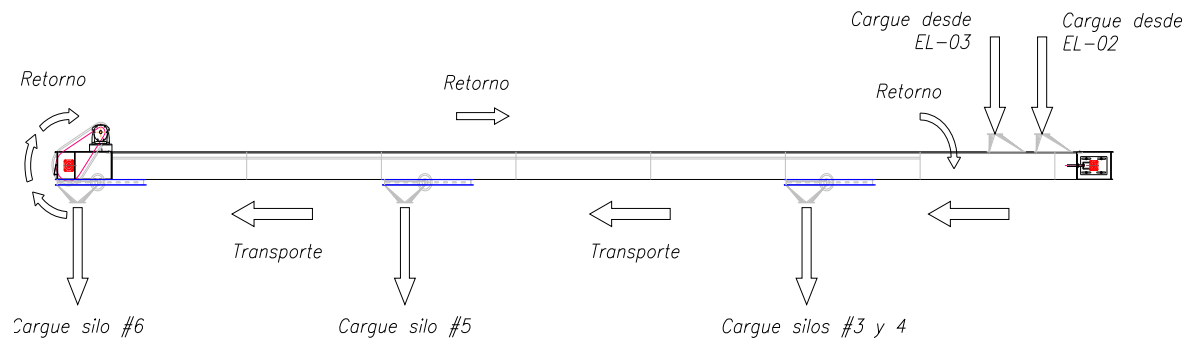
que parte del producto que va a atravesar la sección para caer en su parte inferior sea arrastrado por la cadena.

Figura 79. Transición de entrada para transportador TC-01



Para el diseño del soporte intermedio debe saberse primero el recorrido del producto, que para este caso es el siguiente:

Figura 80. Recorrido del producto transportador TC-01



Como se puede apreciar en la figura 80, es necesaria la instalación de bandeja intermedia, desde su extremo de transmisión hasta inmediatamente antes del primer punto de descargue, de ahí para atrás el transportador será fabricado con patín.

Para el sexto punto en la lista de requisitos de diseño de los transportadores de cadena, concerniente al consumo de potencia necesario, utilizamos una fórmula basada en la experiencia de algunos fabricantes, nombrada en el capítulo 7.1.1.

$$P \approx \frac{\left(\frac{L + 2.5}{0,3048} \right) \times \left(\frac{C \times 28,38}{\rho} \right)}{55000}$$

Para el caso del transportador TC-01 los valores a reemplazar son los siguientes:

L = 18.3 m aproximadamente

C = 40 Ton/Hr

$\rho = 0.72 \text{ Ton/m}^3$

La potencia necesaria para este transportador sería según la fórmula de 1.95 HP, la potencia disponible más cercana por encima de la necesitada sería de 2.0 HP pero debido a su cercanía con el cálculo arrojado por la fórmula se decidió instalar un motor de 3.0 HP. Cabe aclarar que esta fórmula solo se puede utilizar en productos donde la densidad del producto no diste mucho de $0,774 \text{ Ton/m}^3$, que es la densidad del trigo.

A la hora de la elección del motorreductor adecuado, existe una característica propia de ellos que se tiene que tener en cuenta y es llamado "Factor de potencia" el cual no es más que un número que indica que tanto puede ser sobrecargada la

caja reductora con respecto a los parámetros de diseño, el factor recomendable depende de la función que este ejerciendo el motorreductor, o más bien en qué equipo esta instalado y que frecuencia de trabajo tiene, para los transportadores por ser equipos que raramente presentan sobrecargas y que tienen una baja frecuencia lo recomendable es tener un factor no menor a 1,2.

Tabla 11. Selección motorreductor 3.0 HP

Selections
Gearmotors

Motor Power P _a HP	Output Speed n _a rpm	Service Factor	Torque T _a lb-in	OHL F _{ra}	Ratio i	Gear Stages ¹⁾		Gear	Model Motor
						Pri.	Sec.		
3.0	146.0	1.7	1300	700	11.79	2	-	R47	DT100LS4
	145.0	1.3	1300	590	11.83	2	-	R37	DT100LS4
	145.0	2.7	1310	900	11.88	2	-	R57	DT100LS4
	137.0	1.6	1380	710	12.54	2	-	R47	DT100LS4
	135.0	3.3	1400	1650	12.70	2	-	R67	DT100LS4
	130.0	1.2	1460	475	13.25	2	-	R37	DT100LS4
	123.0	2.5	1530	940	13.95	2	-	R57	DT100LS4
	118.0	1.5	1600	735	14.56	2	-	R47	DT100LS4
	116.0	2.4	1620	950	14.77	2	-	R57	DT100LS4
	110.0	1.1	1720	375	15.60	2	-	R37	DT100LS4
	109.0	2.8	1740	1750	15.79	2	-	R67	DT100LS4
	106.0	1.4	1790	750	16.22	2	-	R47	DT100LS4
	102.0	2.2	1850	980	16.79	2	-	R57	DT100LS4
	96.0	2.6	1970	1810	17.95	2	-	R67	DT100LS4
	92.0	2.0	2050	1000	18.60	2	-	R57	DT100LS4
	89.0	1.3	2120	770	19.27	2	-	R47	DT100LS4
	86.0	2.4	2190	1860	19.89	2	-	R67	DT100LS4
	80.0	3.1	2360	2370	21.43	2	-	R77	DT100LS4
	78.0	1.7	2410	1040	21.93	2	-	R57	DT100LS4
	74.0	2.8	2570	2430	23.37	2	-	R77	DT100LS4
	73.0	1.0	2590	795	23.59	3	-	R47	DT100LS4
	73.0	1.9	2580	1950	23.44	2	-	R67	DT100LS4
	68.0	2.5	2780	2480	25.23	3	-	R77	DT100LS4
	64.0	1.4	2970	1080	26.97	3	-	R57	DT100LS4
60.0	1.5	3170	2050	28.83	3	-	R67	DT100LS4	
59.0	2.3	3190	2580	29.00	3	-	R77	DT100LS4	
57.0	1.2	3320	1090	30.18	3	-	R57	DT100LS4	
53.0	1.4	3550	2100	32.27	3	-	R67	DT100LS4	
51.0	2.0	3680	2680	33.47	3	-	R77	DT100LS4	
49.0	1.1	3860	1120	35.07	3	-	R57	DT100LS4	
47.0	1.8	4050	2750	36.83	3	-	R77	DT100LS4	
47.0	3.4	4050	4070	36.84	3	-	R87	DT100LS4	
46.0	1.2	4120	1990	37.50	3	-	R67	DT100LS4	
43.0	1.2	4390	1940	39.88	3	-	R67	DT100LS4	
41.0	3.0	4590	4220	41.74	3	-	R87	DT100LS4	
40.0	1.6	4760	2670	43.26	3	-	R77	DT100LS4	
38.0	1.5	5040	2640	45.81	3	-	R77	DT100LS4	
37.0	1.1	5090	1760	46.29	3	-	R67	DT100LS4	
36.0	2.6	5230	4380	47.58	3	-	R87	DT100LS4	
33.0	1.3	5730	2530	52.07	3	-	R77	DT100LS4	
33.0	2.4	5810	4490	52.82	3	-	R87	DT100LS4	
31.0	2.2	6110	4490	36.84	3	-	R87	DV112M6	
30.0	1.2	6340	2420	57.68	3	-	R77	DT100LS4	

NOTES: Consult Assembly Center for additional speed (rpm) selections or dimension pages not listed.
See page 42 for available mounting options. See page 156 for weights.
Overhung loads (OHL) are at shaft midpoint.
See page 121 for index to R gearmotor dimension pages. Dimensions are on pages 122 - 150.
¹⁾ Pri. = primary reducer Sec. = secondary reducer.



Los motorreductores que se utilizan para estos equipos son de tipo reductor helicoidal de ejes paralelos, debido principalmente a que es la solución más económica y a que no se tiene ningún requerimiento especial para su funcionamiento. El seleccionado para este caso fue el R47 DT100LS4 de 3.0 HP a 89 rpm con un factor de potencia de 1,3.

La selección del tamaño de la piñonaría de transmisión se hace con base en las recomendaciones de los fabricantes estadounidenses “Martin Co.”, sus tablas de selección se encuentran divididas en tres zonas según el tipo de lubricación recomendada; la primera en su parte izquierda es la que consideran se puede hacer con lubricación manual, la zona central recomienda una lubricación en baño de aceite y por último su sección derecha en la que se considera necesaria la lubricación por chorro de aceite. Para no incurrir en más trabajos a la hora de la fabricación se procurará no salir de la zona de lubricación manual.

Tabla 12. Selección de piñonaría tamaño 80

Horsepower Ratings — Standard Pitch Single Strand Chains
For Multiple Strand Ratings See Chart at Bottom
1" Pitch No. 80

No. of Teeth Small Sprocket	REVOLUTIONS PER MINUTE — SMALL SPROCKET																				
	25	50	100	200	300	400	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2400	2700	3000	3400	
11	0.97	1.80	3.36	6.28	9.04	11.7	14.3	19.4	23.0	19.6	14.9	11.8	9.69	8.12	6.93	6.01	5.27	4.42	3.77	1.70	
12	1.06	1.98	3.69	6.89	9.93	12.9	15.7	21.3	26.2	22.3	17.0	13.5	11.0	9.25	7.90	6.85	6.01	5.04	4.30	...	
13	1.16	2.18	4.03	7.52	10.8	14.0	17.1	23.2	29.1	25.2	19.2	15.2	12.5	10.4	8.91	7.72	6.78	5.68	4.85	...	
14	1.25	2.34	4.38	8.14	11.7	15.2	18.6	25.1	31.5	28.2	21.4	17.0	13.9	11.7	9.96	8.83	7.57	6.35	5.42	...	
15	1.35	2.52	4.70	8.77	12.6	16.4	20.0	27.1	34.0	31.2	23.8	18.9	15.4	12.9	11.0	9.57	8.40	7.04	6.01	...	
16	1.45	2.70	5.04	9.41	13.5	17.8	21.5	29.0	36.4	34.4	26.2	20.8	17.0	14.2	12.2	10.5	9.25	7.76	6.62	...	
17	1.55	2.88	5.38	10.0	14.5	18.7	22.9	31.0	38.9	37.7	28.7	22.7	18.6	15.6	13.3	11.5	10.1	8.49	7.25	...	
18	1.64	3.07	5.72	10.7	15.4	19.9	24.4	33.0	41.4	41.1	31.2	24.8	20.3	17.0	14.5	12.6	11.0	9.25	7.90	...	
19	1.74	3.25	6.07	11.3	16.3	21.1	25.8	35.0	43.8	44.5	33.9	26.9	22.0	18.4	15.7	13.6	12.0	10.0	8.57	...	
20	1.84	3.44	6.41	12.0	17.2	22.3	27.3	37.0	46.3	48.1	36.6	29.0	23.8	19.9	17.0	14.7	12.9	10.8	...	...
21	1.94	3.62	6.76	12.6	18.2	23.5	28.8	39.0	48.9	51.7	39.4	31.2	25.6	21.4	18.3	15.9	13.9	11.7	...	...
22	2.04	3.81	7.11	13.3	19.1	24.8	30.3	41.0	51.4	55.5	42.2	33.5	27.4	23.0	19.6	17.0	14.9	12.5	...	...
23	2.14	4.00	7.46	13.9	20.1	26.0	31.8	43.0	53.9	59.3	45.1	35.8	29.3	24.6	21.0	18.2	15.9	13.4	...	...
24	2.24	4.19	7.81	14.6	21.0	27.2	33.2	45.0	56.4	62.0	48.1	38.2	31.2	26.2	22.3	19.4	17.0	14.2	...	...
25	2.34	4.37	8.16	15.2	21.9	28.4	34.7	47.0	59.0	64.8	51.1	40.6	33.2	27.8	23.8	20.6	18.1	15.1	...	...
26	2.45	4.56	8.52	15.8	22.9	29.7	36.2	49.1	61.5	67.6	54.2	43.0	35.2	29.5	25.2	21.8	19.2	16.1	...	...
28	2.65	4.94	9.23	17.2	24.8	32.1	39.3	53.2	66.7	73.3	60.6	48.1	39.4	33.0	28.2	24.4	21.4	...	...	...
30	2.85	5.33	9.94	18.5	26.7	34.6	42.3	57.3	71.8	78.9	67.2	53.3	43.6	36.6	31.2	27.1	23.8	...	...	...
32	3.06	5.71	10.7	19.9	28.6	37.1	45.4	61.4	77.0	84.6	74.0	58.7	48.1	40.3	34.4	29.8	26.2	...	...	...
35	3.37	6.29	11.7	21.9	31.8	40.9	50.0	67.6	84.8	93.3	84.7	67.2	55.0	46.1	39.4	34.1	...	...	...	...
40	3.89	7.27	13.6	25.3	36.4	47.2	57.7	78.1	98.0	108	103	82.1	67.2	56.3	48.1	20.0	...	...	...	...
45	4.42	8.25	15.4	28.7	41.4	53.6	65.6	88.7	111	122	123	98.0	80.2	67.2	54.1	...	...	...	...	...
Lubrication	Type A	Type B						Type C													

Fuente: MARTIN SPROCKET AND GEAR CATALOGUE 2001. Estados Unidos, 2001. Pág. E169

El factor de servicio para transmisiones de piñón y cadena se muestra en la siguiente tabla, de donde se puede ver que para equipos accionados por motores eléctricos, con cargas uniformes, como en el caso de los transportadores, su factor sería de 1.0, por lo que la potencia de diseño será igual a la potencia de selección de piñonería.

Tabla 13. Factor de potencia para transmisiones por piñón y cadena

SERVICE CLASSIFICATION	TYPE OF INPUT POWER		
	Internal Combustion Engine with Hydraulic Drive	Electric Motor or Turbine	Internal Combustion Engine with Mechanical Drive
Uniform Load	1.0	1.0	1.2
Moderate Shock Load	1.2	1.3	1.4
Heavy Shock Load	1.4	1.5	1.7

Fuente: MARTIN SPROCKET AND GEAR CATALOGUE 2001. Estados Unidos, 2001. Pág. E142

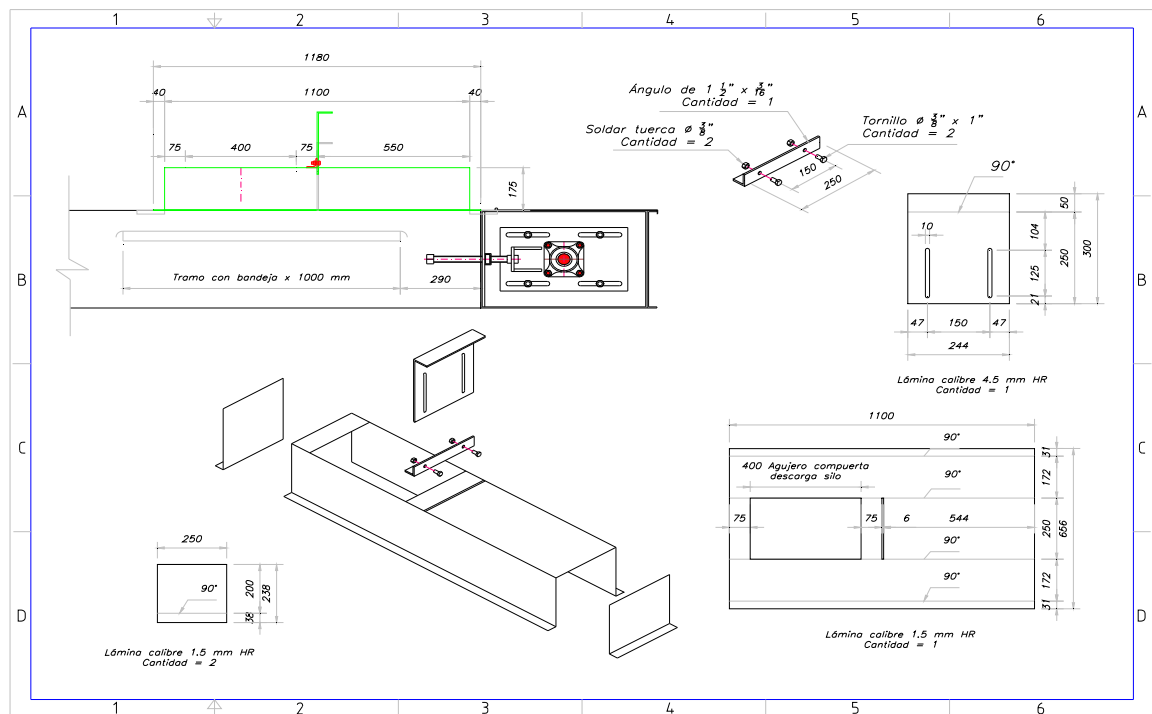
El piñón conductor necesario para esta transmisión de potencia según el catálogo de selección sería uno de 15 o tal vez de 14 dientes, pero por experiencia propia no recomendamos nunca poner menos de 17, por lo que se instalará un 80B-17 como piñón conductor y teniendo en cuenta que la velocidad del motorreductor es de 89 y que la final sea de 30, como piñón conducido:

$Sprocket = 17 \times 89/30 = 50.43$ entonces el piñón conducido sería de 50 dientes, 80B-50.

8.2.2 Transportador De Cadena TC-02 (Descargue Silos De Trabajo). El transportador de cadena TC-02 será el encargado de descargar los nuevos silos de trabajo para cargar el transportador TC-00 y el elevador de la secadora, el EL-03.

Los puntos de carga serán las bocas de descarga de los silos de almacenamiento, los silos cuentan con una rasera manual de 500 x 500 mm, en su boca de descarga. Debido a que las raseras no son capaces de regular la carga que ha de llegar al transportador, a este se le debe incluir un dispositivo que sea capaz de hacerlo con el fin de no permitir sobrecargas del equipo, la figura 81 muestra un sistema de regulación típico y muy simple, donde lo que regula la altura de la cama de producto es una lámina que puede ser calibrada a diferentes alturas según la cantidad de producto que se quiera dejar pasar. Para que este dispositivo pueda hacer su trabajo debe estar instalado en un tramo de transportador con soporte intermedio tipo bandeja.

Figura 81. Regulador de carga para transportador de cadena.



Sus puntos de descargue serán dos, uno en su extremo de transmisión que alimentara el EL-03, descarga que se hará de igual manera que las anteriores,

con su rasera y su transición y el segundo punto de descargue será en el punto intermedio en donde el transportador intercepta al TC-00, la cual tendrá que ser distinta a la descargas anteriores debido a que este transportador no puede ser alimentado por su parte superior, ya que este cuenta con bandeja en su soporte intermedio, para estos casos se utiliza una tolva de carga como la que se puede observar en la figura 82, en donde el producto evita la parte superior del transportador y es llevado hacia los costados del transportador, por donde será introducido.

Figura 82. Corte tolva de alimentación lateral y rasera de descarga transportador de cadena.



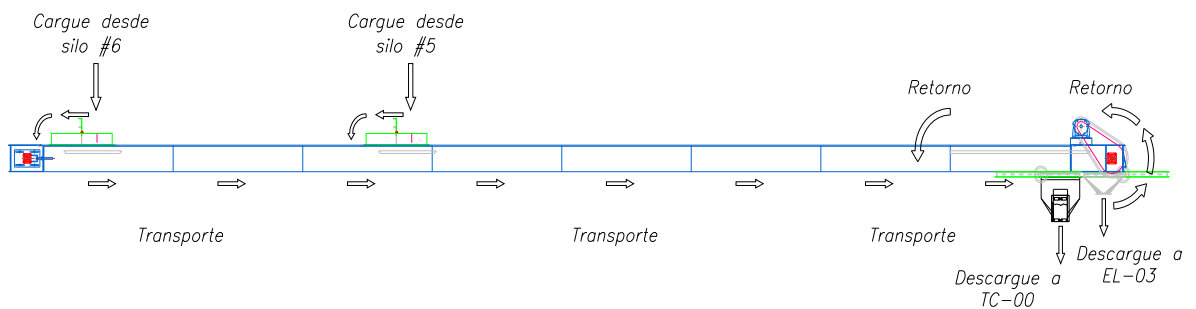
Esta alimentación deberá ser ligeramente distinta ya que el producto viene de un transportador hacia otro y adicionalmente el que lo recibe se encuentra a una inclinación de 10° en su punto de cargue. Este punto de descargue también debe llevar una rasera ya que no es la única salida de producto.

Figura 83. Descarga intermedia para el transportador TC-02



El recorrido del producto debe ser tal que si se pasa algo en su punto de descarga intermedio este pueda regresar para ser finalmente descargado, el resto del transportador debe llevar soporte tipo patín, excepto en los puntos de carga donde para que funcione el dispositivo de regulación es necesario un tramo de cuerpo con bandeja de un metro aproximadamente.

Figura 84. Diseño del recorrido y soporte intermedio TC-02

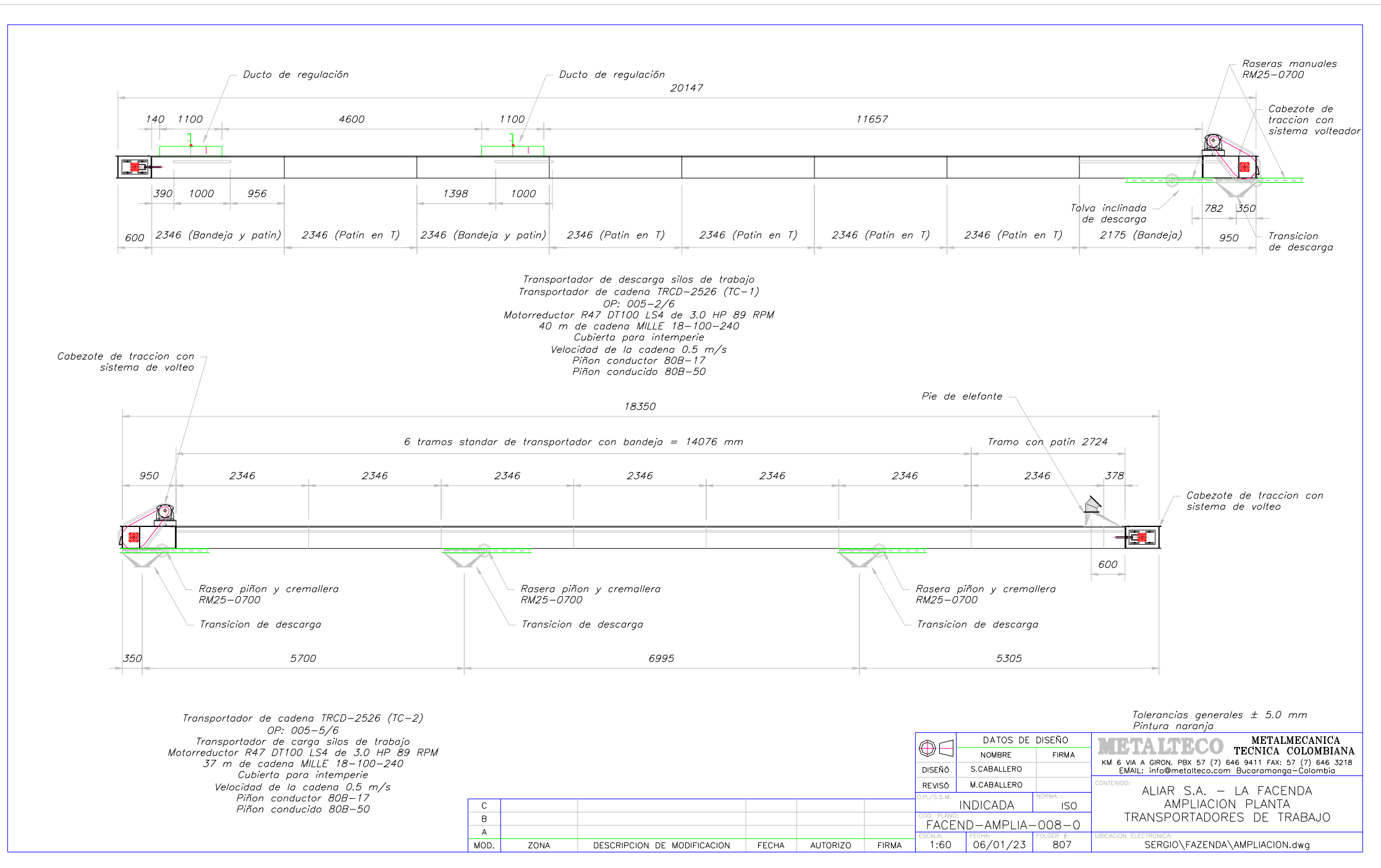


De igual manera que para el anterior, para calcular la potencia consumida para el transportador se necesita aplicar la siguiente fórmula:

$$P \approx \frac{\left(\frac{L + 2.5}{0,3048}\right) \times \left(\frac{C \times 28,38}{\rho}\right)}{55000} \Rightarrow P \approx \frac{\left(\frac{20.1 + 2.5}{0,3048}\right) \times \left(\frac{40 \times 28,38}{0,72}\right)}{55000} \approx 2.12HP$$

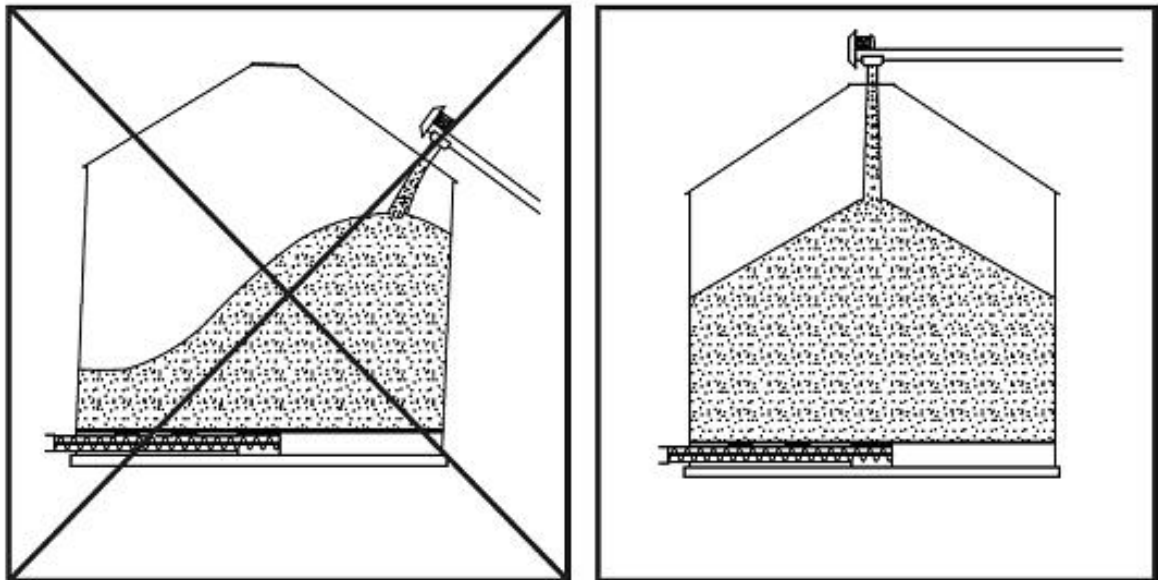
Lo que quiere decir que para este transportador necesitamos un motorreductor similar en potencia y velocidad al seleccionado para el TC-01, un R47 DT100LS4 de 3.0 HP a 89 rpm con un factor de potencia de 1,3. que a su vez también quiere decir que necesitamos la misma relación de potencia, un piñón conductor 80B-17, con un piñón conducido 80B-50, lo que es conveniente en el sentido que en el momento de alguna posible falla en uno pueda utilizarse tanto el motorreductor como la transmisión de potencia del otro.

Figura 85. Plano de fabricación transportadores TC-01 y TC-02.



8.2.3 Transportador De Cadena TC-03 (Alimentación Silos De Almacenamiento). Encargado de llevar el producto desde el elevador actual, el EL-04, y del futuro elevador EL-05, hasta las bocas de carga de tres de los cuatro silos de almacenamiento, (silos 2, 3 y 4), este transportador será alimentado por una tubería proveniente que al igual que en casos anteriores no debe estar por debajo de los 40° de inclinación. Esta tubería debe llegar hasta el mismo punto de cargue inicial del silo dos, en donde se cargaba directamente por gravedad, pero en este caso alimentará al transportador, por medio de una tolva de entrada lateral, similar a la del transportador TC-02, con el fin de permitir que el grano fluya libremente hacia el silo dos, si la compuerta de este se encuentra abierta, sin encontrar obstáculos que dejen remanentes dentro del transportador, y sin tener que poner en marcha el equipo para cargar este silo, en el momento que se quiera cargar algún otro silo, se deberá cerrar esta compuerta, abrir otra y accionar el transportador.

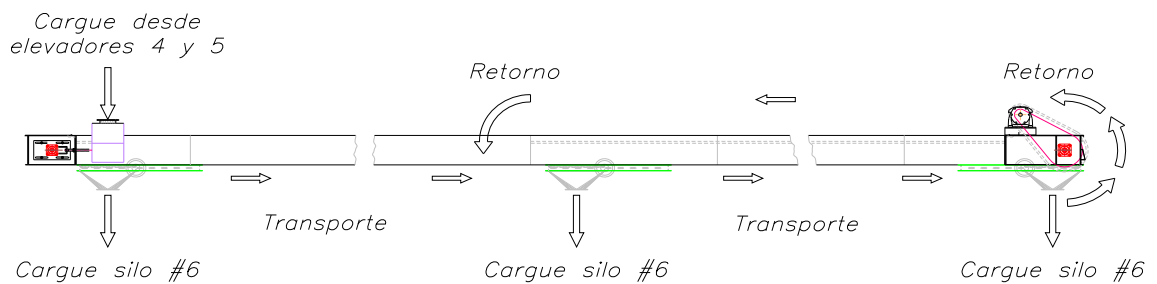
Figura 86. Llenado de silos



Los puntos de descarga de este transportador serán las bocas de entrada de los silos de almacenamiento, y se harán de la manera que venimos haciéndolos, con rasera, transición y un ducto de 200 Mm. para acoplarlo con el silo. En el momento del acople con los silos se tiene que tener el cuidado de hacerlo de manera totalmente vertical, para garantizar que el silo se llene de manera totalmente centrada, ya que uno de los principales problemas del almacenamiento en silos es el llenado excéntrico, esto produce sobrecargas sobre las paredes del silo, haciendo que estos puedan llegar a inclinarse o fracturarse.

El transportador de cadena TC-03, deberá llevar bandeja intermedia desde el cabezote del sistema motriz, hasta inmediatamente después de la boca del silo tres, ya que este va a ser el primer punto de descarga cuando el transportador vaya a estar accionado.

Figura 87. Diseño del recorrido del producto para el transportador TC-03



Con una longitud aproximada de 29.2 metros, aplicamos la fórmula para el cálculo de potencias para transportadores de cadena y obtenemos que se necesitan 2.98 HP para su funcionamiento. Para evitar inconvenientes instalaremos una potencia de 4.0 HP. El equipo indicado para este caso debe ser el motorreductor helicoidal R57 DT100 L4 de 4.0 HP a 90 rpm, el cual tiene un factor de potencia de 1.2.

Tabla 14. Selección de motorreductores 4.0 HP

**Selections
Gearmotors**

Motor Power P ₂ HP	Output Speed n ₂ rpm	Service Factor	Torque T ₂ lb-in	OHL F ₂₄	Ratio i	Gear Stages ¹⁾		Gear	Model Motor
						PrL	Sec.		
4,0	90.0	1.2	3490	880	18.60	2	-	R57	DT100L4
	89.0	2.0	3530	2190	18.80	2	-	R77	DT100L4
	84.0	1.4	3730	1750	19.89	2	-	R57	DT100L4
	78.0	1.8	4020	2270	21.43	2	-	R77	DT100L4
	78.0	3.3	4040	3390	21.51	2	-	R57	DT100L4
	72.0	1.2	4400	1810	23.44	2	-	R57	DT100L4
	72.0	1.7	4390	2510	23.57	2	-	R77	DT100L4
	72.0	3.1	4390	3470	23.40	2	-	R57	DT100L4
	67.0	1.5	4740	2360	25.23	3	-	R77	DT100L4
	60.0	2.6	5220	3640	27.84	2	-	R57	DT100L4
	58.0	1.4	5440	2430	29.00	3	-	R77	DT100L4
	54.0	2.3	5990	3760	31.40	2	-	R57	DT100L4
	50.0	1.2	6280	2430	33.47	3	-	R77	DT100L4
	49.0	2.1	6460	3850	34.40	2	-	R57	DT100L4
	46.0	1.1	6910	2310	36.83	3	-	R77	DT100L4
	46.0	2.0	6910	2920	36.84	3	-	R57	DT100L4
	45.0	3.8	6970	4850	37.13	3	-	R57	DT100L4
	40.0	1.8	7820	4050	41.74	3	-	R57	DT100L4
	39.0	3.3	8020	5050	42.78	3	-	R57	DT100L4
	35.0	1.6	8920	4060	47.58	3	-	R57	DT100L4
	35.0	3.0	8930	5200	47.58	3	-	R57	DT100L4
	32.0	1.4	9910	3960	52.82	3	-	R57	DT100L4
	32.0	2.7	9990	5360	53.21	3	-	R57	DT100L4
	28.0	1.2	11900	3790	60.35	3	-	R57	DT100L4
	28.0	2.4	11200	5530	60.92	3	-	R57	DT100L4
	26.0	1.2	12000	3700	63.68	3	-	R57	DT100L4
	26.0	2.2	12200	5660	65.21	3	-	R57	DT100L4
	23.0	1.0	13600	3450	72.57	3	-	R57	DT100L4
	23.0	2.0	12800	5800	72.17	3	-	R57	DT100L4
	21.0	2.6	14700	7540	70.57	3	-	R107	DT100L4
	20.0	1.7	15600	6010	83.15	3	-	R57	DT100L4
	18.0	1.6	17400	5960	92.40	3	-	R57	DT100L4
	18.0	2.2	17400	7890	92.70	3	-	R107	DT100L4
	16.0	1.4	19400	5750	108.44	3	-	R57	DT100L4
	16.0	2.0	19200	8110	102.53	3	-	R107	DT100L4
	15.0	1.8	21700	6140	115.63	3	-	R107	DT100L4
	14.0	1.2	21900	5450	116.48	3	-	R57	DT100L4
	13.0	1.1	23800	5170	126.75	3	-	R57	DT100L4
	13.0	1.6	24000	8050	127.68	3	-	R107	DT100L4
	12.0	1.5	26800	7850	141.83	3	-	R107	DT100L4
11.0	1.3	29600	7570	158.68	3	-	R107	DT100L4	
9.8	1.2	32900	7310	172.34	3	-	R107	DT100L4	
9.6	2.4	30000	13500	175	3	2	R137R77	DT100L4	

NOTES: Consult Assembly Center for additional speed (rpm) selections or dimension pages not listed.
See page 42 for available mounting options. See page 156 for weights.
Overhung loads (OHL) are at shaft midpoint.
See page 121 for index to R gearmotor dimension pages. Dimensions are on pages 122 - 150.
¹⁾ PrL = primary reducer Sec. = secondary reducer.



Fuente: SEW EURODRIVE 2002 PRODUCT CATALOG. Estados Unidos, 2002, Pág. 78

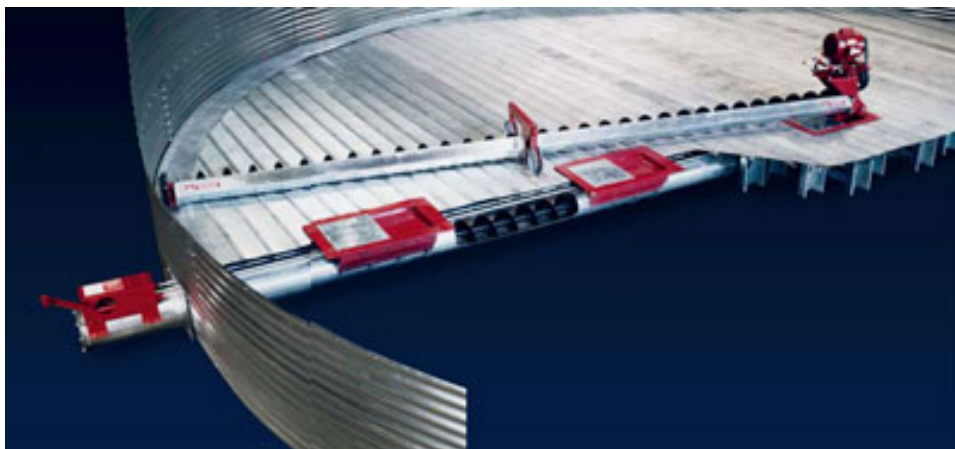
La transmisión en este caso al igual que en los anteriores transportadores no necesitaría de un piñón de más de 15 dientes, como se ve en la tabla de selección de piñones, pero por las mismas razones que en los anteriores se escogió uno

paso 80 con 17 dientes para que pudiera transmitir los 4.0 HP necesarios, su pareja, el piñón conducido sería entonces:

$\text{Sprocket} = 17 \times 90/30 = 51$ entonces el piñón conducido sería de 51 dientes.

8.2.4 Transportadores Sinfines Descarga Silos. Estos equipos de transporte, como ya fue dicho, serán los encargados de sacar el grano de los nuevos silos, su instalación deberá ser hecha bajo ellos, en un foso que será luego cubierto por una serie de tapas, en las que se instalarán las bocas por las que será descargado el producto almacenado. El número de bocas de estos equipos depende del diámetro del silo que se esté desocupando, ya que la finalidad de estas múltiples entradas, es la de liberar de producto la entrada lateral de los silos y al sinfín barredor, Ver figura 88, para que así este último pueda empezar fácilmente su trabajo de rotación dentro del silo, para que esto sea posible debe de tenerse el cuidado de ubicar el sinfín barredor lo más cercano posible a las bocas de descarga, una vez el silo haya sido vaciado, así como se puede apreciar en la imagen, teniendo el cuidado de no llegar a entorpecer el paso de producto hacia las bocas. Para silos de hasta 42", como en nuestro caso, solo es necesaria la instalación de una boca intermedia de descarga.

Figura 88. Sinfín descarga silos y sinfín barredor.



Fuente: HUTCHINSON. [On line]. Estados Unidos, [citado en diciembre de 2007] Disponible en Internet: <
<http://www.hutchinson-mayrath.com/hutch-main.html>>

La experiencia como fabricantes de transportadores tipo sinfín, nos ha permitido conocer el funcionamiento de estos equipos, tanto en capacidades como en consumo de potencia, parte de los resultados de dicha experiencia están tabulados en la tabla a continuación mostrada, en donde se puede observar su comportamiento bajo diferentes situaciones de trabajo.

Tabla 15. Capacidades y consumos transportadores sinfín

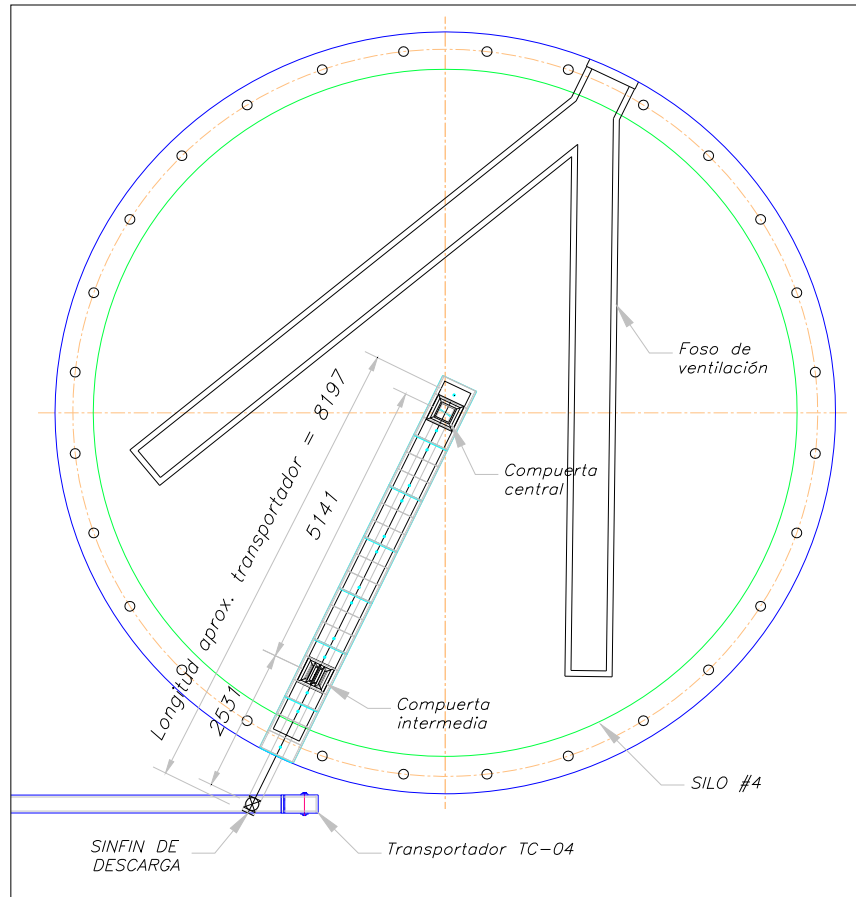
METALTECO LTDA									
		0° (70% de llenado)		30° (60% de llenado)		45° (50% de llenado)		60° (40% de llenado)	
Tamaño	[RPM]	Capacidad [m³/Hr]	HP cada 3,0 m	Capacidad [m³/Hr]	HP cada 3,0 m	Capacidad [m³/Hr]	HP cada 3,0 m	Capacidad [m³/Hr]	HP cada 3,0 m
6"	300	20,4	0,5	17,6	0,6	14,8	0,65	11,6	0,7
	500	33,8	0,6	29,2	0,9	24,3	0,9	19,4	0,95
8"	170	31,7	0,8	27,1	1,0	22,6	1,2	18,1	1,4
	300	55,7	0,9	47,9	1,1	39,9	1,3	32,0	1,5
	400	74,3	0,9	63,8	1,1	53,2	1,3	42,6	1,5
10"	170	67,3	0,9	57,6	1,1	48,1	1,3	38,4	1,5
	300	118,7	1,0	101,8	1,2	84,7	1,4	67,8	1,6
	400	158,2	1,2	135,7	1,4	113,1	1,6	90,6	1,8
13"	170	159,4	2,2	136,7	2,4	113,8	2,6	91,1	2,8
	280	262,5	2,6	225,0	2,8	187,5	3,0	150,1	3,2

Para nuestra necesidad de capacidad de transporte de 40 Ton/Hr, (55.5 m³/Hr), vemos que es suficiente un sinfín de 8" de diámetro, aproximadamente a 300 rpm. Debido a que estos equipos tienen una velocidad de funcionamiento mucho mas alta que los transportadores de cadena, hace que sea posible la instalación directa de un motor de seis polos, es decir, a 1200 rpm, en vez de los motorreductores que se venían utilizando, logrando llegar a la velocidad de trabajo por medio de una reducción por poleas y banda en el momento de la transmisión de potencia al sinfín.

Figura 89. Detalle boca de carga transportador de descarga silos



Figura 90. Vista en planta bocas de carga y descarga sinfines de descarga de los silos de almacenamiento 3 y 4



Partiendo de la información de la tabla 15, sabemos que este sinfín necesita para su funcionamiento 0.9 HP por cada tres metros de transportador, para un 70% de capacidad de llenado, para los casi 8.0 metros longitud sería necesaria una potencia de 2.4 HP, pero para estos casos la potencia se debe calcular basándose en la capacidad máxima del transportador, previniendo posibles sobrecargas del equipo, sin llegar a afectar el embobinado del motor, al 100% serían necesarios 3.42 HP, lo que nos obliga a ir hasta los 4.0 HP de potencia. La tabla del fabricante SIEMENS muestra que es necesario un motor con tamaño constructivo, 112M y que tiene una velocidad nominal de 1150 rpm.

Tabla 16. Tabla de selección de motores SIEMENS a 1200 Rpm

Velocidad 1200 rpm, 6 polos, 60 Hz															
Código	Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia η %	Factor de potencia Cos ϕ	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m ²	Peso kg
			HP	kW		220V A	440V A								
25000001135	1LA7 072-6YA60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	65	0,76	1055	2,70	2,3	4,9	0,0006	5,7
25000001137	1LA7 080-6YC60	80M	0,6	0,45	1,05	2,40	1,20	63	0,82	1080	3,96	1,8	2,7	0,0015	8,5
25000001139 ²⁾	1LA7 082-6YA60	80M	0,9	0,67	1,05	3,60	1,80	66	0,88	1080	5,94	1,9	3,1	0,0018	10,5
25000001140	1LA7 083-6YA60	80M	1	0,75	1,15	4,20	2,10	67	0,69	1090	6,54	2,6	4	0,0018	10,5
25000001142	1LA7 090-6YA60	90S/L	1,5	1,12	1,15	6,60	3,30	69	0,77	1110	9,63	2	3,4	0,0028	12
25000001143	1LA7 096-6YA60	90S/L	2	1,49	1,15	7,80	3,90	72	0,77	1100	12,95	2,7	6	0,0035	14,9
25000001144	1LA7 112-6YA60	112M	3	2,24	1,15	11,80	5,90	72,1	0,69	1150	18,58	1,9	4	0,011	26,7
25000001145	1LA7 113-6YA60	112M	4	2,98	1,15	15,00	7,50	76,8	0,68	1150	24,78	2	4,5	0,011	29,6
25000001146	1LA7 130-6YA70	132S/M	5	3,73	1,15	16,40	8,20	78,5	0,76	1150	30,97	1,8	4,6	0,015	40,5
25000001147	1LA7 133-6YA70	132S/M	7,5	5,60	1,15	26,00	13,00	78	0,74	1150	46,46	1,8	5,1	0,019	54
25000001148	1LA7 135-6YA70	132S/M	10	7,46	1,05	33,00	16,50	80,5	0,75	1150	61,95	1,9	5,2	0,025	60
25000001149	1LA7 164-6YA70	160M/L	15	11,19	1,15	47,40	23,70	86	0,80	1150	92,92	2	5,9	0,041	73,5
25000001150	1LA7 167-6YA70	160M/L	20	14,92	1,10	66,00	33,00	87	0,80	1170	121,77	1,8	5	0,049	89,5
25000001151 ²⁾	1LA5 186-6YA80	180L	25	18,65	1,05	67,50	33,75	88	0,82	1170	152,22	2,6	5,6	0,2	180
25000001152 ²⁾	1LA5 206-6YA80	200L	30	22,38	1,05	42,00	39,50	84	0,77	1170	182,00	2,3	5,6	0,29	240
25000005915 ²⁾	1LA5 208-6YA80	200L	40	29,8	1,05	108	54	91,7	0,79	1170	243,00	2,6	6,0	0,34	265
25000001153 ²⁾	1LA5 207-6YA80	200L	36	26,86	1,05	52,00	47,50	104	0,74	1170	219,00	2,6	6,1	0,33	255
25000001154 ²⁾	1LA5 223-6YA80	225M	50	37,30	1,15	136	68,00	92,2	0,78	1174	303,00	2,4	5,7	0,57	315
59231 ^{1) 3)}	1LG4 253-6AA60-Z	250M	60	45	1,15	-	75	92,3	0,83	1176	360	2,7	6	0,76	370
26704 ^{1) 3)}	1LG4 253-6AA60	250M	70	52	1,00	-	85,50	92,3	0,83	1176	361	2,7	6	0,81	380
96803 ^{1) 3)}	1LG4 280-6AA60-Z	280S	75	56	1,10	-	90	92,4	0,85	1178	430	2,4	6,1	1,1	460
26705 ^{1) 3)}	1LG4 280-6AA60	280S	80	59	1,00	-	97,80	92,4	0,85	1178	436	2,4	6,1	1,17	475
26706 ^{1) 3)}	1LG4 283-6AA60	280M	100	75	1,00	-	121,70	92,7	0,86	1180	533	2,5	6,3	1,53	510
26707 ^{1) 3)}	1LG4 310-6AA60-Z	315S	135	106	1,10	-	163,70	93,1	0,84	1185	725	2,5	6,5	2,10	685
26708 ^{1) 3)}	1LG4 313-6AA60-Z	315M	160	119	1,10	-	191,50	93,8	0,84	1185	870	2,6	6,8	2,50	750
26709 ^{1) 3)}	1LG4 316-6AA90-Z	315L	200	150	1,10	-	239,40	94,1	0,86	1185	1,063	2,5	6,8	3,20	890
26710 ^{1) 3)}	1LG4 317-6AA90-Z	315L	225	168	1,10	-	269,30	94,7	0,86	1183	1,276	3,1	7,3	4,0	980
26711 ^{1) 3)}	1LG4 318-6AA90-Z	315L	250	18,7	1,10	-	296,5	95,0	0,86	1188	1,503	3,0	7,5	4,7	1180

- 1) Para tensión de servicio a 220V, favor consultar.
 2) Motores de fabricación bajo pedido.
 3) Consultar tiempo de entrega.

Fuente: CATALOGO DE MOTORES TRIFASICOS SIEMENS. Colombia, 2005. Pág. 5

Para lograr seleccionar la transmisión de potencia adecuada nos referimos nuevamente al muy útil catalogo “Martín” y a su método de selección, que en comparación con el método del libro de diseño de MOTT, es prácticamente el mismo.

- o Determine la potencia de diseño:

De la tabla 13 se determina que para un motor de torque normal y funcionamiento normal, el factor de servicio es de 1.3, por lo que los 4.0 HP, del motor se convierten en 5.2 HP de diseño.

Tabla 17. Factores de servicio para transmisiones por banda y polea.

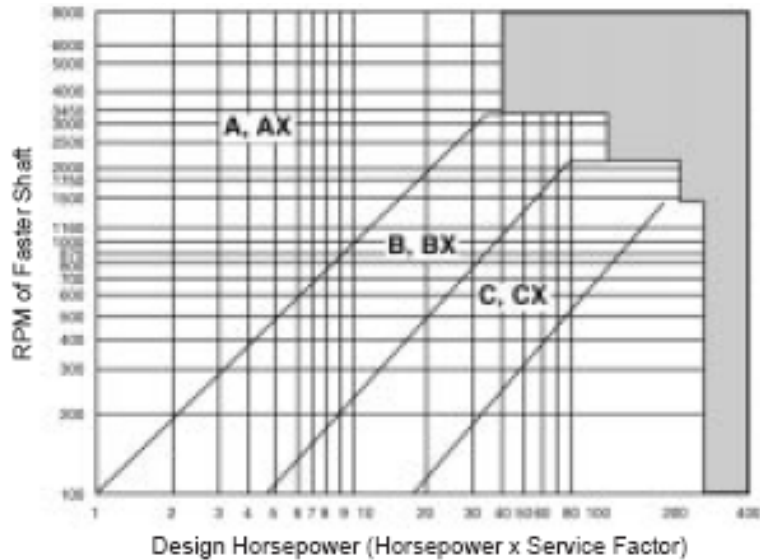
TYPICAL SERVICE FACTORS						
DRIVEN MACHINE TYPES	DRIVER TYPES					
Driven machine types noted below are representative samples only. Select a category most closely approximating your application from those listed below. IF IDLERS ARE USED, ADD THE FOLLOWING TO THE SERVICE FACTOR: Idler on slack side (inside) None Idler on slack side (outside) 0.1 Idler on tight side (inside) 0.1 Idler on tight side (outside) 0.2	ELECTRIC MOTORS: AC Normal Torque Squirrel Cage and Synchronous AC Split Phase DC Shunt Wound Internal Combustion Engines			ELECTRIC MOTORS: AC Hi-Torque AC Hi-Slip AC Repulsion-Induction AC Single Phase Series Wound AC Slip Ring DC Compound Wound		
	INTERMITTENT SERVICE	NORMAL SERVICE	CONTINUOUS SERVICE	INTERMITTENT SERVICE	NORMAL SERVICE	CONTINUOUS SERVICE
Agitators for Liquids Blowers and Exhaustors Centrifugal Pumps and Compressors Fans up to 10 HP Light Duty Conveyors	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Belt Conveyors For Sand, Grain, etc. Dough Mixers Fans Over 10 HP Generators Line Shafts Laundry Machinery Machine Tools Punches-Presses-Shears Printing Machinery Positive Displacement Rotary Pumps Revolving and Vibrating Screens	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Brick Machinery Bucket Elevators Exciters Piston Compressors Conveyors (Drag-Pan-Screw) Hammer Mills Paper Mill Beaters Piston Pumps Positive Displacement Blowers Pulverizers Saw Mill and Woodworking Machinery Textile Machinery	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Crushers (Cycatory-Jaw-Roll) Mills (Ball-Rod-Tube) Hoists Rubber Calenders-Extruders-Mills	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Chokable Equipment	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

Fuente: MARTIN SPROCKET AND GEAR CATALOGUE 2001. Estados Unidos, 2001. Pág. D-148

- Seleccione la sección de la correa

La figura 91, sugiere que utilizar una banda tipo A, para una potencia de 4.0 HP y 1200 rpm.

Figura 91. Curvas de selección de poleas de transmisión



Fuente: MARTIN SPROCKET AND GEAR CATALOGUE 2001. Estados unidos, 2001. Pág. D-149

- Revise el mínimo diámetro de polea

Tabla 18. Mínimo diámetro recomendado para poleas acanaladas

MOTOR HORSE-POWER	MOTOR RPM					
	575	695	870	1160	1750	3450
.50	2.50	2.50	2.50	—	—	—
.75	3.00	2.50	2.50	2.50	—	—
1.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25	—
1.50	3.00	3.00	3.00	2.50	2.50	2.25
2.00	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50	2.50
3.00	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50	2.50
5.00	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00	2.50
7.50	4.25	4.50	4.50	3.75	3.00	3.00
10.00	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75	3.00
15.00	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50	3.75
20.00	8.25	6.75	6.00	5.25	4.50	4.50
25.00	9.00	8.25	6.75	6.00	4.50	4.50*
* 30.00	10.00	9.00	6.75	6.75	5.25	—
40.00	10.00	10.00	8.25	6.75	6.00	—
50.00	11.00	10.00	9.00	8.25	6.75	—
60.00	12.00	11.00	10.00	9.00	7.50	—
75.00	14.00	13.00	10.00	10.00	9.00	—
100.00	18.00	15.00	13.00	13.00	10.00	—
125.00	20.00	18.00	15.00	13.00	11.00	—
150.00	22.00	20.00	18.00	13.00	—	—
200.00	22.00	22.00	22.00	—	—	—
250.00	22.00	22.00	—	—	—	—
300.00	27.00	27.00	—	—	—	—

Fuente: MARTIN SPROCKET AND GEAR CATALOGUE 2001. Estados unidos, 2001. Pág. D-149

De la tabla 18, observamos que el mínimo diámetro de polea recomendado es de 3", siendo un poco conservativos nuestra polea conductora será de 4".

- Seleccione la polea conducida

Calcule la relación nominal de velocidad.

$$\text{Relación} = 1160/300 = 3.86$$

Utilizando una polea de 15.6" se puede obtener una relación de 3.9, que es bastante cercana a la inicialmente calculada. La nueva velocidad final sería de 297.4 rpm.

- Determine el número de correas.

$$\# \text{ de correas} = \text{HP}_{\text{diseño}}/\text{HP}_{\text{corregido}}$$

$$\text{HP}_{\text{corregido}} = \text{HP}_{\text{por banda}} \times \text{Factor de corrección de arco y longitud.}$$

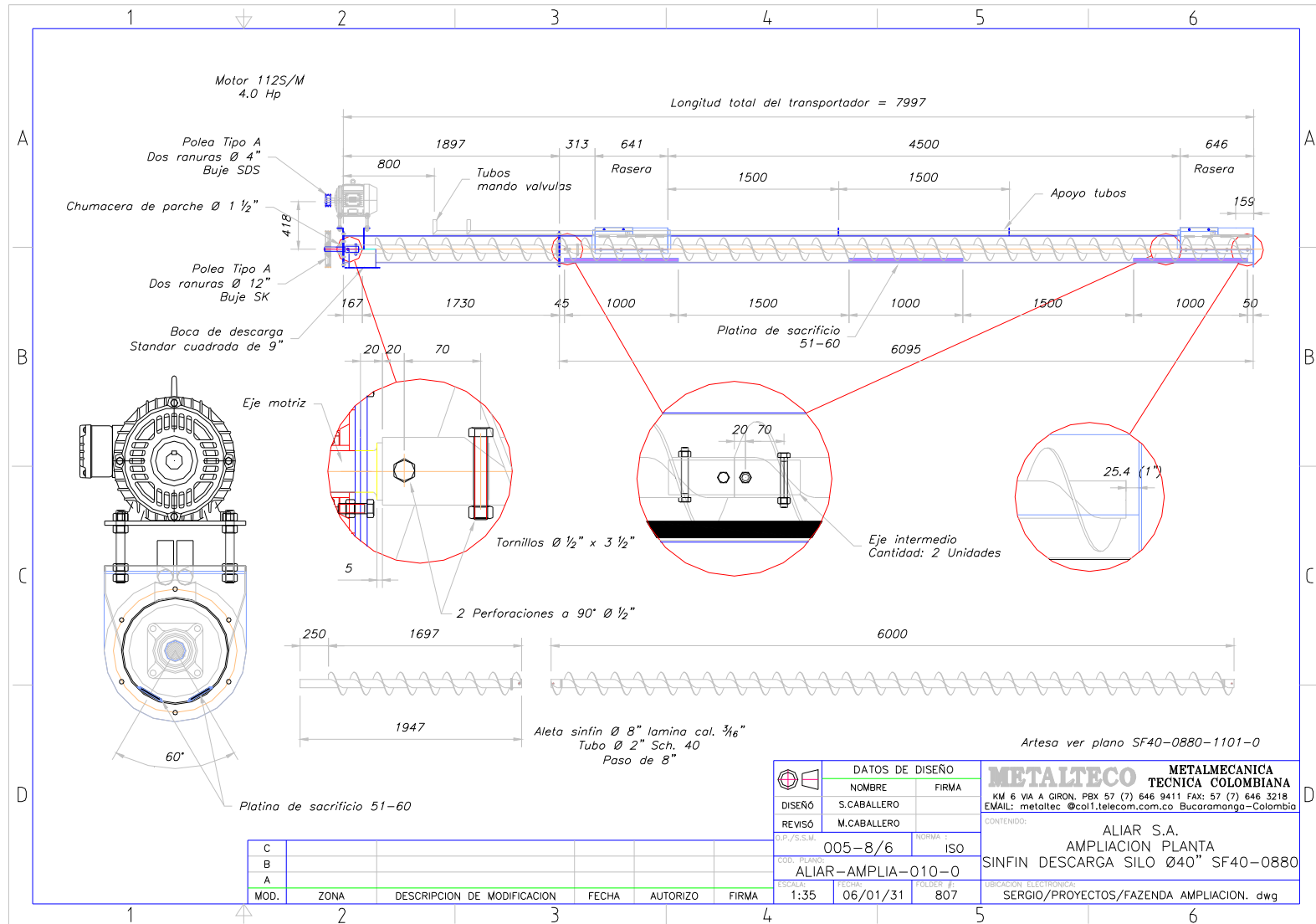
De las tablas de las poleas tipo A del fabricante MARTIN:

$$\text{HP}_{\text{corregido}} = 2.88 \times 0.92 = 2.65$$

$$\# \text{ de correas} = 5,2/2.65 = 1.96$$

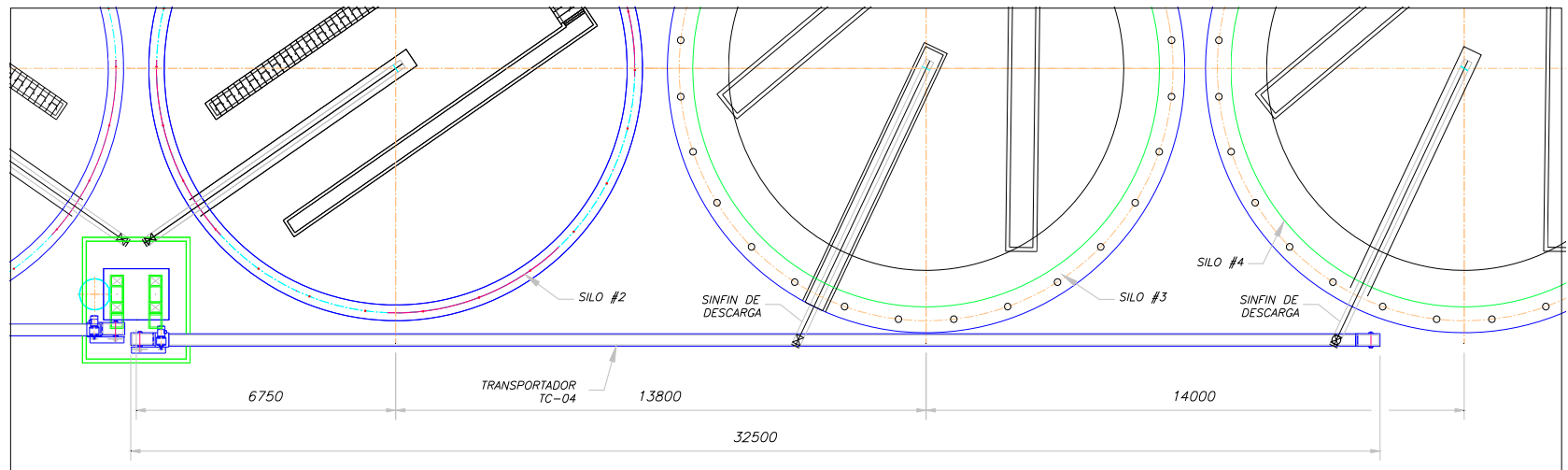
Utilizar 2 correas

Figura 92. Plano de fabricación transportador sinfín descarga silos.



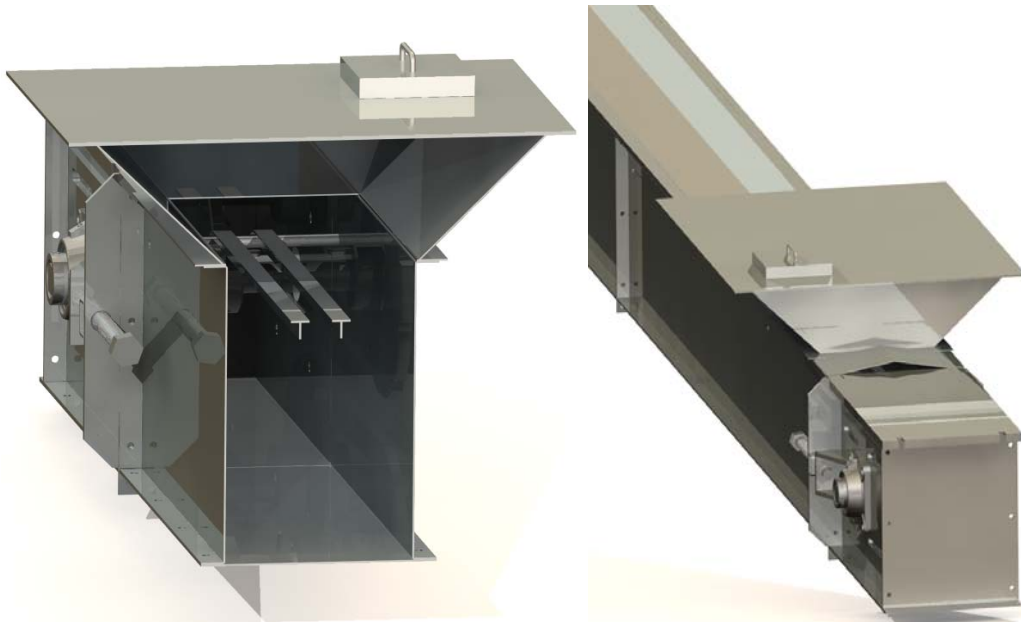
8.2.5 Transportador De Cadena TC-04 (Transportador De Recibo Sinfines De Descarga Silos). Encargado de recibirle a los sinfines de descarga de los silos de almacenamiento, este transportador acarrea el producto hasta los elevadores EL-04 y EL-05.

Figura 93. Vista en planta TC-04



Los puntos de carga de este equipo serán las bocas de descarga de los transportadores sinfín de descarga de los silos. Debido a que la obra civil puede no tener la precisión que se desea, la tolva de unión entre estos dos transportadores debe ser diseñada de tal manera que tolere cualquier imprecisión, para lograr esto se hace una tolva con una boca de carga suficientemente amplia en ambos sentidos, completamente tapada para perforar en el momento final de la conexión.

Figura 94. Tolva de cargue TC-4



El recorrido del producto dentro del transportador TC-04, es completamente lineal, es decir, este transportador no necesita sino un punto de descargue en su extremo de transmisión, este único punto de descarga será conectado por medio de una tolva y de una caja de cambio a los elevadores EL-4 y al futuro EL-5, la tolva de descarga se diseñara en el momento del diseño de los elevadores.

Con la necesidad de un único punto de descargue en su extremo de tracción, este transportador no necesita bandeja como su soporte intermedio, tampoco necesita sistema volteador en alguno de sus extremos, así como tampoco ha de necesitar rasera de descarga, por lo que todo el transportador debe de llevar patín como soporte intermedio.

De igual manera que para todos los anteriores, pero con una longitud aproximada de 32.5 metros, aplicamos la fórmula de potencia para transportadores de cadena:

$$P \approx \frac{\left(\frac{L + 2.5}{0,3048}\right) \times \left(\frac{C \times 28,38}{\rho}\right)}{55000} \Rightarrow$$

$$P \approx \frac{\left(\frac{32.3 + 2.5}{0,3048}\right) \times \left(\frac{40 \times 28,38}{0,72}\right)}{55000} \approx 3.29HP$$

Al igual que con los TC-01 y TC-02 donde se necesitó un motorreductor con la misma potencia y velocidad, para los TC-03 y TC-04 un mismo tipo de motorreductor deberá ser instalado, R57 DT100 L4 de 4.0 HP a 90 rpm, a su vez que también necesitó la misma relación de transmisión de potencia, un piñón conductor 80B-17, con un piñón conducido 80B-51, que como se dijo en algún momento es conveniente por varios motivos.

Figura 95. Plano de fabricación transportadores TC-03 y TC-04.

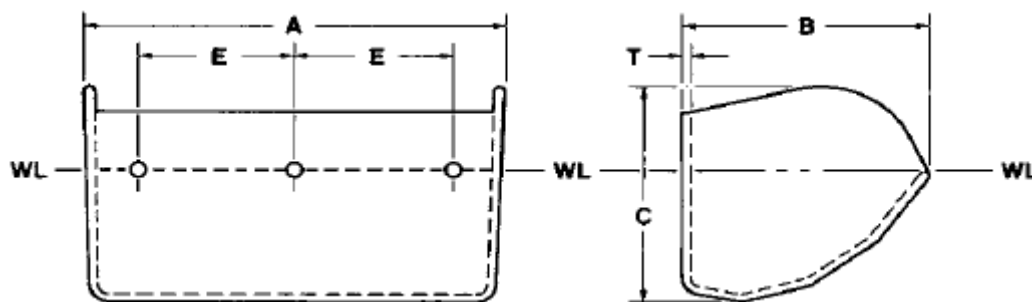


8.3 EQUIPOS DE TRANSPORTE VERTICAL

Ahora que todos los equipos (pasarelas soportes y transportadores), han sido diseñados y ubicados en su sitio de trabajo, es posible hacer el diseño del elevador #5 y de cualquier posible modificación al EL-04.

Los elevadores de cangilones tienen dos magnitudes con las que se les puede catalogar, que son: El diámetro de la polea motriz y el tamaño del cangilón que transporta la banda. Estas medidas en muchos de los casos los fabricantes las utilizan como su referencia, en el caso de METALTECO la referencia es una sigla inicial de cuatro letras, "ELCG" seguida de un código de cuatro números que describe a la polea y al cangilón. La tabla 19 es la lista de selección de elevadores con los que cuenta METALTECO LTDA, en la que se encuentran elevadores tan pequeños como un ELCG-1054, que sugiere una polea de 10", con cangilones 5" x 4", que puede transportar 8 Ton/Hr, hasta elevadores de casi 500 toneladas/hora. Un cangilón como el 5" x 4" corresponde a uno con una longitud "A" de 5" y una "B" de 4", según como las indica la figura 96.

Figura 96. Dimensiones generales de los cangilones



Fuente: TAPCO, Guía de productos para elevadores, St. Louis Missouri, 2004., p.11.

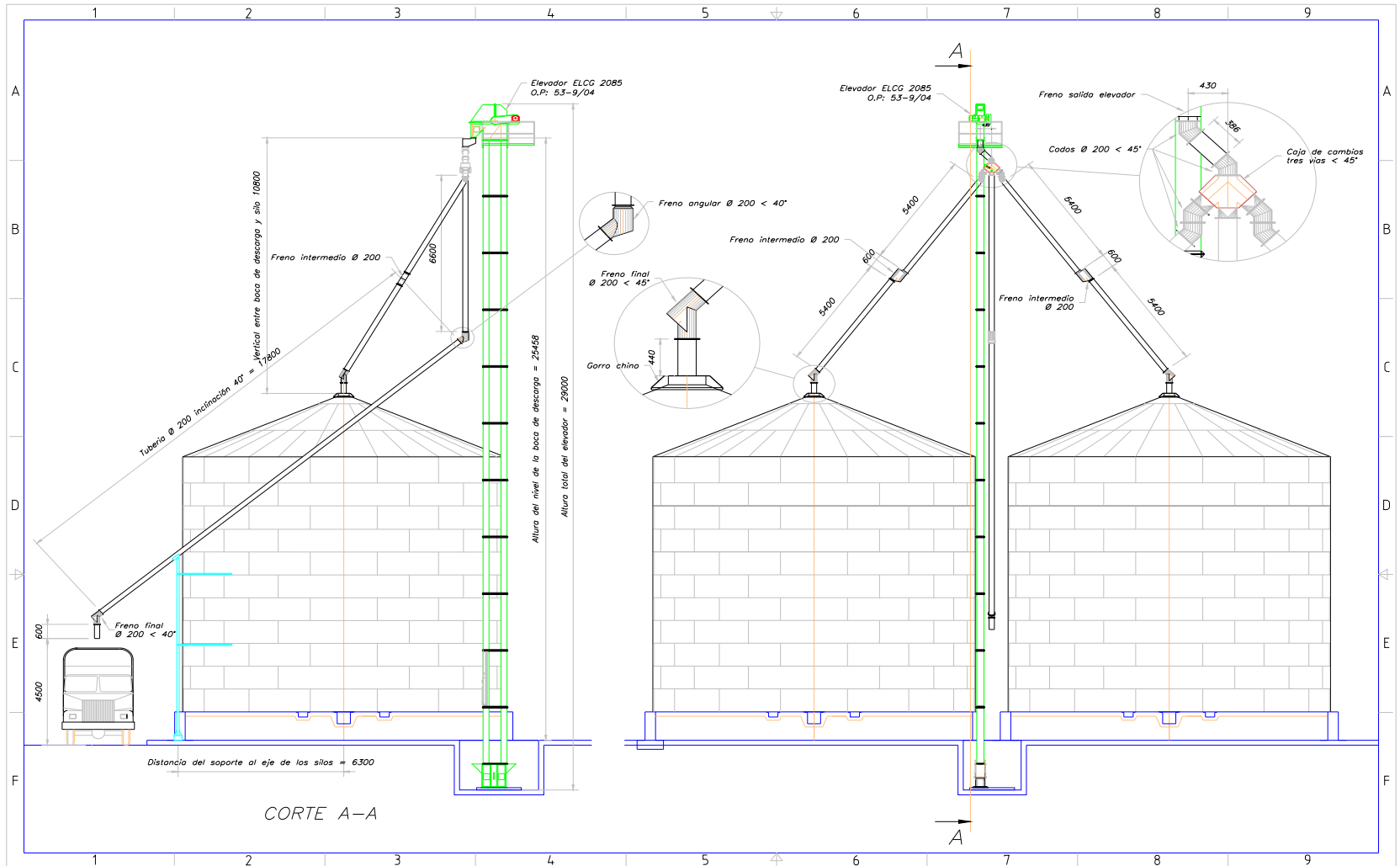
Tabla 19. Selección elevadores de cangilones METALTECO

Todos los elevadores instalados inicialmente en la planta de “La Fazenda”, son referencia ELCG-2085, con cangilones espaciados cada 7”, los cuales tiene una capacidad de 47 Ton/Hr a una velocidad de transporte media, por lo que el futuro elevador #5 debe contar de las mismas características.

Ø Polea en pulgadas	MODELO ELCG-	Cangilón	ALT. MAX. MTS	Litros por Cangilón	Separación entre cangil. Pulg.	CAPACIDADES EN M3/HORA, TON/HORA DE MAÍZ Y TON/HORA DE HARINAS														
						VELOCIDAD BAJA					VELOCIDAD MEDIA					VELOCIDAD ALTA				
						RPM	M/SEG	M3/H	TON/H MAÍZ	TON/H HARINAS	RPM	M/SEG	M3/H	TON/H MAÍZ	TON/H HARINAS	RPM	M/SEG	M3/H	TON/H MAÍZ	TON/H HARINAS
10"	1054	5" x 4"	15	0.65	14	65	0.86	5.7	4.2	3.4	90	1.20	7.8	5.9	4.7	120	1.60	10.4	7.8	6.3
	1054	5" x 4"		0.65	6	65	0.86	13.2	9.9	7.9	90	1.20	18.3	13.7	11.0	120	1.60	24.3	18.3	14.6
	1074	7" x 4"		0.89	7	65	0.86	15.7	11.7	9.4	90	1.20	21.7	16.3	13.0	120	1.60	28.9	21.7	17.3
14"	1454	5" x 4"	21	0.65	14	60	1.12	7.3	5.5	4.4	85	1.58	10.3	7.8	6.2	110	2.05	13.4	10.0	8.0
	1454	5" x 4"		0.65	6	60	1.12	17.0	12.8	10.2	85	1.58	24.1	18.1	14.5	110	2.05	31.2	23.4	18.7
	1474	7" x 4"		0.89	7	60	1.12	20.2	15.2	12.1	85	1.58	28.7	21.5	17.2	110	2.05	37.1	27.8	22.3
	1485	8" x 5"		1.54	7	60	1.60	49.8	37.3	29.9	85	1.58	49.4	37.0	29.6	110	2.05	63.9	47.9	38.3
20"	2074	7" x 4"	43	0.89	7	55	1.46	26.5	19.9	15.9	75	1.99	36.1	27.1	21.7	100	2.66	48.2	36.1	28.9
	2085	8" x 5"		1.54	7	55	1.46	45.6	34.2	27.4	75	1.99	62.2	46.7	37.3	100	2.66	83.0	62.2	49.8
	2095	9" x 5"		1.76	7	55	1.46	52.3	39.2	31.4	75	1.99	71.3	53.4	42.8	100	2.66	95.0	71.3	57.0
24"	2485	8" x 5"	55	1.54	7	50	1.60	49.8	37.3	29.9	70	2.23	69.7	52.3	41.8	90	2.87	89.6	67.2	53.8
	2495	9" x 5"		1.76	7	50	1.60	57.0	42.8	34.2	70	2.23	79.8	59.9	47.9	90	2.87	102.6	77.0	61.6
	2496	9" x 6"		2.45	7	50	1.60	79.1	59.4	47.5	70	2.23	110.8	83.1	66.5	90	2.87	142.5	106.9	85.5
	2405	10" x 5"		2.05	7	50	1.60	66.2	49.6	39.7	70	2.23	92.6	69.5	55.6	90	2.87	119.1	89.3	71.4
	2415	11" x 5"		2.17	7	50	1.60	70.1	52.6	42.1	70	2.23	98.1	73.6	58.9	90	2.87	126.2	94.6	75.7
	2406	10" x 6"		2.71	7	50	1.60	87.6	65.7	52.5	70	2.23	122.6	91.9	73.6	90	2.87	157.6	118.2	94.6
	2416	11" x 6"		3.13	7	50	1.60	101.0	75.8	60.6	70	2.23	141.4	106.1	84.9	90	2.87	181.8	136.4	109.1
30"	3015	11" x 5"	64	2.17	7	45	1.80	78.9	59.1	47.3	65	2.59	113.9	85.4	68.3	80	3.19	140.2	105.1	84.1
	3006	10" x 6"		2.71	7	45	1.80	98.5	73.9	59.1	65	2.59	142.3	86.2	68.3	80	3.19	175.1	131.4	105.1
	3016	11" x 6"		3.13	7	45	1.80	113.6	85.2	68.2	65	2.59	164.2	123.1	98.5	80	3.19	202.0	151.5	121.2
	3026	12" x 6"		3.34	7	45	1.80	121.5	91.1	72.9	65	2.59	175.5	131.6	105.3	80	3.19	215.9	162.0	129.6
	3007	10" x 7"		3.96	8	45	1.80	125.8	94.4	75.5	65	2.59	181.8	136.3	109.1	80	3.19	223.7	167.8	134.2
	3027	12" x 7"		4.47	8	45	1.80	142.3	106.7	85.4	65	2.59	205.6	154.2	123.3	80	3.19	253.0	189.8	151.8
	3047	14" x 7"		5.44	8	45	1.80	173.1	129.8	103.9	65	2.59	250.1	187.5	150.0	80	3.19	307.8	230.8	184.7
36"	3606	10" x 6"	70	2.17	7	40	1.92	84.1	63.1	50.5	60	2.87	126.2	94.6	75.7	75	3.59	157.7	118.3	94.6
	3616	11" x 6"		3.13	7	40	1.92	121.2	90.9	72.7	60	2.87	181.8	136.4	109.1	75	3.59	227.3	170.5	136.4
	3626	12" x 6"		3.57	7	40	1.92	138.6	103.9	83.1	60	2.87	207.9	155.9	124.7	75	3.59	259.8	194.9	155.9
	3607	10" x 7"		3.96	8	40	1.92	134.2	100.7	80.5	60	2.87	201.3	151.0	120.8	75	3.59	251.7	188.7	151.0
	3617	11" x 7"		4.22	8	40	1.92	143.3	107.4	86.0	60	2.87	214.9	161.2	128.9	75	3.59	268.6	201.4	161.2
	3627	12" x 7"		4.47	8	40	1.92	151.8	113.9	91.1	60	2.87	227.7	170.8	136.6	75	3.59	284.6	213.5	170.8
	3647	14" x 7"		5.97	8	40	1.92	202.7	152.0	121.6	60	2.87	304.1	228.1	182.4	75	3.59	380.1	285.1	228.1
42"	4247	14" x 7"	76	5.44	8	35	1.96	188.5	141.4	113.1	55	3.07	296.2	222.2	177.7	70	3.91	377.0	282.8	226.2
	4257	15" x 7"		5.97	8	35	1.96	206.9	155.2	124.2	55	3.07	325.2	243.9	195.1	70	3.91	413.9	310.4	248.3
	4267	16" x 7"		6.25	8	35	1.96	224.3	168.2	134.6	55	3.07	340.0	255.0	204.0	70	3.91	432.7	324.5	259.6
	4248	14" x 8"		7.74	9	35	1.96	238.4	178.8	143.1	55	3.07	374.7	281.0	224.8	70	3.91	476.9	357.7	286.1
	4258	15" x 8"		8.27	9	35	1.96	254.7	191.0	152.8	55	3.07	400.2	300.1	240.1	70	3.91	509.3	382.0	305.6
	4268	16" x 8"		9.21	9	35	1.96	283.7	212.8	170.2	55	3.07	445.8	334.3	267.5	70	3.91	567.4	425.5	340.4
	4208	20" x 8"		11.61	9	35	1.96	357.5	268.1	214.5	55	3.07	561.8	421.4	337.1	70	3.91	715.1	536.3	429.0
48"	4847	14" x 7"	76	5.44	8	32	1.79	172.3	129.3	103.4	53	2.96	285.5	214.1	171.3	65	3.63	350.1	262.6	210.1
	4857	15" x 7"		5.97	8	32	1.79	189.2	141.9	113.5	53	2.96	313.4	235.0	188.0	65	3.63	384.3	288.2	230.6
	4867	16" x 7"		6.25	8	32	1.79	205.1	153.8	123.0	53	2.96	327.6	245.7	196.6	65	3.63	401.8	301.4	241.1
	4848	14" x 8"		7.74	9	32	1.79	218.0	163.5	130.8	53	2.96	361.1	270.8	216.6	65	3.63	442.8	332.1	265.7
	4868	16" x 8"		9.21	9	32	1.79	259.4	194.5	155.6	53	2.96	429.6	322.2	257.7	65	3.63	526.8	395.1	316.1
	4808	20" x 8"		11.61	9	32	1.79	326.9	245.2	196.1	53	2.96	541.4	406.1	324.8	65	3.63	664.0	498.0	398.4

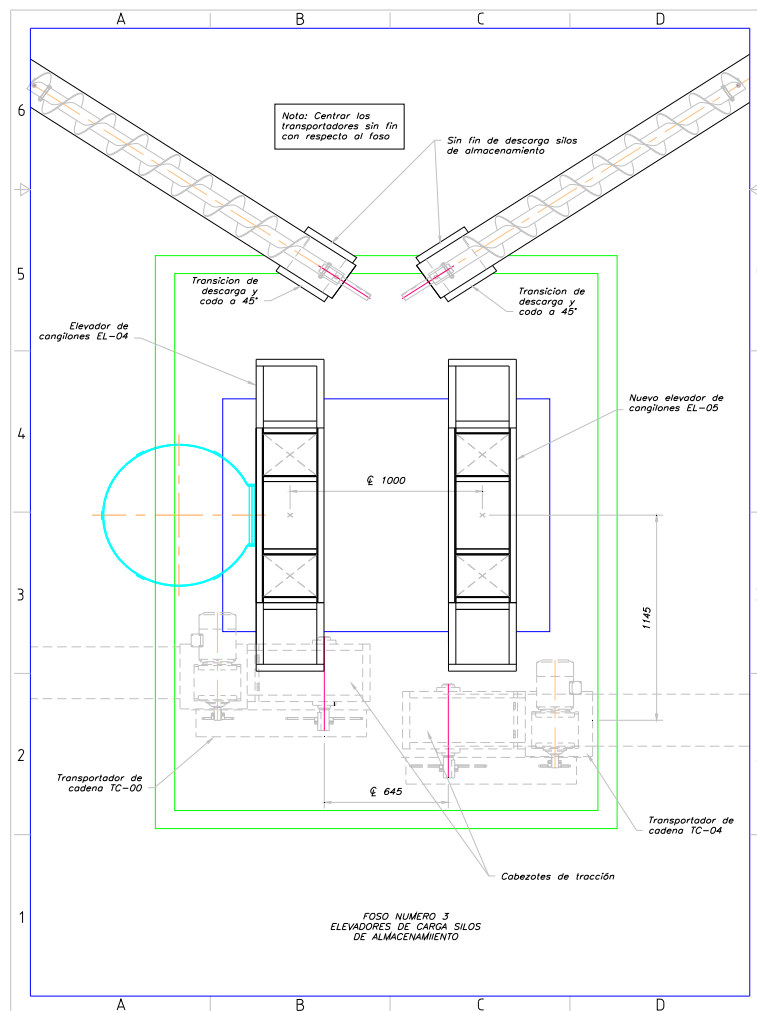
Este elevador EL-04 inicialmente tenía una altura total de 29 metros desde su base y contaba con la disposición mostrada en la figura 97, su boca de descarga estaba a un nivel de 25.45 metros sobre el nivel del suelo.

Figura 97. Elevador inicial EL-04



Pensando en posibles mantenimientos, la ubicación del elevador gemelo, el EL-05, dentro del foso número 3, se hace con una separación de un metro entre centros con respecto al EL-04. La disposición final de los equipos sería tal y como se muestra en el plano de montaje, figura 98.

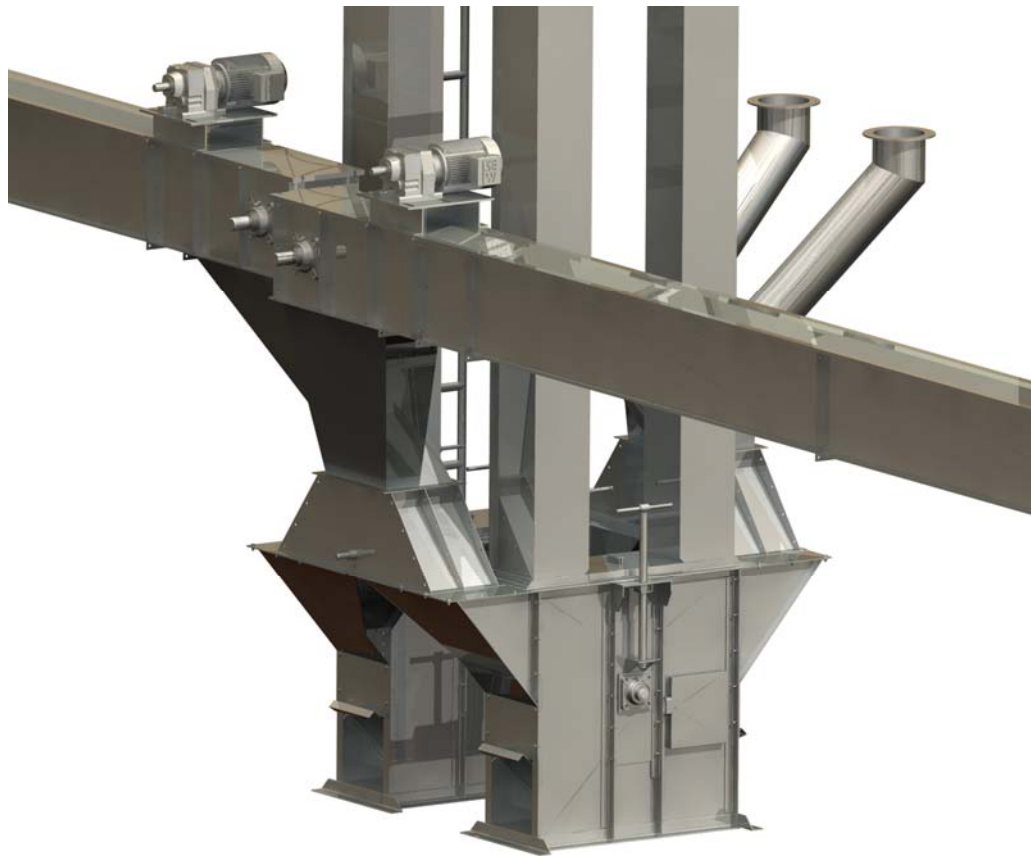
Figura 98. Disposición final foso #3



El diagrama de flujo para estos elevadores tiene una serie de implicaciones tanto para sus puntos de cargue, como para las descargas. En cuanto a sus puntos de cargue la premisa era que se debía poder cargar cualquiera de los dos elevadores

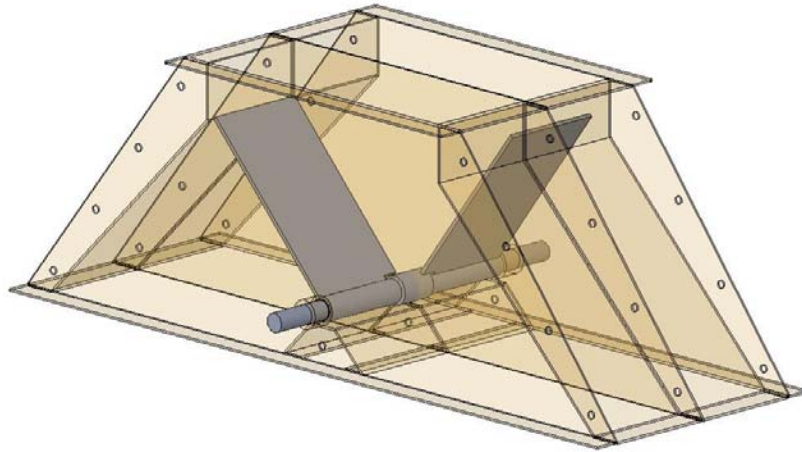
desde cualquiera de los cuatro transportadores que llegan a ellos (TC-00,TC04 y los transportadores de descarga de los silos 1 y 2), sin interrumpir la posible utilización del otro elevador alimentado desde cualquiera de los otros tres transportadores restantes. Todos estos requisitos se pudieron lograr de la siguiente manera:

Figura 99. Cargue elevadores EL-04 y EL-05



Lo que la figura 99 muestra, son las bases de los elevadores a las que se les han instalado tolvas de cargue modificadas, para poder instalar cajas de cambio dobles a ambos lados del cabezote que direccional el flujo a uno u otro elevador, cargando por el lado de descenso del cangilón, de los sinfines de descarga de los silos y por el lado de ascenso desde los transportadores de cadena.

Figura 100. Caja de cambio doble alimentación elevadores



La caja de cambio doble y la tolva de entrada inclinada fueron accesorios que tuvieron que ser diseñados para este caso en particular, debido a la cantidad de requisitos que se debían cumplir en el espacio tan reducido con que se contaba.

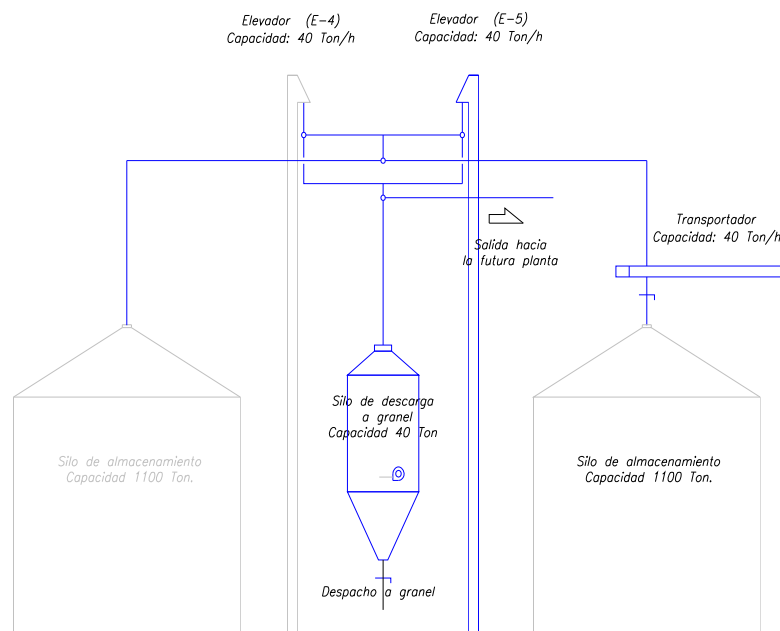
Figura 101. Tolva de carga modificada para elevador



Las tolvas de descarga de los transportadores de cadena tuvieron que ser hechas de diferente manera a las que veníamos utilizando, debido a que el espacio con el que contábamos no nos permitía ubicar transiciones y tubería con codos, por lo que tuvieron que ser fabricadas haciendo transiciones directas entre la apertura de descarga de los transportadores hasta cada una de las bocas de la caja de cambio doble. Para estar completamente seguro de las dimensiones de estas transiciones, se tubo que esperar hasta haber estado terminado el montaje de los equipos, transportadores y elevador.

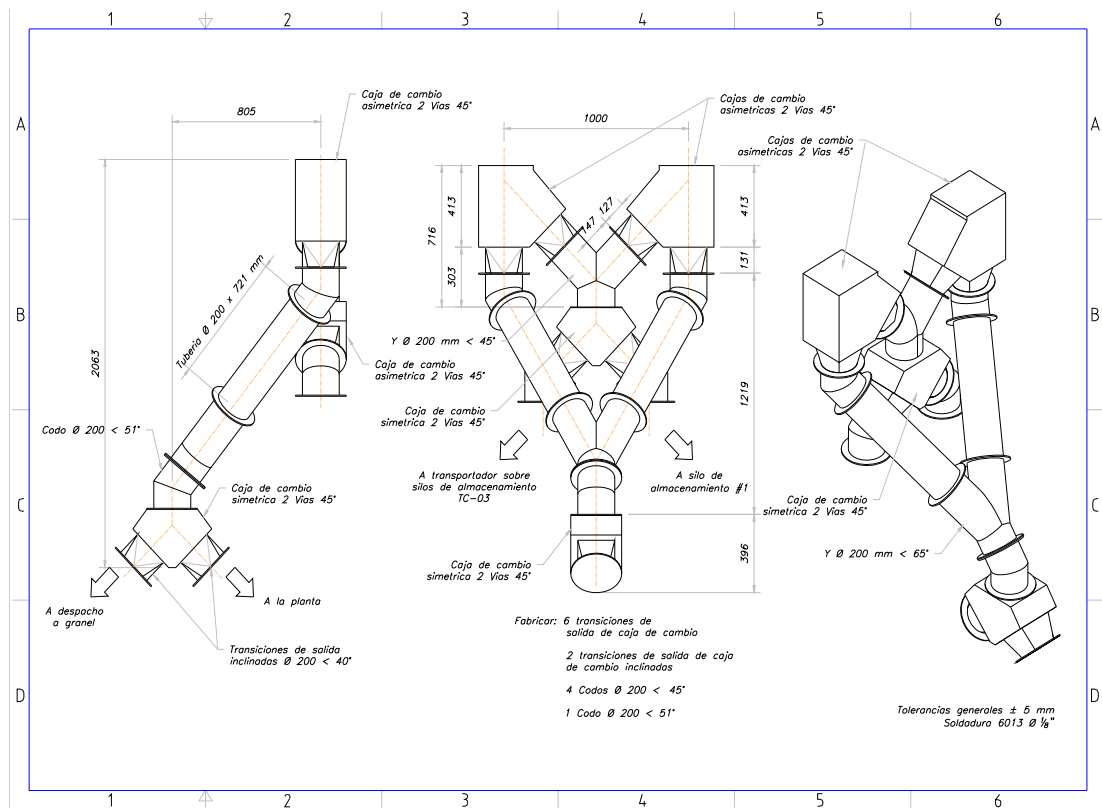
En cuanto a la descarga de los elevadores el diagrama de flujo exigía que desde cualquiera de los dos elevadores debería poderse descargar hacia cualquiera de los cuatro destinos posibles (Silo de almacenamiento #1, transportador de cadena TC-3, Silo de despacho a granel y planta de concentrados) y al mismo tiempo que si alguno de los dos elevadores está funcionando (almacenando, despachando a granel o alimentando la planta) desde el otro también se pueda cumplir cualquiera de las otras funciones.

Figura 102. Diagrama de flujo salidas elevadores EL-04 y EL-05



Estas necesidades exigieron la instalación de un arreglo de cuatro cajas de cambio conectadas entre si, como ilustra la figura 103, a la salida de los elevadores de cangilones.

Figura 103. Cajas de cambio salida elevadores 4 y 5



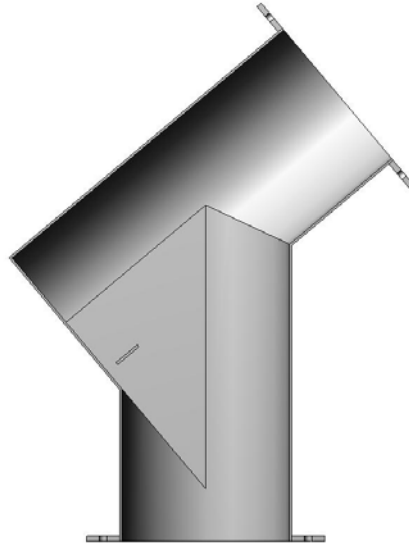
Los elevadores de cangilones cuentan en su parte superior con una plataforma de servicio, para poder tener acceso al cabezote superior con facilidad, en este caso como estos dos elevadores serán iguales en altura, la plataforma de mantenimiento deberá ser una plataforma doble compartida, por lo que a la plataforma sencilla inicial del elevador EL-04 deberá adicionársele la sección faltante. Adicionalmente a la plataforma de mantenimiento, será necesaria otra plataforma que de acceso a las cajas de cambio que serán instaladas en la salida de los elevadores. La configuración final de la parte superior de los elevadores es mostrada en la figura 104.

Figura 104. Montaje cajas de cambio salida elevadores



Esta plataforma deberá ser ubicada a tal altura que permita acceder directamente a las cajas de cambio. Ahora que sabemos todos los requerimientos del elevador, podemos determinar la altura necesaria de estos dos elevadores. La altura de estos dos elevadores deberá ser la necesaria para que una tubería con 40° de inclinación pueda hacer llegar producto hasta el silo de despacho a granel. Se propone una tubería a 40° de inclinación y no a 45° como venía haciéndose, para disminuir la velocidad en el momento de la descarga, debido a que longitudes tan grandes de tubería logran acelerar mucho el producto a la hora de transitar por él, ocasionando que se rompa el grano debido a que los cambios de dirección se tornan muy bruscos. De todas maneras estos ductos deben contar con un freno o amortiguador final que trate de suavizar la descarga de la tubería, estos amortiguadores son simplemente accesorios que impiden el libre flujo de producto y que hacen que el producto se choque contra él mismo evitando impactos mas fuertes contra el metal de la tubería.

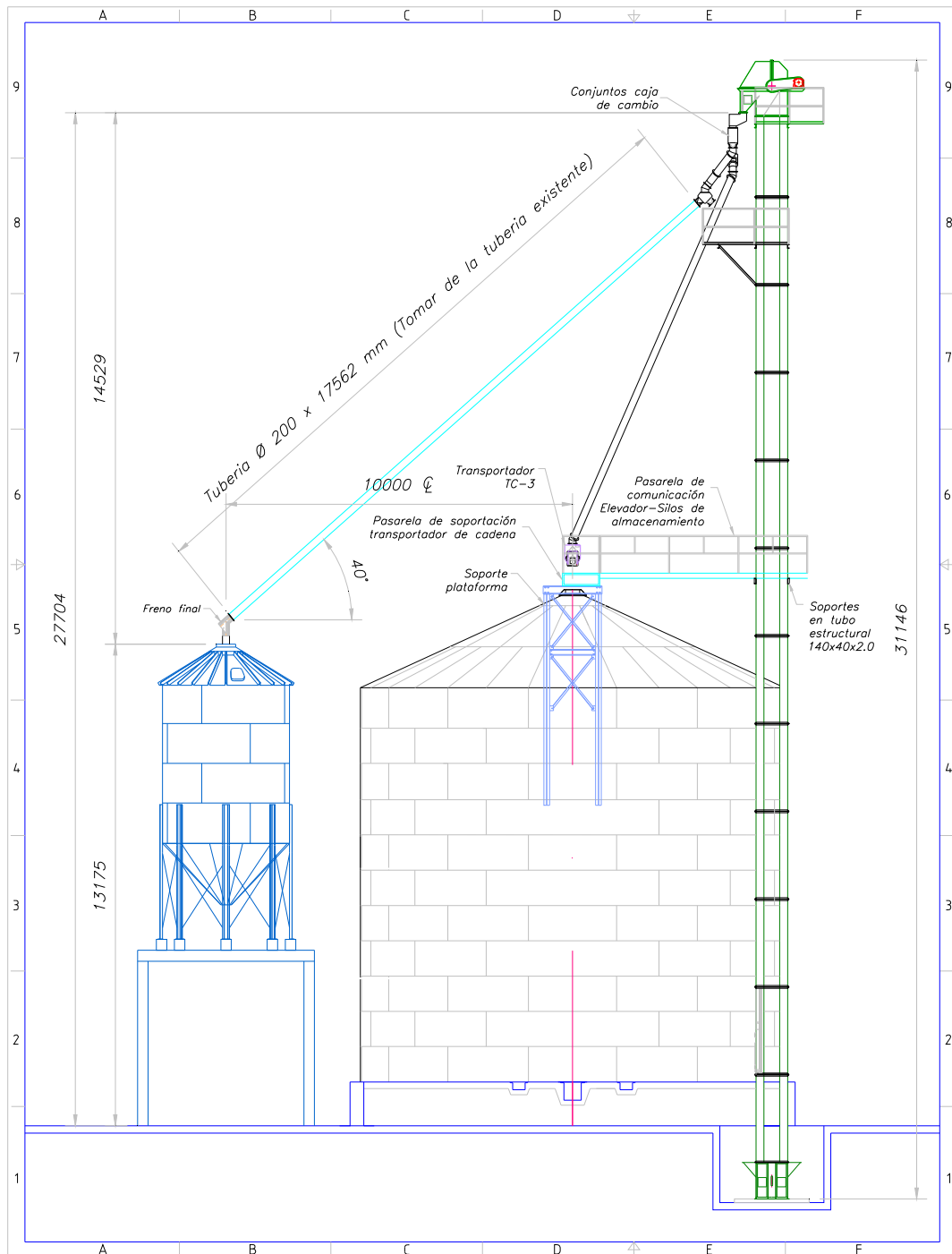
Figura 105. Corte transversal freno de descarga final



La altura de la boca de descarga resulto ser necesaria que estuviera a 27.7 m sobre el nivel del suelo, ver figura 106, la altura final del elevador debe ser de 31.145 m, medido desde su base hasta la parte más alta de este, que como se esperaba es mayor a los 29.0 metros del elevador inicial EL-04. Por lo tanto este elevador debe ser alargado adicionándole un tramo extra de 2,145 metros en su parte superior. El elevador EL-05, deberá tener las mismas características que el EL-04 modificado.

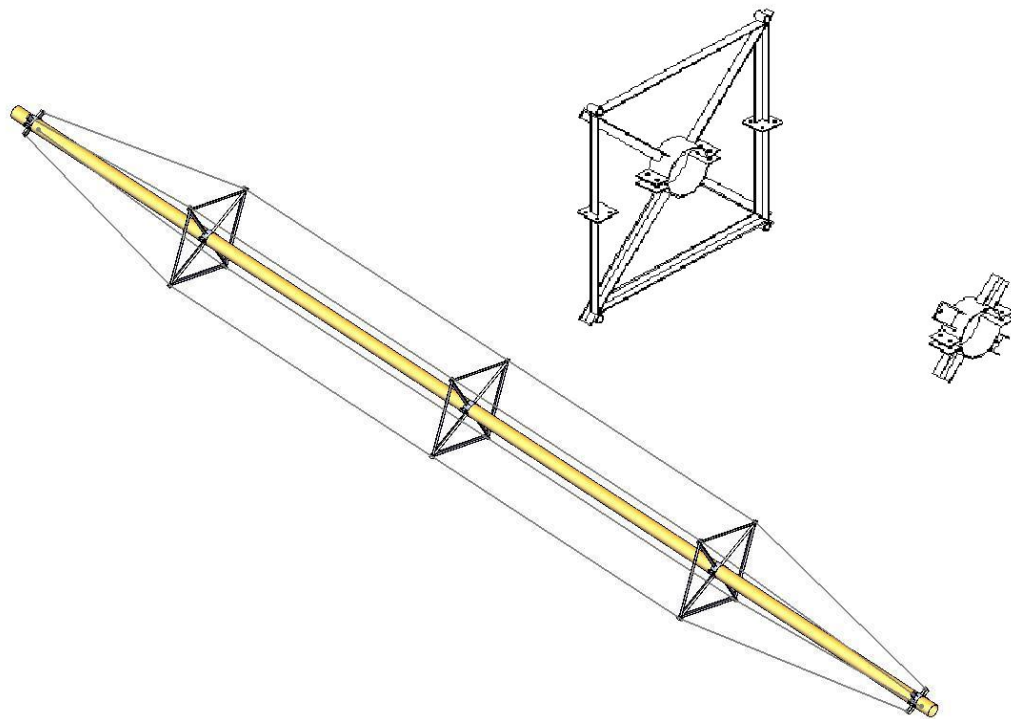
A la tubería de transporte hasta el silo de granel, que resulto tener una extensión aproximada de 17.6 metros, se le pueden presentar problemas debido a su longitud, que en comparación con su diámetro de 200 mm resulta ser bastante larga y sumando que tiene una baja inclinación, puede llegar a pasar que en el momento de estar cargada la tubería se flexe por la acción de su propio peso y el del producto que transporta. Anticipándonos a posibles problemas se decidió que era mejor instalar templetes a esta tubería, con el fin de rigidizarla y así garantizar su alineación.

Figura 106. Altura final elevador EL-04



Los templetos son una serie de crucetas espaciadas a lo largo de la longitud del tubo, por los que en sus extremos se hace pasar guayas que son fijadas en sus extremos en crucetas más pequeñas. Los templetos intermedios serán fabricados en perfil angular de 1 ½” x 3/16”, mientras que los extremos lo serán en canal “U” de 3”.

Figura 107. Tubería y templetos.



Ahora que sabemos la altura final que debe tener el equipo el próximo paso en el diseño de los elevadores de cangilones es calcular la potencia que necesita para su funcionamiento. La formula de potencia consumida por elevadores de cangilones ya fue expuesta en la sección 7.2.1.

$$P \approx \frac{CxH}{k}$$

Para este caso:

$C = 40 \text{ Ton/Hr}$

$H = 30.05 \text{ m}$

$K = 160$

Según la fórmula, este elevador necesita 7.5 caballos para su funcionamiento, pero la selección del motorreductor se debe hacer pensando en una potencia de 10 HP ó 7.5 Kw, debido a que es la mínima potencia que se consigue comercialmente por encima de la necesaria.

Una velocidad de 75 rpm según las tablas de selección parece ser suficiente para transportar las 40 Ton/Hr que necesitamos, esta velocidad nos permite seleccionar motorreductores con velocidades finales de alrededor de 130 rpm. En este caso no es conveniente una relación tan grande como en los transportadores de cadena, ya que la transmisión se vuelve extremadamente costosa cuando se trata de piñonería doble, por eso cuando se manejan elevadores de altas potencias la transmisión utilizada no se acostumbra sobrepasar de una relación 1:2.

Para el caso del elevador nuevo el EL-05, de la tabla de selección de motorreductores SEW, de 10 HP se seleccionó el motorreductor R77 DV132M4 a 124 rpm, que con un factor de servicio de 1.3, cumple perfectamente con los requisitos solicitados. La selección de la transmisión doble se hace con la misma tabla de piñones sencillos, pero el fabricante recomienda multiplicar los valores por 1.9 en el caso de piñonería doble y por 2.8 en el caso de la triple. Según sería suficiente para transmitir 10 HP a 122 rpm un piñón doble de 15 dientes, pero como ya hemos dicho antes no se aconseja instalar menos de 17, para nuestro caso se decidió ir hasta un piñón doble 80B-18 para el caso del conductor, pensando en que nos estábamos saliendo un poco de la zona de lubricación manual.

$\text{Piñón conducido} = 18 \times 122 / 75 = 29.28$

Por lo que seleccionamos un piñón de 29 dientes doble paso 80 para el caso del piñón conducido. La velocidad final del elevador será de:

Rpm elevador = $122 \times 18 / 29 = 75.72$ Rpm

Tabla 20. Tabla de selección de motorreductores 10 HP

Motor Power P _n HP	Output Speed n _a rpm	Service Factor	Torque T _a lb-in	OHL F _{la}	Ratio i	Gear Stages 1)		Gear	Model Motor
						Pri.	Sec.		
10	354.0	2.0	1780	1660	4.91	1	-	RX97	DV132M4
	353.0	1.5	1790	1140	4.98	2	-	R67	DV132M4
	345.0	1.5	1829	906	5.06	2	-	R57	DV132M4
	328.0	2.3	1930	1470	5.31	2	-	R77	DV132M4
	306.0	1.4	2060	1180	5.70	2	-	R67	DV132M4
	299.0	1.3	2108	615	5.82	2	-	R57	DV132M4
	290.0	2.2	2170	1520	5.99	2	-	R77	DV132M4
	278.0	1.3	2270	1200	6.27	2	-	R67	DV132M4
	271.0	1.3	2322	615	6.41	2	-	R57	DV132M4
	263.0	1.7	2400	2160	6.68	1	-	RX107	DV132M4
	256.0	2.1	2460	1570	6.79	2	-	R77	DV132M4
	244.0	3.7	2590	2360	7.13	2	-	R87	DV132M4
	231.0	1.1	2727	495	7.53	2	-	R57	DV132M4
	225.0	1.9	2800	1620	7.74	2	-	R77	DV132M4
	223.0	1.2	2820	1260	7.79	2	-	R67	DV132M4
	218.0	1.1	2887	440	7.97	2	-	R57	DV132M4
	212.0	3.5	2980	2460	8.22	2	-	R87	DV132M4
	203.0	1.8	3110	1670	8.59	2	-	R77	DV132M4
	200.0	1.3	3150	1290	8.70	2	-	R67	DV132M4
	190.0	3.2	3310	2530	9.14	2	-	R87	DV132M4
	180.0	1.6	3490	1690	9.64	2	-	R77	DV132M4
	176.0	2.9	3590	2550	9.90	2	-	R87	DV132M4
	174.0	1.2	3620	1320	10.00	2	-	R67	DV132M4
	160.0	1.5	3940	1730	10.88	2	-	R77	DV132M4
	151.0	1.1	4180	1330	11.54	2	-	R67	DV132M4
	146.0	2.5	4320	2690	11.93	2	-	R87	DV132M4
	141.0	1.4	4470	1790	12.33	2	-	R77	DV132M4
	137.0	1.0	4600	1290	12.70	2	-	R67	DV132M4
	131.0	2.3	4890	2770	13.33	2	-	R87	DV132M4
	124.0	1.3	5090	1800	14.06	2	-	R77	DV132M4
	113.0	2.1	5560	2870	15.35	2	-	R87	DV132M4
	112.0	1.2	5650	1720	15.60	2	-	R77	DV132M4
	102.0	2.0	6190	2950	17.08	2	-	R87	DV132M4
	98.0	1.1	6460	1580	17.82	2	-	R77	DV132M4
	95.0	3.3	6610	3720	18.24	2	-	R97	DV132M4
	93.0	1.0	6810	1510	18.80	2	-	R77	DV132M4
	91.0	1.9	6920	3030	19.10	2	-	R87	DV132M4
	86.0	3.2	7300	3820	20.14	2	-	R97	DV132M4
	81.0	1.7	7790	3110	21.51	2	-	R87	DV132M4
	78.0	3.0	8110	3930	22.37	2	-	R97	DV132M4
74.0	1.6	8480	3170	23.40	2	-	R87	DV132M4	
70.0	2.8	9070	4050	25.03	2	-	R97	DV132M4	
64.0	2.3	9850	4130	27.19	2	-	R97	DV132M4	

NOTES: Consult Assembly Center for additional speed (rpm) selections or dimension pages not listed.
 See page 42 for available mounting options. See page 156 for weights.
 Overhung loads (OHL) are at shaft midpoint.
 See page 121 for index to R gearmotor dimension pages. Dimensions are on pages 122 - 150.
 1) Pri. = primary reducer Sec. = secondary reducer.



Tratando de evitar gastos se pensó en utilizar los accesorios con que el elevador EL-04 inicialmente contaba, El motorreductor inicial de 7.4 HP a 136 RPM, aunque cercano no es suficiente para el modificado elevador, de lo que si se pudo hacer provecho fue de la transmisión de potencia, ya que este contaba con piñones dobles 80B-20 y 80B-35, que según la tabla de piñonería de MARTIN CO., puede soportar aproximadamente la transmisión de hasta 14 HP cuando trabaja a una velocidad de 120 rpm. El motorreductor para este equipo fue ligeramente diferente al del EL-05, debido a que teníamos que utilizar la relación existente, y mantener la misma velocidad final del elevador, la referencia del fabricante es la misma, R77 DV132M4, pero en este caso la velocidad fue de 141 rpm, con un factor de servicio de 1.4, ver tabla 20, que aunque resulta una velocidad un poco superior, 80 rpm, es la mejor opción ya que si instalamos el mismo motorreductor que al elevador #5, este terminaría trabajando a poco mas de 70 rpm, siendo algo lento para la capacidad solicitada.

El último paso en el diseño de los elevadores de cangilones es la selección de la banda, que para el caso nuestro tiene un requisito que era la resistencia a los aceites presentes en los granos. Los principales proveedores de bandas en Colombia son REINDUFLEX, ICOBANDAS y BIT, todos ellos fabricantes de gran calidad y cumplimiento, siendo la decisión de la selección del fabricante generalmente influenciada por el aspecto económico.

Las bandas comerciales para elevadores están compuestas por capas llamadas lonas, que según su número (normalmente 2, 3 ó 4) y resistencia individual, determinan su resistencia total. El proveedor escogido en este caso fue ICOBANDAS, sus lonas se referencian en tres tipos: 150, 200 y 300, siendo la tabla 20 su lista de productos.

El cálculo del esfuerzo que soporta la lona, se hace sabiendo la longitud del elevador, el paso entre cangilones, la capacidad y el peso de ellos y el peso

mismo de la banda, finalmente a esto le adicionamos un factor de seguridad no menor a 2.

Ancho de la banda = 10 “

Longitud del elevador entre centros de poleas = 30.05 m

Paso entre cangilones = 7” = 17,8 cms

Peso cangilón 8 x 5 = 1.1 lb. = 0.5 Kg.

Capacidad del cangilón = 94 in³ = 0.00154 m³ (1.1 kg de producto por cangilón)

Cantidad de cangilones con carga = 30.05 m / 0.178 m = 168.8 = 169

Peso total de los cangilones vacíos = 169 x 0.5 = 84.5 Kg.

Peso total del producto en el elevador = 1.1 Kg x 169 = 185.9 Kg.

Peso total sin banda = 169 + 84.5 + 185.9 = 439.4 Kg.

Esfuerzo por pulgada = 439.4 / 10 = 43.94 Kg / In = 96.87 Lb/In

Tabla 21. Selección de bandas ICOBANDAS

Características	Unidad	ENL											
		140	210	280	350	220	330	440	550	280	420	560	700
Tipo		2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
Nº de Lonas		1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	5/64	5/64	5/64	5/64
Espesor de cojines	Pulg.	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	1/16	5/64	5/64	5/64	5/64
Espesor total	mm.	2,4	3,8	5,2	6,6	2,4	3,8	5,2	6,6	3,4	5,3	7,2	9,1
Peso aproximado	gr/pulg/mt	69	115	162	216	70	118	168	225	83	144	206	268
Carga de trabajo	Lbs/pulg	140	210	280	350	220	330	440	550	280	420	560	700
Carga de rotura	Lbs/pulg.	1400	2100	2800	3500	2200	3300	4400	5500	2800	4200	5600	7000

Fuente: ICOBANDAS. Bandas ENL. [on line]. Colombia, 2000 [citado en MARZO de 2007] Disponible en

Internet: < <http://www.icobandas.com/lcoEnl.php>>

La tabla superior indica las características de las diferentes bandas para elevador del fabricante ICOBANDAS. Esta tabla se divide en tres franjas, cada una con cuatro columnas que representan a los tres tipos de lonas (150,200 y 300).

Suponiendo que utilizamos una banda de 3 lonas referencia 150, según la tabla del fabricante su propio peso sería de 115 gr/ln por cada metro de banda, lo que quiere decir que el esfuerzo por pulgada debido a su propio peso sería:

$$30.05 \text{ m} \times 115 \text{ gr} = 3.45 \text{ Kg} = 7.6 \text{ Lb}$$

Sumado a su esfuerzo por carga de 97 Lb/ln la banda soportaría un total de 104.6 Lb/ln, aplicando un factor de seguridad de 2 el esfuerzo total de una banda 150 de tres lonas sería de 209.2 Lb/ln, que en teoría soportaría con sus 210 lb/ln de carga de trabajo. Por motivos de durabilidad y de su continuo trabajo en las temporadas de cosecha, se selecciono una banda de un poco mas de resistencia, siendo la 150 de cuatro lonas resistente a aceites la escogida para este trabajo.

Los planos de fabricación del elevador EL-05 y de la pierna de alargue del EL-04, se encuentran en el anexo C.

9. PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

Mientras el proveedor estadounidense, SCAFCO GRAIN SYSTEM COMPANY, se encargaba de la producción de los silos, en Colombia, METALTECO hacía lo propio con los equipos estructurales y de transporte, para poder coordinar con los tiempos de entrega de SCAFCO, el cual era de seis a ocho semanas, y no incurrir en ningún tipo de retraso por parte nuestra.

El último proceso que se hace en la planta de METALTECO consiste de la ejecución de las instrucciones que se suministraron a los departamentos de producción y montaje como resultado del proceso de ingeniería de la empresa, en este caso los planos de fabricación y montaje. En el momento de la fabricación de los equipos y aprovechando todas las ventajas que se tienen en planta y no en terreno, se procuró realizar todos los preensambles posibles con el fin de facilitar y disminuir las operaciones de montaje y su tiempo de ejecución.

Continuando con la idea que se presentó en el momento del diseño, la cual daba prioridad a los equipos que se debían instalar primero, se comenzó el proceso de producción con la fabricación de los equipos que debían ser instalados en los techos de los silos de almacenamiento, tales como soportes, pasarelas y pasamanos, para luego dar paso a los transportadores y elevadores, dejando los ductos y accesorios como última prioridad en el proceso de producción.

Antes de realizarse cualquier despacho, todos los equipos deben ser inspeccionados por el gestor encargado del proyecto, el cual debe revisar si los equipos cumplen con las especificaciones requeridas por el proceso de ingeniería.

9.1 FABRICACIÓN DE LOS EQUIPOS NACIONALES

Las longitudes de las secciones por las que están constituidos los equipos METALTECO, están la mayoría de veces relacionadas con las dimensiones de los materiales que se consiguen comercialmente, pensando en el menor desperdicio posible.

Figura 108. Fabricación pasarelas de mantenimiento



Las pasarelas de servicio son fabricadas en tramos estándar de 6 x 1,076 metros, debido a que está fabricada en perfiles angulares de 1 ½" x 3/16" que comercialmente vienen en tramos de seis metros. Secciones de un metro sirven para los perfiles transversales, mientras que tramos enteros de perfil de seis metros se utilizan para los elementos longitudinales. Secciones soldadas de varilla en "V" de ½" hacen de celosía y malla expandida COLMALLAS IMT 100 sirve de plataforma para el paso de personal.

Fabricadas todas las secciones estándar necesarias, mas los tramos de complemento, las pasarelas son extendidas, alineadas y marcadas con cortes o puntos para indicar la posición de ellas en el momento del ensamble en lugar.

Figura 109. Pasarelas de mantenimiento y marcos de soporte transportadores



Al mismo tiempo de la fabricación de las pasarelas, otro grupo de trabajo se dedicaba a la elaboración de los soportes. Estos estaban constituidos por piezas atornilladas para su fácil montaje y transporte, lo que generó la necesidad de hacer el preensamble entero de al menos un primer soporte de cada uno de los dos tipos, para estar seguro que las piezas coordinaban en el momento del ensamble en el lugar. El resto de piezas de los soportes fueron calcadas de las ya preensambladas, con la seguridad que iban a cuadrar perfectamente.

Luego, el punto a atacar dentro del trabajo de manufactura de los equipos, fue la elaboración del elevador de cangilones EL-05 y la pierna de alargue del EL-04.

Estos equipos debido a su longitud son fabricados también por secciones de 2.4 metros, debido a que las laminas calibre 12 con que están fabricados vienen en tramos de 4 x 8 pies. Los remates de las secciones están fabricados con perfiles angulares de 2" x 3/16".

Al igual que en las pasarelas y que en todo tipo de equipos que se conforme de secciones, es de obligatoria medida la alineación y marcación en taller de la totalidad de las secciones con que este conformado el equipo.

Figura 110. Fabricación piernas elevador



Los cabezotes de los elevadores también son preensamblados en su totalidad en taller. El cabezote superior está constituido principalmente por:

- Cuerpo inferior
- Dos cubiertas superiores
- Dos chumaceras de pedestal
- Polea de tracción

- Transmisión de potencia
- Freno elevador
- Babero
- Rejilla

Todos estos elementos son desmontables, pero para una mayor facilidad del montador son preensamblados y enviados como un solo conjunto.

Figura 111. Elaboración polea de tracción elevador de cangilones



La polea de tracción una vez completado todo su torneado, el cual sirve para mantener centrada la banda, es forrada en lona para así poder ejercer la tracción necesaria para que la banda suba con los cangilones cargados.

Figura 112. Fabricación cabezote superior elevador de cangilones



De manera similar al superior, el cabezote base es preensamblado y enviado en conjunto. Otra de las ventajas de estos preensambles es la disminución en la pérdida de partes, ya que es común que se pierdan accesorios en los montajes, debido en cierta manera a la desorganización del personal y a la falta, en muchos de los casos, de un lugar que haga las veces de almacén y que no esté expuesto a la presencia de personal externo a la empresa.

Figura 113. Fabricación cabezote base elevador de cangilones



El cabezote base está constituido por:

- Dos cubiertas laterales
- Dos chumaceras de flanche
- Dos tensores
- Dos bocas de carga
- Dos cuchillas de inspección laterales
- Cubierta inferior
- Polea tipo jaula de ardilla

Los transportadores debido a que también son equipos hechos por secciones también debieron pasar por el proceso de alineación y marcación de partes. Los transportadores están divididos en secciones de 2,345 m, por la misma razón que las piernas de los elevadores, las medidas de las láminas que se consiguen comercialmente.

Figura 114. Cabezotes transportadores



Todos los transportadores y elevadores son hechos con ensambles atornillados que permiten el cambio de cualquiera de las partes dañadas o desgastadas. Los cabezotes de los transportadores están constituidos por:

- Laterales
- Tapa
- Chumaceras tipo flanche
- Sistema tensor
- Riel de motorreductor
- Compuerta de desahogo
- Cubierta inferior

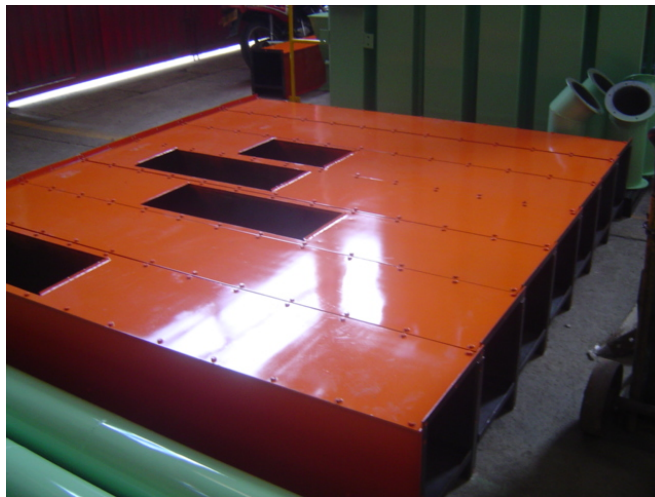
Figura 115. Fabricación boca de cargue lateral y sección TC-03



Siguiendo con la idea del uso de los preensambles, para el caso de los transportadores siempre se les ha de instalar en taller las bocas de cargue y las raseras de descargue, como muestra la figura 116, así como también se les debe hacer la perforación en las tapas laterales para las mirillas de inspección en el caso que sean necesarias. Generalmente ductos como tolvas y transiciones son fabricadas en las últimas etapas del proyecto, pero para poder realizar el completo preensamble del equipo, fue necesario adelantar la fabricación de aquellos accesorios que involucraban a transportadores y elevadores.

Normalmente a los equipos fabricados en la empresa se les aplican los colores institucionales; Rojo bermellón y gris referencia 86, para este caso el cliente nos pidió que aplicáramos para los equipos de transporte el “naranja sapolín”, mientras que para las pasarelas y soportes estructurales se les aplicara color gris.

Figura 116. Aplicación pintura de acabado secciones de transportador



En el caso de los transportadores sinfines, como el de descarga de los silos, están dispuestos por secciones, pero no por cuestiones de los materiales, sino más bien por facilidad para transporte y montaje. Para los del proyecto se decidió que era necesario dividirlos en dos partes ya que sobrepasaba los seis metros de longitud

que tienen de largo los camiones para transporte, además que un equipo de cerca de ocho metros sería demasiado difícil de mover, incluso en el taller contando aun con la ayuda de herramientas con las que no se cuentan en montaje como el puente grúa.

Figura 117. Extensión rosca sinfín de descarga silos



La sencillez de este equipo hace que prácticamente sea necesario mandarlo completamente ensamblado con todas sus partes rosca, canal, compuertas de carga y transmisión con la única excepción del motor con su transmisión que van empacados aparte para su protección.

Por último y una vez fabricados todos los equipos de transporte y estructurales, fueron fabricados los ductos y accesorios tales como frenos, cajas de cambio, tuberías y codos, ya que normalmente son los últimos en ser instalados y podían esperar hasta el último de los despachos para ser enviados.

Figura 118. Freno salida elevador



Con los equipos totalmente fabricados se procedió al siguiente paso dentro del proceso global de ampliación de la capacidad de almacenamiento de la planta, que es el montaje de los equipos tanto nacionales como importados.

9.2 MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA

El montaje de los equipos ofrecidos también fue parte del proyecto de ampliación de la planta “La fazenda”. Aunque los equipos estuvieron listos con un pequeño retraso con respecto al cronograma de trabajo (7 días), fue necesario el aplazamiento de los despachos, debido a los retrasos en las obras previas al montaje por parte del contratista civil, esta fase del proyecto pudo ser iniciada solamente una vez las obras civiles de las bases de los silos de almacenamiento estuvieron terminadas.

Dentro de las exclusiones que se hicieron en el contrato estuvo toda la parte eléctrica del proyecto, es decir, centro de control de motores y cableado de los equipos, esta, estuvo a cargo de la firma antioqueña MAURICIO SALAZAR,

empresa con la que constantemente METALTECO ha estado trabajando en diferentes proyectos a lo largo de todo el territorio nacional.

Cabe hacer la aclaración también, que las obras de impermeabilización en las bases de los silos tampoco eran responsabilidad de la empresa y que debían hacerse antes de cualquier posible almacenamiento, corriendo todo bajo responsabilidad y cuenta del cliente.

El personal de montaje estuvo a cargo de la selección de la herramienta necesaria para poder realizar el montaje de los equipos, tabla 21, tales herramientas tuvieron que ser puestas a disposición del personal, en algunos casos con la necesidad de comprar parte de ellas, como el caso de las diferenciales, en las que fue necesario comprar 4 de las 30 solicitadas.

Tabla 22. Herramienta de montaje

HERRAMIENTA DE MONTAJE	
Andamios	Diferenciales
Pistolas atornilladoras	Señoritas
Pistola de calafateo	Taladro manual y percutor
Lazos, cadenas y guayas	Equipos portátiles de soldadura
Equipo de oxicorte	Lámparas
Pulidora	Herramientas de mano
Equipos de protección industrial	Camiones, buques y contenedores
Multímetro	Extensiones
Manguera para niveles	Flexómetro y decámetro
Postes de alzada	Botiquín

9.2.1 Despacho. Para el transporte de los equipos fabricados nacionalmente y la herramienta de montaje, desde la planta de METALTECO en Girón Santander, hasta la planta “La fazenda” en Puerto Gaitán Meta, fue necesario de 3 camiones tipo 600, con capacidad para 8 toneladas. El tiempo entre despacho y despacho fue aproximadamente de dos a tres días, siendo primordial el envío de la herramienta, los postes de alzada de silos y de los soportes para las pasarelas.

Figura 119. Cargue cabezote elevador de cangilones



Previamente al despacho de los equipos el personal de montaje, encabezado por el técnico metalmecánico y oficial de montaje Luís Eduardo Clavijo, así como de dos oficiales mas y un ayudante avanzado, miembros mas del personal de la empresa, partieron con el fin de hacer tareas previas al montaje tales como la consecución de hospedaje y alimentación, la vinculación de los ayudantes necesarios para el proyecto y la verificación que las obras previas tanto civiles como eléctricas estuvieran listas.

Figura 120. Cargue cadena de arrastre transportador de cadena



Los equipos que tuvieron que ser importados tuvieron un tiempo de fabricación de siete semanas, estos fueron despachados en dos contener desde la ciudad de Spoken, en el estado de Washington en el oeste de Estados Unidos y transportados por tren hasta un puerto en Nueva York, en donde fueron embarcados con destino al puerto de Buenaventura en Colombia. Una vez los equipos en Colombia, quince días después del momento del despacho, se procedió a la legalización y nacionalización de estos, para luego despacharlos en mulas hasta las instalaciones de “La fazenda”, los tramites duraron cerca de cinco días y el transporte alrededor de tres, lo que resultaron siendo 23 días de viaje de los equipos, desde el despacho en Spoken hasta el día del descargue en Puerto Gaitán.

9.2.2 Silos de almacenamiento. Una vez establecido en conjunto con los técnicos el procedimiento de montaje estableció, que la labor prioritaria era la instalación de los silos de almacenamiento y posteriormente de los de trabajo, ya que la instalación de estos equipos posibilita la instalación de los demás.

Para poder realizar la elevación de los silos, se acostumbra instalar un poste por cada lámina con las que están constituidos los anillos del silo, para este caso fue necesaria la instalación de 14 postes en cada uno de ellos, lo que hizo necesario de 14 ayudantes para su levantamiento, uno por cada poste.

Figura 121. Montaje techo y primer anillo



La descripción detallada del montaje de un silo se presenta como anexo, siendo un objetivo de este proyecto, la realización de un video didáctico dedicado a la enseñanza de la instalación y manejo de silos.

El primer paso del montaje del silo es la ubicación de los postes y armar el techo con su primer anillo, esto requirió del trabajo de todo el personal, durante cuatro días por cada uno de los silos.

Figura 122. Alzada primer anillo



La tarea de la alzada de cada uno de los anillos es el único momento en que se involucra a todos los catorce ayudantes, adicionalmente a estos, es necesario que dos de los oficiales de montaje corroboren que la altura de alzada siempre sea la misma en todo momento, esto para impedir que el silo se llegue a inclinar y evitar una posible caída, una vez hecho este movimiento, la mitad del personal se dedica a la instalación de las laminas mientras la otra mitad realiza la sujeción de los dispositivos de alzada y acerca las laminas del siguiente anillo a instalar en el otro

silo, sujetos los dispositivos, nuevamente se hace uso de todo el personal para la nueva elevación y así ir repitiendo el ciclo de alza de uno y otro silo, hasta su elevación total. Levantado el segundo anillo de láminas se procedió a la instalación de la pasarela con sus soportes, ya que el diseño de estos fue hecho para ser sujetos a los stiffener de los dos primeros anillos. El proceso de elevación toma un promedio de 1.5 anillos por día de trabajo, siendo el silo conformado por 9 anillos, el proceso necesitó de alrededor de 6 días mas la postura de los soportes y pasarelas que fue de alrededor de dos días en cada uno.

Figura 123. Instalación soportes y pasarela



Una vez el silo se haya elevado, viene el proceso de “cuadre del silo”, que consiste en lograr hacer que el silo tenga en su base la medida con que fue

diseñado y garantizar la circunferencia de este. Esta tarea se realiza haciendo un primer anclaje de una de sus patas y posteriormente ir anclando las demás, tratando por medio de diferenciales hacer que cada anclaje se ubique en su lugar correcto.

Figura 124. Instalación laminas



Finalmente los anclajes en varilla de $\frac{3}{4}$ ", del silo son fijados a la obra civil con la ayuda del grouting y son asegurados con doble tuerca y arandela, para una mayor seguridad. Una vez fijados se recubre con concreto para evitar acumulaciones de agua que puedan afectar las bases del silo.

El tiempo total de montaje de los silos fue aproximadamente de veintitrés días desde su inicio hasta el momento de su anclaje final y posterior desmontaje de los postes de alzada, eso sin contar el proceso de impermeabilización de la base que

corrió por cuenta del contratista y que tomo cuatro días mientras se hacia la limpieza de la superficie y se aplicaba el manto asfáltico.

El plan de trabajo preparado estableció que era posible, que un segundo grupo de trabajo paralelamente al montaje de los silos de almacenamiento, podría ir avanzando con las obras de adecuación e instalación de los elevadores EL-04 y EL-05.

Figura 125. Erección silos de almacenamiento



9.2.3 Elevador de cangilones EL-05 y alargue EL-04. Apoyándose en el elevador EL-04 e instalando una torre de andamios cercana y paralela a este se dio inicio al proceso de montaje del elevador EL-05, comenzando por el anclaje del cabezote base e instalando las piernas, que vienen en tramos de 2.4 metros, desde la mas inferior hasta que se alcanzo la altura final del elevador, en ese

momento se procedió a aplomar y asegurar las piernas hasta ese momento instalados al elevador gemelo y agregando templetas hacia los silos 1 y 2.

El siguiente paso fue desinstalar la banda con los cangilones del elevador #4, para así poder desinstalar el cabezote superior y poder incluir la pierna de alargue a este elevador, también se hizo el desmontaje de la tubería que cargaba los silos y el despacho a granel, esta tubería desinstalada tuvo que ser removida para poderla adecuar en piso, a las nuevas dimensiones necesitadas.

Figura 126. Desmontaje tubería



Ya instaladas las piernas de estos elevadores la altura final de ellos era exactamente la misma y se procedió a instalar la pasarela doble que los uniría en

su parte superior, además de la escalera de acceso hasta ella, esto facilitó la siguiente fase del montaje, que fue la instalación de los cabezotes superiores.

El último paso dentro del montaje de todo elevador es la inclusión de la banda y la posterior colocación de los cangilones, a través de la pierna especial del elevador, estos son asegurados con tornillos cangilón atravesando tanto a la banda como al cangilón mismo.

Todo este procedimiento involucró a cuatro personas y cinco días de trabajo, de las cuales uno era un oficial y los tres restantes ayudantes contratados.

Figura 127. Montaje cangilones alargue elevador EL-04



Figura 128. Montaje cabezotes elevadores



9.2.4 Silos de trabajo. Terminada la instalación de los silos de almacenamiento, parte del personal, paso a realizar las actividades de montaje de los dos silos de trabajo mientras que los demás se dispusieron a hacer las labores de montaje de transportadores. Para estos silos solo fueron necesarios cinco postes para su alzada, por lo que se necesitó de cinco ayudantes más la supervisión de un oficial.

La instalación de estos silos a diferencia de los de almacenamiento se realizó uno a la vez, siendo el más cercano a los antiguos silos el primero en ser instalado.

Figura 129. Obra civil silo de trabajo



Empezando de igual manera que en los de almacenamiento, la primera fase fue la de montar el techo con un primer anillo que lo soportara, esta tarea conjunta para los dos silos tuvo una duración de poco menos de tres días. Inmediatamente después se dispuso a instalar los postes alrededor del primero de los silos.

En la instalación de todo silo se aprovecha la baja altura inicial de los techos para instalar los accesorios necesarios en este, como ventanillas de inspección, soportes de pasarelas, cuellos de ganso y sistemas de termometría.

Figura 130. Techos y primer anillo silos de trabajo



Figura 131. Elevación e instalación de las columnas del primer silo de trabajo



Siguiendo con la instalación del silo pasamos a la inclusión de los anillos de la sección cilíndrica, en la misma medida que los silos son levantados, van siendo instaladas en su parte externa e interna, las escaleras de acceso. Una vez terminados de instalar todos los anillos, el silo es levantado hasta la altura necesaria para poder instalar las piernas de soportación y darle espacio a la instalación del cono.

Con el silo elevado, se realizó el anclaje de este para garantizar un trabajo seguro a la hora de la instalación de los accesorios restantes, cono y sistema de ventilación, que involucran a personal dentro del silo.

Figura 132. Ubicación postes para alzada del segundo silo de trabajo



Luego de anclar el primero de los silos y dejando pendiente la instalación del cono, se dio inicio al montaje del segundo de los silos, realizando los mismos pasos hechos con el primero de ellos.

Figura 133. Silos de trabajo sin cono



La última de las tareas en la instalación de los silos de trabajo fue la de montar los conos, una vez hecho esto los silos estaban listos para su acople con los transportadores de carga y descarga. Toda esta labor del montaje de los silos de trabajo ocupó durante 14 días al grupo de trabajo.

Figura 134. Montaje silos de trabajo finalizado



9.2.5 Transportador de descarga TC-02. Finalizado el montaje de los silos, el transportador de descarga de los silos de trabajo, el TC-02, fue la siguiente tarea que se realizó. La instalación del transportador debió comenzar por el lado de las bocas de descarga, que lo comunicarían con el transportador TC-00 y el elevador #3, puesto que este era el lugar donde se debían de hacer las conexiones de más cuidado.

Figura 135. Montaje TC-02 acoples elevadores



El transportador necesito estar elevado del piso alrededor de 40 cms, y se logró por medio de marcos en perfil angular, prefabricados desde la empresa. Una vez terminadas las conexiones de descarga, el transportador fue extendido en su totalidad para proceder a su alineación, nivelación e introducción de la cadena de arrastre, el sistema de transmisión de potencia generalmente es la última parte del

montaje de los transportadores de cadena y se dejó pendiente hasta poco antes de su puesta en funcionamiento en vacío.

Las compuertas de piñón y cremallera de las bocas de los silos debían coordinar con los reguladores de carga predispuestos en el transportador con una separación de 5.7 metros.

Figura 136. Montaje TC-02



Los pequeños ductos que debían de hacer el empalme entre las bocas de descargue de los silos y las de cargue del transportador, no fueron fabricadas hasta saber la disposición final de la una con respecto a la otra.

Figura 137. Montaje TC-02, acople silos



Después de alineado y nivelado el transportador pudimos darnos cuenta que los respectivos puntos coordinaban y se procedió a tomar medidas finales, para poder realizar el diseño y fabricación de las tolvas de acople.

Figura 138. Tolvas de acople de los silos de trabajo al TC-01

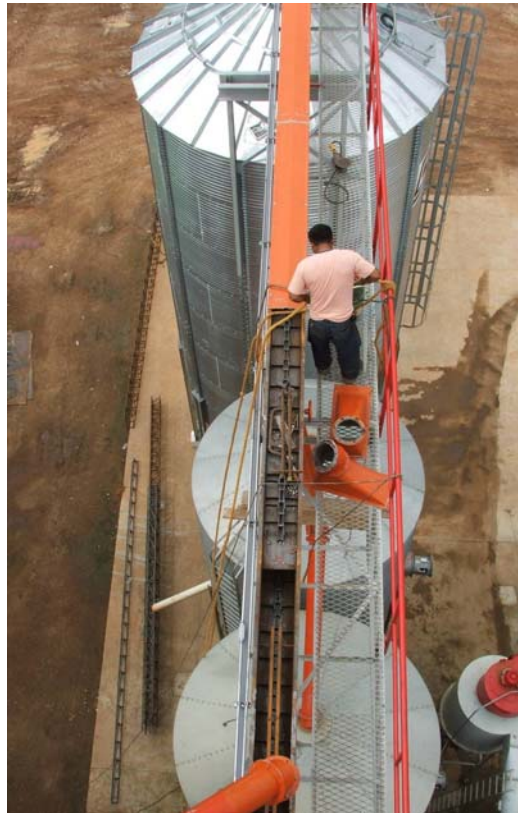


La realización del montaje del transportador de cadena TC-02, sin incluir la instalación de las tolvas de acople que fueron instaladas posteriormente, necesito de cuatro días para un grupo de trabajo conformado por un oficial y dos ayudantes.

9.2.6 Pasarela silos de trabajo y transportador TC-01. Las labores de montaje del TC-01 con su pasarela estuvieron a carga del mismo grupo de trabajo que se encargo de realizar el montaje del transportador TC-02.

Previamente a la instalación del TC-01 con su pasarela, fue necesario remover la tubería que hacía llegar el producto desde el elevador EL-02 hasta los silos de trabajo cercanos a los nuevos.

Figura 139. Montaje TC-01



El montaje de las pasarelas fue una operación de especial cuidado. Su montaje se hizo con torres de andamios ubicadas a continuación de los silos de trabajo, de las que se hacían uso para elevar los tramos de pasarela, que una vez a la altura del techo de los silos, se hacían deslizar sobre los soportes instalados. El refuerzo de la pasarela fue instalado una vez los tramos estuvieron situados en su ubicación final.

Una vez concluido el montaje de las pasarelas, con sus respectivos pasamanos, las secciones de transportador fueron ubicadas, siendo las bocas de descarga las que definirían la ubicación final del transportador, ya que estas estaban obligadas a coincidir con los centros de los techos de los silos.

Figura 140. Montaje ductos de descarga TC-01



Hacer la instalación de las tuberías de conexión fue el último paso en el montaje del transportador. La conexión con la tubería del elevador EL-02 y las de descarga con los silos fueron tareas relativamente sencillas, ya que necesitaron tramos cortos de tubería y tuvieron la facilidad de poder trabajar sobre la pasarela o en el techo de los silos, en cambio, conexiones como la que se necesitaba hacer para alimentar los dos silos de trabajo viejos, o la que unía al elevador EL-03 con el TC-01 necesitaron de toda la pericia y experiencia con que un técnico en montaje debe contar.

La última conexión por hacer fue la de unir a la caja de cambio de la salida del elevador EL-03 a la secadora. Al igual que en el caso del TC-02 la transmisión de potencia del elevador fue uno de los trabajos que se postergaron hasta poco antes de las pruebas en vacío de los equipos.

Figura 141. Conexión elevador EL-03 - secadora



9.2.7 Pasarela y transportador de carga TC-03. Esta labor fue hecha por un grupo de trabajo de dos oficiales con cuatro ayudantes, al mismo tiempo que la del montaje de los transportadores de los silos de trabajo y comenzó inmediatamente se encontraron erigidos los silos.

La primera tarea de esta fase fue la de alinear la pasarela que se había subido con los silos, asegurarla y por seguridad, a la hora de trabajar a la altura de los techos, la instalación de los pasamanos. Una vez hecha la instalación de la pasarela, se

procedió a instalar el complemento de esta, que comunica a los silos con los elevadores 4 y 5.

Figura 142. Montaje transportador TC-03



La nivelación y alineación tanto de las pasarelas como de los transportadores, se hace ayudándose de mangueras de nivel y cuerdas. En el momento de encontrar desalineamientos, se recurre a la ubicación de calzas en los pegues de las secciones. En el caso de las pasarelas no existe problema a la hora de la utilización de estas calzas, pero en el caso de los transportadores, es necesaria la aplicación de chicle o silicona o algún elemento sellante para cerrar los intersticios que se presentan en los lugares en que se tuvieron que utilizar dichas calzas.

Figura 143. Arandelas de alineación (calzas) para transportador



Después de seis días de labores del grupo de trabajo y quedando pendiente la conexión de la tubería del transportador, se dispuso a hacer la introducción de la cadena de arrastre en el transportador.

Las bocas de descarga de los transportadores y los centros de los techos de los silos concordaron perfectamente, lo que evitó la necesidad de alargues o recortes en la longitud del transportador diseñado.

Figura 144. Transportador de cadena TC-03



9.2.8 Sinfines de descarga y barredores, sistemas de ventilación. Con los silos de almacenamiento totalmente instalados se pudo acceder a trabajar en su interior, donde se debían hacer las actividades de montaje de los equipos de descarga y de las láminas del sistema de ventilación.

Las rendijas de ventilación de los silos es un trabajo relativamente sencillo pues consiste de su ubicación a lo largo de los fosos de ventilación donde soportes interiores son puestos a distancias regulares y adaptados a la profundidad del foso.

Posteriormente se procedió a la ubicación geométrica del centro del silo por medio de dos o más cordones que conectaban al silo en puntos diametralmente opuestos. Una vez ubicado su centro, este serviría para determinar el punto de montaje de la boca del transportador de descarga, ya que el centro de esta boca debe concordar con el centro geométrico del silo.

Figura 145. Montaje sinfín de descarga silos



Después de ubicados sus centros, silo y boca de descarga, el transportador es anclado a la base en concreto por medio de anclajes expansivos, sujetos a los soportes intermedios del transportador.

Posteriormente las tapas del foso son instaladas teniendo en cuenta su respectiva posición, ya que las tapas con bocas de descarga deben coordinar con las bocas de cargue del transportador sinfín de descarga.

Figura 146. Anclaje sinfín de descarga



El ensamble y posterior montaje del sinfín barredor fue el siguiente paso dentro del proceso de montaje. Este equipo sencillo y de fácil ensamble está constituido por un sinfín impulsado eléctricamente, que hace pivote en la boca central de descarga, debido a la acción de una rueda motriz que se acciona gracias a un reductor impulsado por la misma tracción del eje del sinfín.

Figura 147. Ensamble sinfín barredor



El sinfín barredor cuenta con un pin que hace de pivote, que debe ser simplemente insertado en un segmento corto de tubo soportado por platinas. Se debe tener cuidado que la rosca del transportador quede a una distancia no mayor a una pulgada del suelo.

Figura 148. Ensamble sinfín barredor boca de entrada



El montaje de los equipos dentro de los silos terminó con la instalación de la transmisión de potencia de los sinfines barreadores y el anclaje de cáncamos verticalmente debajo de cada uno de los cables de la termometría, para así poderlos amarrar por medio de cordeles y garantizar que permanecerán siempre en el mismo lugar. Estos cordeles deben ser removidos cada vez que se ponga en funcionamiento el sinfín barreador, para que este pueda hacer su movimiento de translación sin inconvenientes, una vez hecho vaciado y limpiado el silo, los cables vuelven a ser asegurados.

Figura 149. Montaje motor y transmisión sinfín barreador



En la parte exterior de los silos quedaba la tarea pendiente de la instalación de los ventiladores y su acople a los ductos de ventilación. Estos ventiladores son de tipo centrífugo y tienen una capacidad de 1/5" de CFM por bushel almacenado.

Figura 150. Instalación ventiladores sistema de ventilación



Una vez ubicado en su sitio definitivo la tolva es fijada y sellada con masilla epóxica a la base del silo, para impedir la entrada de agua, roedores e insectos dentro de los ductos de ventilación. El trabajo dentro de los silos ocupó al grupo de trabajo cerca de cinco días en cada uno de ellos.

Figura 151. Ventiladores sistema de ventilación



9.2.9 Transportador de descarga TC-04. De duración similar a la del transportador de cadena TC-03 (6 días), las labores de montaje de este transportador, pudieron ser iniciadas, en el momento en que la ubicación de las bocas de salida de los sinfines de descarga de los silos estuvo definida.

El procedimiento de instalación del transportador se realizó dándole ubicación a la tolva que conectaría con el sinfín de descarga del último silo. Una vez ubicada dicha tolva, se repitieron los pasos de montaje de transportadores hechos con los anteriores montados.

Figura 152. Instalación tolvas de carga TC-04



Figura 153. Acople sinfín de descarga – TC-04



La soportación del transportador estuvo a cargo de pedazos de perfil “U” de 4“, atornillados a las uniones entre secciones y fijados con anclajes expansivos.

Figura 154. Transportador TC-04 instalado



Una vez ubicada el cabezote de tracción del transportador, fue posible realizar las mediciones para poder hacer el diseño y fabricación de las tolvas que unirían al punto de descargue de los transportadores con las bocas de carga de la caja de cambios doble.

9.2.10 Acoples transportadores TC-00, TC-04 y sinfines de descarga 1 y 2 con elevadores EL- 04 y EL- 05. Inicialmente los sinfines de descarga de los silos 1 y 2 así como el transportadores TC-00, estaban conectados directamente al elevador #4, estas conexiones debieron ser removidas para poder darle paso a la instalación de las cajas de cambios doble que debían ser instaladas a lado y lado de las bocas de los elevadores.

Figura 155. Foso elevadores EL-04 y 05



Habiendo retirado los ductos existentes, se procedió a hacer el ensamble de los tramos de tubería desde los sinfines de descarga hasta la caja de cambios.

Figura 156. Acople sinfines de descarga a elevadores EL-04 y 05



Por otro lado la instalación de las tolvas desde los transportadores de cadena, tuvieron que esperar a ser fabricadas y enviadas, pero una vez allá, fueron instaladas teniendo que hacerles correcciones menores debido a la imprecisión de las medidas tomadas.

Figura 157. Acople transportadores TC-00 y 04 a elevadores EL-04 y 05



9.2.11 Silo de despacho a granel. La obra civil fue la razón por la cual, el montaje del silo de despacho a granel no fue realizado sino hasta el final del proyecto. Al igual que en los anteriores se comenzó con la ubicación de los postes de alzada, teniendo que fijarlos con templetos y guayas a los silos y dos tochos de concreto en el piso.

Figura 158. Instalación postes de alzada para silo a granel



El montaje del silo de despacho a granel tuvo la dificultad adicional del trabajo en la altura. Para poder instalar los postes de alzada, tubo que ser necesario instalar soportes adicionales en cada uno de los dados de la obra civil.

Figura 159. Soporte para postes de alzada silo de granel



Este silo de granel tiene solamente cuatro láminas en el desarrollo de su diámetro, por lo que solo es necesaria la instalación de cuatro postes para su alzada. Su montaje fue hecho por un oficial y cuatro ayudantes del mismo grupo de trabajo que realizo el montaje de los silos de 120 toneladas, en turnos diarios de diez horas, durante poco menos de cinco días.

Figura 160. Alzada primer anillo silo a granel

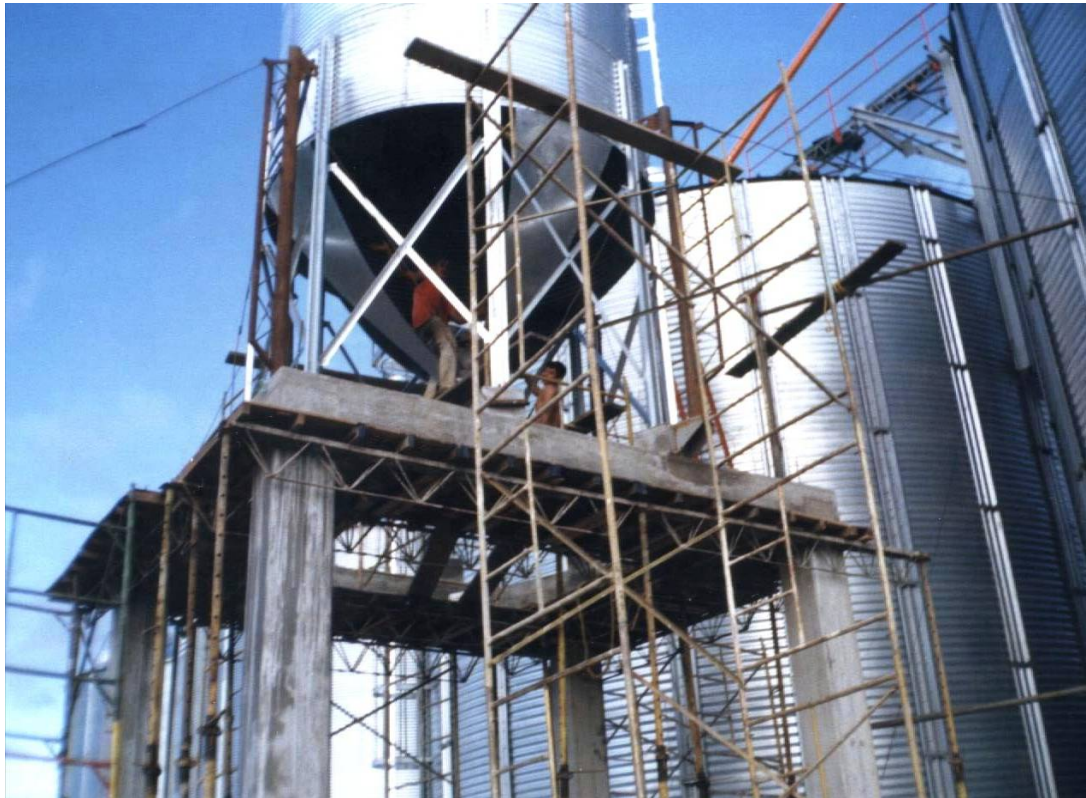


Figura 161. Instalación soportes silo de granel



El procedimiento de montaje del silo a granel se desarrollo de la misma manera como venían siendo instalados los silos de fondo cónico.

Figura 162. Instalación cono de descarga silo a granel



El montaje del silo finalizó con la instalación de un ducto de 1.2 metros que dirige el producto desde la compuerta de descarga del silo hasta ligeramente por encima de la altura de las mulas a cargar.

9.2.12 Tubería de descarga elevadores. Al mismo tiempo que se fue trabajando en el montaje del silo de despacho, un segundo grupo de trabajo, fue adelantando las tuberías que debían conectar a los elevadores con el silo numero uno, el transportador TC-03 y el ducto de conexión con la planta.

Inicialmente se hizo la instalación del conjunto de cajas de cambio, que se debía ubicar a la salida de las dos bocas de los elevadores. Con el conjunto de cajas de cambio en su sitio, se pudo confirmar las distancias entre los puntos de unión, para proceder al corte y preensamble de la tubería en el piso.

Figura 163. Instalación cajas de cambio salida elevadores



Por medio de diferenciales y poleas las tuberías fueron elevadas hasta su ubicación final, para ser sujetas por medio de bridas. Frenos intermedios y finales fueron instalados en todas estas tuberías para un mejor manejo del grano.

La tubería de despacho a granel fue la de mayor trabajo ya que además de ser la de mayor longitud, sus tensores complicaron el trabajo de montaje. En la instalación de estas guayas se tuvo el cuidado de mantener mas tensas las inferiores, mientras que las superiores solo se instalaron para mantener fijas las posiciones de las crucetas.

Figura 164. Montaje tubería de carga silo a granel



Figura 165. Ducto de carga silo a granel



En su mayoría, las tuberías existentes inicialmente fueron reutilizadas para fabricar los nuevos tramos, algunas secciones con severos desgastes fueron reemplazadas o reparadas. Algunos codos y frenos fueron reemplazados ya que sufrían de desgastes excesivos, en especial los frenos de salida de los elevadores.

En general el montaje de estas tuberías fueron operaciones de gran esfuerzo en donde se tuvo que hacer uso de todo el personal disponible y de toda la experiencia que los técnicos en montaje podían aportar.

Figura 166. Tuberías de descarga elevadores 4 y 5



9.2.13 Trabajos finales. Con todos los equipos en su puesto y conectados entre si, el personal de montaje se dedicó entonces a realizar las últimas tareas pendientes, tales como la instalación de transmisiones y guardas de todos los equipos, secciones de guarda-cuerpo sin instalar, labores de lubricación de chumaceras, retoques de pintura, además de algunos detalles que el cliente solicitó como la instalación de visores y de algunas compuertas de inspección en las tapas de los transportadores.

Figura 167. Montaje final



La planta ampliada “La fazenda” ahora finalmente contaba con la capacidad de almacenar hasta 4900 toneladas de producto recolectado. Un gran esfuerzo del personal de montaje, el cual reconozco y felicito, pudo hacer que después de casi

75 días de trabajo, la planta estuviera lista para empezar a hacer las pruebas en vacío de los equipos.

Figura 168. Montaje final silos de almacenamiento y granel



9.2.14 Puesta en marcha. El arranque inicial de los equipos es un proceso muy metódico, tal vez un poco tedioso, pero a la vez necesario para evitar cualquier tipo de inconvenientes con los equipos y el personal que los incumbe.

Previo a haberse hecho las conexiones de las transmisiones y habiendo cableado se prendieron por primera vez todos los motores y motorreductores, con el fin de verificar su correcto funcionamiento sin ningún tipo de carga, no sin antes de proceder a la puesta en marcha, revisar si el nivel de aceite era el adecuado para la posición de montaje especificada, si los tapones de nivel y de vaciado así como los tapones y válvulas de salida de gases eran accesibles.

Figura 169. La fazenda



La puesta en marcha de los equipos de transporte y ventilación instalados en la planta, comenzó con una revisión detallada de estos, inspeccionando alineaciones y tensiones de bandas y cadenas tanto de transporte como de transmisión de potencia, además de la revisión dentro de los transportadores buscando posibles elementos que obstruyan el funcionamiento de los equipos, tales como herramientas, cuerdas, varillas, maderos, etc. Otras de las labores previas al arranque en vacío de los equipos son la revisión de la fijación de los motorreductores y guardas, las uniones entre secciones y la presencia de todas las cubiertas y/o tapas de los transportadores y elevadores.

Antes de someter los equipos a cualquier revisión, es necesario estar seguros que no van a ser accionados de manera involuntaria o accidental, para esto los equipos fueron desconectados de sus respectivos brakers en el CNC (Centro de control de motores) y luego cerrado bajo llave para evitar el acceso de personal.

Figura 170. Revisión de los transportadores



En cuanto a los preliminares en el caso de los silos de almacenamiento y trabajo los pasos de revisión a seguir antes de su primer uso fueron los siguientes:

- Todos los tornillos están en su sitio y están adecuadamente apretados
- Todas las escaleras plataformas y pasarelas están aseguradas y en su sitio
- El silo esta fijamente anclado
- Los equipos de descarga operan libremente y todas las compuertas funcionan
- Todos los cables de temperatura están asegurados de acuerdo a las recomendaciones del fabricante para evitar desplazamientos durante el llenado
- El área de trabajo está limpia y libre de obstáculos
- Todas las rejillas y guardas están en su sitio

- Chequeo del funcionamiento eléctrico e instalación los seguros eléctricos de los equipos.
- Asegurarse que el silo haya sido limpiado
- Cerciorarse que el personal haya sido evacuado antes del llenado
- Chequear que las puertas hayan sido cerradas y aseguradas

Figura 171. Revisión de tensiones en cadenas de transmisión



Chequeados estos puntos pudimos pasar a hacer las pruebas en vacío de los equipos, con el fin de buscar cualquier tipo de problemas tales como obstrucciones, golpeteos, excesos en consumos de corriente, temperaturas elevadas de los rodamientos, correcto sentido de giro y desalineaciones. Todas estas revisiones se hacen con el fin de minimizar posibles problemas en el momento de aplicar carga a los equipos.

En su efecto, al ir revisando uno a uno los equipos trabajando en vacío, íbamos encontrando desperfectos menores que fuimos corrigiendo a medida que se hallaban, estos desperfectos eran tales como de desalineaciones de las cadenas

de arrastre o golpeteos en las uniones de los tramos de transportador, también encontramos que la banda del elevador #5 se recostaba hacia uno de sus lados, y que uno de los ventiladores del silo de trabajo #6 estaba girando en sentido contrario.

Figura 172. Chequeo banda y cangilones EL-05



Figura 173. Arranque sistema de ventilación silos de trabajo



En general no se encontraron desperfectos mayores excepto por un raro bajo consumo de corriente en una de las fases del elevador #5, mientras las otras dos fases así como las tres del EL-04 promediaban corrientes de 1.4 ó 1.5 amperios, esta fase trabajaba con 0.96 A, cosa que nos hizo prever que posiblemente existieran futuros problemas a la hora del trabajo con carga.

Figura 174. Arranque en vacío EL-05



Se revisaron las conexiones y se cambiaron de orden las borneras para ver si cambiaba este extraño comportamiento, pero siempre se dieron los mismos resultados. Aun así se decidió que de todas maneras se iban a hacer pruebas con carga para este elevador.

El comienzo de las pruebas con carga se decidió que se iba a hacer con el 50% de la capacidad de transporte de los equipos, es decir 20 Ton hora. En esta fase del arranque los equipos se comportaron de manera predecible, percibiendo amperajes normales para su carga y sin ningún tipo de atascamientos en los ductos de descarga.

Figura 175. Arranque en vacío transportador de cadena TC-01



Figura 176. Arranque con 50% de carga transportador de cadena TC-02



Las pruebas al 50% en el elevador #5, que era del que preveíamos problemas, mostraron solamente un ligero incremento en el consumo de corriente en la misma fase que presentaba la anomalía en las pruebas en vacío. Dos de las fases del elevador promediaban corrientes de casi 8.0 amperios, mientras que la otra mostraba comportamientos un tanto erráticos con picos de consumo de hasta 9.2 amperios.

Figura 177. Arranque con carga 100% transportador de cadena TC-04



Gradualmente fuimos subiendo la capacidad de transporte de los equipos hasta llegar a las 40 toneladas por hora, los equipos en general se comportaron de manera correcta incluyendo los ductos que sin ningún tipo de atascamientos transportaron el grano hacia todas direcciones.

El problema con la fase del elevador # 5 se fue incrementando a medida que lo hacia la carga a transportar, hasta el momento en que el guardamotor se disparo y no permitió el funcionamiento de este equipo. El elevador podía funcionar bien hasta más o menos las 30 toneladas por hora, pero de ahí en adelante los consumos se hacían inaceptables.

En el momento del disparo del guarda, el elevador estaba trabajando a máxima capacidad, por lo que este quedo bloqueado y con los cangilones de la pierna de subida cargados, lo que obligó a desconectar la transmisión de potencia y el freno que existe en todos los cabezotes superiores de los elevadores que fabrica METALTECO, que entran a funcionar cuando ocurren situaciones como estas y no permiten el retroceso del elevador.

Figura 178. Bloqueo Elevador EL-05



El descargue del elevador que necesito ser bloqueado, el EL-05, se tuvo que hacer por medio de las compuertas de inspección del cabezote inferior. Se

desacoplo la transmisión y posteriormente el freno, para que los cangilones por el propio peso del producto se devolvieran y acumulara el producto en su parte inferior.

Se desocupó el cabezote de manera manual y se procedió al desmontaje del motorreductor para su revisión, después de conversaciones con el proveedor (SEW), sobre el problema presentado, se decidió que debía enviarse a Bogota, a la fábrica, para su arreglo y/o reemplazo. Luego de su envío, la planta debió de trabajar cerca de una semana sin este elevador antes que el proveedor nos repusiera el equipo.

Figura 179. Descargue del producto del elevador EL-05



El proveedor decidió reemplazar el motor del motorreductor al encontrar el mismo problema de la fase defectuosa. Una vez instalado el motorreductor nuevo se realizó el mismo procedimiento de arranque practicado con anterioridad, en este caso los resultados fueron satisfactorios y el elevador pudo empezar a trabajar correctamente.

Una vez superado el inconveniente del motorreductor se dispuso a realizar el desarrollo del acta de entrega de obra a los directores de la planta, los cuales dieron por aceptados todos trabajos y su funcionamiento en general.

A continuación se muestra la tabla de seguimiento de corrientes consumidas por los equipos en el proceso de arranque.

Aparecen en blanco las pruebas en vacío para los sinfines de descarga, ya que estos equipos no deben accionarse sin carga, debido a que no tienen soporte para su eje en el extremo interno, siendo el producto que transporta el que hace que la rosca no entre en contacto con su canal.

Tabla 23. Consumos de corriente en arranque y puesta en marcha

	TIPO		Potencia [HP]	Voltaje [V]	CORRIENTE PROMEDIO [A]			
	Motor	Motor reductor			Nom	Vacío	50%	100%
TC-01		X	3	440	4,2	0,9	2,6	4
TC-02		X	3	440	4,2	1	2,7	4,1
TC-03		X	4	440	5,47	1,15	3,4	4,85
TC-04		X	4	440	5,47	1,25	3,65	5
SFDS-03	X		4	440	5,47	-	3,72	5,2
SFDS-04	X		4	440	5,47	-	3,8	4,93
EL-04		X	10	440	12,6	1,38	7,9	11,6
EL-05		X	10	440	12,6	1,45	7,44	11
SFBR-03	X		5	440	6,5	0,82	4,095	6,1
SFBR-04	X		5	440	6,5	0,9	4,095	6,15
SVSA-03	X		15	440	18,7	16	13,6	11,55
SVSA-04	X		15	440	18,7	15,4	13,1	10,85
SVST-05	X		2 x 3	440	4,2	3,88	3,2	2,8
SVST-06	X		2 x 3	440	4,2	3,7	3	2,65

Figura 180. Silo #4 almacenamiento de soya



10. COSTOS DEL PROYECTO

En este capítulo se presenta el resumen de precios de los equipos metalmecánicos del proyecto de ampliación, las tablas consisten de una breve descripción de los equipos con sus respectivos precios unitarios tanto de los equipos suministrados por METALTECO LTDA. CI. como los ofrecidos por SCAFCO GRAIN SYSTEMS COMPANY, empresa con la que se realizó el negocio de la importación de los silos metálicos.

Tabla 24. Costos equipos nacionales

EQUIPOS DE FABRICACION NACIONAL				
<i>Ítem</i>	<i>Cant</i>	<i>Descripción</i>	<i>Valor Unitario</i>	<i>Valor. Ítem</i>
		SECCIÓN CARGUE Y DESCARGUE SILOS DE TRABAJO		
1	1	CAJA DE CAMBIO MANUAL CCMN-2545, 3 vías 200 mm por 45° (Descarga elevador existente) Incluye cabuyas de accionamiento desde el piso	\$ 470,000	\$ 470,000
2	1	TRANSPORTADOR DE CADENA TRCD-2526, 89 m ³ /h 18.50 metros, 3.0 HP, (Cargue nuevos silos de trabajo)	\$ 13,810,000	\$ 13,810,000
3	2	COMPUERTA MANUAL CM30-0700 (Cargue silos trabajo) accionamiento manual	\$ 330,000	\$ 660,000

4	1	PASARELA DE SERVICIO PSSR-1035, 21.00 m (Soporte transportador de cadena) Incluye riostras y soportes.	\$ 8,500,000	\$ 8,500,000
5	1	TRANSPORTADOR DE CADENA TRCD- 2526, 89 m3/h 17.2 metros, 3.0 HP, (Descargue silos de trabajo)	\$ 13,240,000	\$ 13,240,000
6	1	DUCTOS Y ACCESORIOS DE INTERCONEXIÓN (Cargue y descargue silos de trabajo)	\$ 2,430,000	\$ 2,430,000
		SECCIÓN CARGUE Y DESCARGUE SILOS DE ALMACENAMIENTO		
7	1	Alargue de 2.40 metros de elevador ELCG- 2085 (Elevador existente)	\$ 1,375,000	\$ 1,375,000
8	1	TRANSPORTADOR DE CADENA TRCD- 2526, 89 m3/h 30.2 metros, 4.0 HP, (Cargue nuevos silos de almacenamiento)	\$ 21,750,000	\$ 21,750,000
9	1	PASARELA DE SERVICIO PSSR-1035, 40.5 m (Soporte transportador de cadena)	\$ 13,430,000	\$ 13,430,000
10	3	COMPUERTA MANUAL CM30-0700 (Cargue silos de almacenamiento) accionamiento manual	\$ 335,000	\$ 1,005,000
11	2	SINFÍN DESCARGA SILO 48' SF48-1013; 8.7 metros, 4.0 HP, 158.2 m3/hora a 400 RPM, (Evacuación silo de almacenamiento) Incluye dos compuertas de accionamiento manual	\$ 4,490,000	\$ 8,980,000
12	2	TAPA ALFAJOR SINFÍN DESCARGA SILO 48 TPAF-4882	\$ 1,710,000	\$ 3,420,000
13	2	ANGULO OBRA CIVIL SINFÍN DESCARGA SILO 48 AGSF-4882, ángulo 2" x 3/16"	\$ 470,000	\$ 940,000
14	2	JUEGO DE ANCLAJES PARA SILO DE ALMACENAMIENTO	\$ 2,070,000	\$ 4,140,000
15	1	TRANSPORTADOR DE CADENA TRCD-	\$ 22,180,000	\$ 22,180,000

		2526, 89 m3/h 31.2 metros, 4,0 HP, (Evacuación nuevos silos de almacenamiento)		
16	1	DUCTOS Y ACCESORIOS DE INTERCONEXIÓN (Cargue silos de almacenamiento)	\$ 2,850,000	\$ 2,850,000
		SECCIÓN DE CARGUE A GRANEL		
17	1	ELEVADOR DE CANGILONES ELCG-2085, 30.8 metros, 10.0 HP, (Despacho a granel)	\$ 25,170,000	\$ 25,170,000
18	1	CAJA DE CAMBIO MANUAL CCMN-2545, 2 vías 200 mm por 45° (Descarga transportador a elevadores)	\$ 260,000	\$ 260,000
19	1	DUCTOS Y ACCESORIOS DE INTERCONEXIÓN (Cargue silos de almacenamiento)	\$ 3,950,000	\$ 3,950,000
		SECCIÓN MONTAJE		
20	1	MONTAJE DE EQUIPOS PARA CARGUE Y DESCARGUE SILO DE ALMACENAMIENTO	\$ 23,070,000	\$ 23,070,000
21	1	MONTAJE DE DOS SILOS DE FONDO CONICO	\$ 9,480,000	\$ 9,480,000
22	1	MONTAJE DOS SILOS DE ALMACENAMIENTO	\$ 19,130,000	\$ 19,130,000
23	1	MONTAJE SILO DE DESPACHO A GRANEL	\$ 4,760,000	\$ 4,760,000
		COSTO TOTAL EQUIPOS NACIONALES		\$ 205'000.000
		Impuesto a las ventas IVA (16%)		\$ 32'800.000
		COSTO TOTAL DE COMPRA DE LOS EQUIPOS		\$ 237'800.000

Tabla 25. Costos equipos importados

EQUIPOS IMPORTADOS			
#	Qty	Description	Net Cost
1	2	<i>Model 4232ES SCAFCO externally stiffened grain storage silo, 42'0" (12.80 m) diameter, 32'1" (9.78 m) eave height, 43'9" (13.32 m) overall height, with heavy-duty roof cap and 23-1/2" x 26" (597 mm x 660 mm) access door in 2nd ring. Silo roof panels, wall sheets and stiffeners are galvanized to G115 specifications (minimum 350 grams/m² zinc coating). Designed according to U.S. standards and Seismic Zone 2B conditions and 144 kph wind speed. Peak storage capacity 1,146 tons wheat (includes 7% compaction factor)</i>	37,994.30
	2	211296 Exterior ladder package with safety cage and one rest platform	1,000.00
	2	211307 Interior ladder package	324.20
	2	214798 Silo steps	21.60
	2	Roof ladder cleats – Included	
	14	290966 Rolls EMSEAL AST Hi-Acrylic silo base sealant	130.20
	56	¾" Diameter x 12" (19 mm x 300 mm) A307 Anchor bolts – (By Civil Contractor)	
		<u>Aeration Systems – 1/5 CFM</u>	
	2	23-42CY wide Y flush floor aeration system complete with entrance plate, Y-plate, 18 gauge (1.17 mm) plain and perforated corrugated galvanized steel decking, support system with 12" support beams, flashing and fasteners	1,632.30
	2	231207 Centrifugal fan transitions for 15 HP (11.25 KW)	559.90
	2	24L27153LC SCAFCO centrifugal fans with 15 HP (11.25 KW), 3 phase, 60 HZ, 1750 RPM, TEFC motor without controls	5,206.00
	8	239020 15" x 15" x 90° (380 mm Square) Gooseneck roof vents	409.60
		<u>Temperature Monitoring System</u>	

EQUIPOS IMPORTADOS			
#	Qty	Description	Net Cost
	2	TSGC silo temperature monitoring system, complete with (3) temperature measuring cable per silo, leadwires, connection box and hardware	1,040.00
	1	DTL Plus Digital Temperature Logger, Portable temperature meter, °C, with memory and ability to download to PC	1,110.00
	6	215493 Temperature cable brackets	36.00
		<u>Silo Sweep Augers* - Capacity 25 TPH</u>	
	2	BK0842SD 8" (200 mm) Commercial Klean Sweep silo sweep auger with heavy duty 5" (127 mm) O.D. flight, shield, and drive wheel and 2 to 1 oil bath reducer drive	2,920.00
	2	3232A1 2B 3.8" (97 mm) P.D. Cast iron sheave	71.50
	2	3079A1 Bushing QD SH style x 1-1/8" (29 mm) I.D.	29.30
	2	M3615T 5 HP (3.75 kW), 3 Phase, 60 HZ, TEFC Motor	515,40
		<i>*CAUTIONARY NOTE: The sweep auger listed in this quotation will vary in performance based on grain consistency and condition as well as bin/silo floor conditions. Capacities listed are optimum based on dry, clean, corn, and ideal conditions. The sweeping process will be complete after one or two revolutions. After completion of the sweep process a minimum grain layer of 2"-3" (50 mm - 75 mm) will remain for manual sweeping. Although the sweep auger components are warranted against defects in material and workmanship for one year, when installed and operated according to manufacturer's instructions, SCAFCO does NOT warranty sweep auger performance.</i>	
		TOTAL NET COST EX-WORKS	US 53,000.30
2	2	Model 1508SHBT SCAFCO externally stiffened hopper bottom silos, 15'0" (4.57 m) diameter, 43'4" (13.19 m) overall height, with 45° hopper bottom, heavy duty roof cap	\$19,840.00

EQUIPOS IMPORTADOS			
#	Qty	Description	Net Cost
		and 12" (300 mm) diameter discharge opening, 3'4" (1.02 m) clearance below discharge. Roof will support a 2,000 pound [907.2 kg] peak equipment load. A 23-1/2" x 26" (597 mm x 660 mm) access door installed in the bottom ring. Silo rests on (10) galvanized braced columns (included). Roof, wall sheets, stiffeners and hopper manufactured from G115 coated steel (350 grams/m ² zinc). Designed according to U.S. standards and Seismic Zone 2B conditions and 144 kph wind speed. Peak storage capacity 129.1 M tons wheat (includes 5% compaction factor).	
	2	211901 Exterior ladder with safety cage , one rest platform and ladder support hoops between columns	1,243.30
	20	3/4" Diameter x 12" (19 mm x 200 mm) A307 Anchor bolts – (By Civil Contractor)	
	2	222018 Complete rack and pinion roller gate	265.80
		<u>Hopper Bottom Aeration Systems – 1/5 CFM</u>	
	4	23-15HBT-18 Hopper bottom aeration systems consisting of 18" diameter x 18 gauge x 8'0" (450 mm x 1.27 mm x 2.44 m) perforated corrugated galvanized steel pipe with elbow and angle ring, pre-cut opening in hopper segments, (2) perforated end caps, (2) tie-down straps, and 18" (450 mm) reinforcing channel	1,628.00
	4	241803003 18" (450 mm), 3 HP (2.25 kW), 3 Phase, 3450 RPM All-galvanized axial aeration fans without controls	1,781.20
	8	239020 15" x 15" x 90° (380 mm Square) Gooseneck roof vents	409.60
		<u>Temperature Monitoring System</u>	
	2	TSGC silo temperature monitoring systems, complete with (1) temperature measuring cable per silo, leadwires, connection box and hardware	375.00

EQUIPOS IMPORTADOS			
#	Qty	Description	Net Cost
	2	211837 Roof support ring	377.60
	2	215535 Roof reinforcing ribs	12.60
	2	215493 Temperature cable brackets	12.00
		TOTAL NET COST EX-WORKS	US 25,945.10
3	1	Model 1204HBT SCAFCO non-stiffened hopper bottom silo, 12'0" (3.66 m) diameter, 26'6" (8.07 m) overall height, with heavy duty roof cap, 45° hopper bottom, 12" (300 mm) diameter discharge opening, 3'1" (0.94 m) clearance below discharge. Silo rests on 10 galvanized braced legs (included). Roof, wall sheets, stiffeners and hopper manufactured from G115 coated steel (350 grams/m ² zinc). Designed according to U.S. standards and Seismic Zone 2B conditions and 144 kph wind speed. Peak storage capacity 42.2 M tons wheat	3,387.00
	1	211728 Exterior ladder package with support hoops between legs	200.30
	8	¾" Diameter x 12" (20 mm x 300 mm) A307 Anchor bolt (By civil contractor)	
	1	222018 Complete rack and pinion roller gate	132.90
		TOTAL NET COST EX-WORKS	US 3,720.20
		COST RESUME	
		TOTAL NET COST EX-WORKS	82,665.60
		Inland Freight, Documentation & Containerization (2 – 20' Containers)	2,755.5
		TOTAL VALUE FCA SEATTLE/TACOMA, USA	US 85,421.1
		OCEAN FREIGHT (SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE)	7,282.70
		TOTAL VALUE CPT BUENAVENTURA, COLOMBIA	92,703.8
		INSURANCE (Based on 110% of above value, port to port)	7,138.2

EQUIPOS IMPORTADOS			
#	Qty	Description	Net Cost
		(0.7%)	
		TOTAL VALUE CIP* BUENAVENTURA, COLOMBIA	US 99,842
		IMPUESTO DE IMPORTACION PARA EQUIPOS AGROINDUSTRIALES (15%)	14,976.3
		COSTO TOTAL DE LA IMPORTACION (Dólares)	US 114,818.3
		COSTO TOTAL DE LA IMPORTACION (Pesos)(1 dólar = 2400 pesos)	\$ 275'563.920

Tabla 26. Costos transporte territorio nacional

TRANSPORTE TERRITORIO NACIONAL	
<i>Fletes equipos nacionales</i>	\$ 3.600.000
<i>Fletes nacionales equipos importados</i>	\$ 5.000.000

<i>Total fletes nacionales</i>	\$ 8.600.000

Tabla 27. Resumen de costos

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
<i>Equipos nacionales</i>	\$ 237.800.000
<i>Equipos importados</i>	\$ 275.563.920
<i>Transporte nacional</i>	\$ 8.600.000
TOTAL	\$ 521.963.920

11. CONCLUSIONES

Con la realización del proyecto se logra hacer un aporte al proceso de almacenamiento de granos de la planta “LA FAZENDA” y a su vez al desarrollo industrial de Colombia, específicamente al sector agrícola.

Se logró diseñar y construir un sistema adecuado para el transporte, elevación, y almacenamiento de granos, que cumple con los requisitos y delimitaciones planteados por la empresa.

Con el sistema implementado se logró ampliar la capacidad de almacenamiento de la planta, permitiendo así el acopio seguro para toda la producción de la plantación, incluyendo las zonas recientemente acondicionadas para la siembra.

El sistema diseñado y construido presenta gran facilidad de manejo, permitiendo que el operario manipule con facilidad la totalidad del sistema.

El rediseño del sistema de despacho a granel logró el propósito deseado de agilizar el proceso de salida de los vehículos con carga y sin llegar a entorpecer el funcionamiento de la planta.

El montaje del sistema permite un cómodo mantenimiento de todos sus subsistemas, la empresa no necesita de herramienta especializada para los trabajos de mantenimiento. Los repuestos para los equipos, tales como paletas, cangilones, cadenas y bandas, pueden ser de fácil consecución en el mercado nacional.

Queda comprobado que la manera más eficiente para el almacenamiento de granos en cantidades industriales, son los silos ya sean de tipo metálico o en concreto, debido a su gran capacidad, confiabilidad y fácil manejo.

BIBLIOGRAFIA

AMERICAN FEED INDUSTRIAL ASSOCIATION, Inc. Feed manufacturing technology. 3ed. Arlington Virginia: PRENTICE-HALL International, 1995. 272p.

CASTILLO Álvaro. Almacenamiento de granos aspectos técnicos y económicos. 2 ed. Barcelona: Editorial José Montesco, 1984. 195 p.

Catálogo general de rodamientos SKF. 1982. 480 p.

GIFFORD, R. C. La Ingeniería Agrícola en el Desarrollo; Formulación de una estrategia para la mecanización. Roma; FAO, Boletín 9. Vol. 1

GLOBAL INDUSTRIAL INC. Bins operator's manual, Rev1-06, Grand Island, Nebraska. 2006. 38p.

GONZÁLEZ GIL, FREDDY. Energía y mecanización en la agricultura. Caracas: Editorial Televisa, 1995. 201p.

MARTIN SPROKET AND GEAR, Inc. 1090 Catalogue. 6 ed. Arlington Texas, 2001. 1004 p.

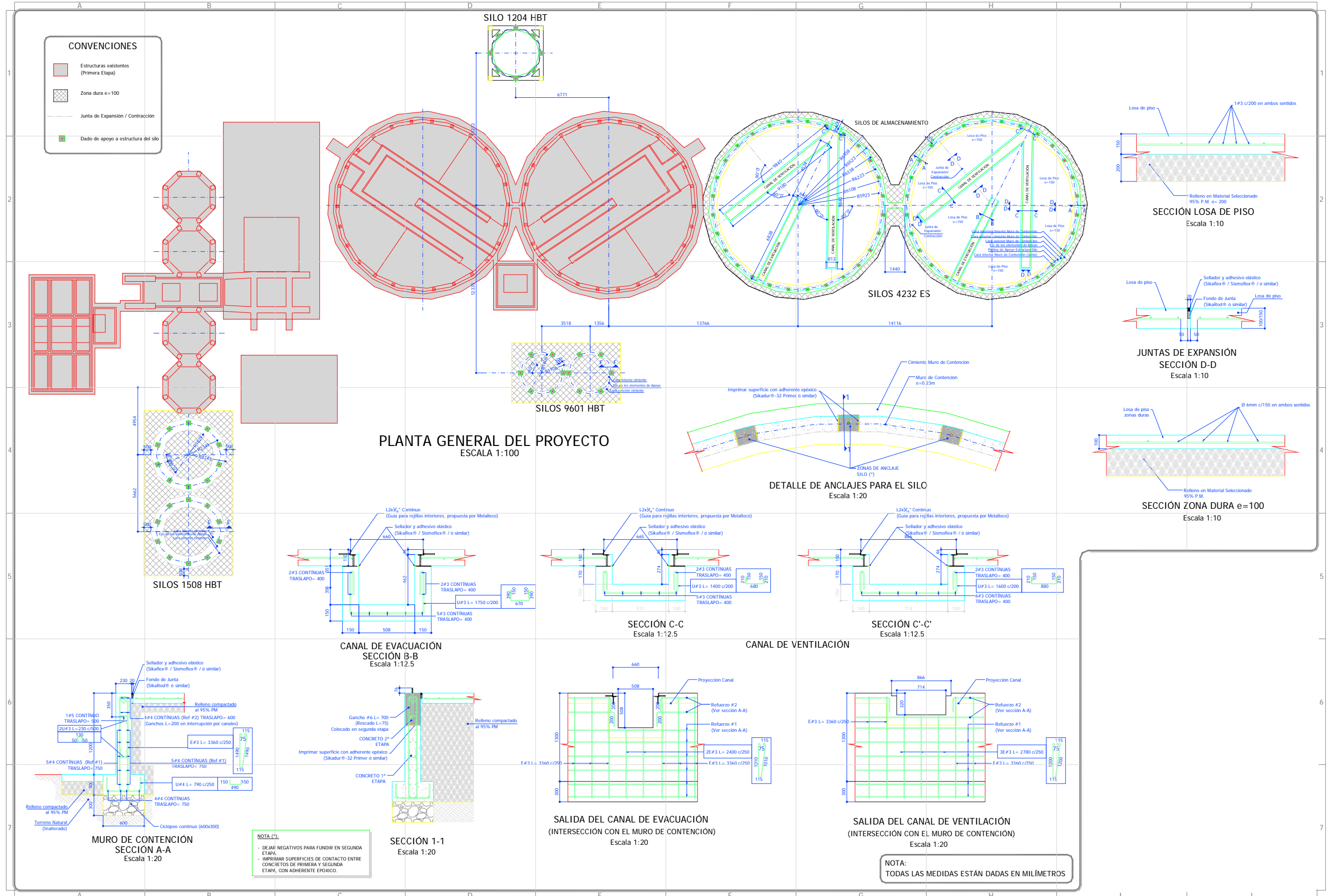
MIDWEST PLAN SERVICE COMMITTEE. Grain drying, handling and storage handbook, Utah, LIMUSA WILEY 1997. 290p.

RALSTON PURINA COMPANY. Engineering Handbook, 1980. 307p.

SCAFCO GRAIN SYSTEMS COMPANY. Manual de operación, mantenimiento y seguridad para silos de almacenamiento de granos. Spoken Washington, 2001. 85p.

ANEXO A.

PLANOS OBRAS CIVILES



ANEXO B.

CRONOGRAMA DEL PROYECTO

ANEXO C.

PLANOS DE FABRICACION Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS Y ACCESORIOS PARA LA AMPLIACION DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO

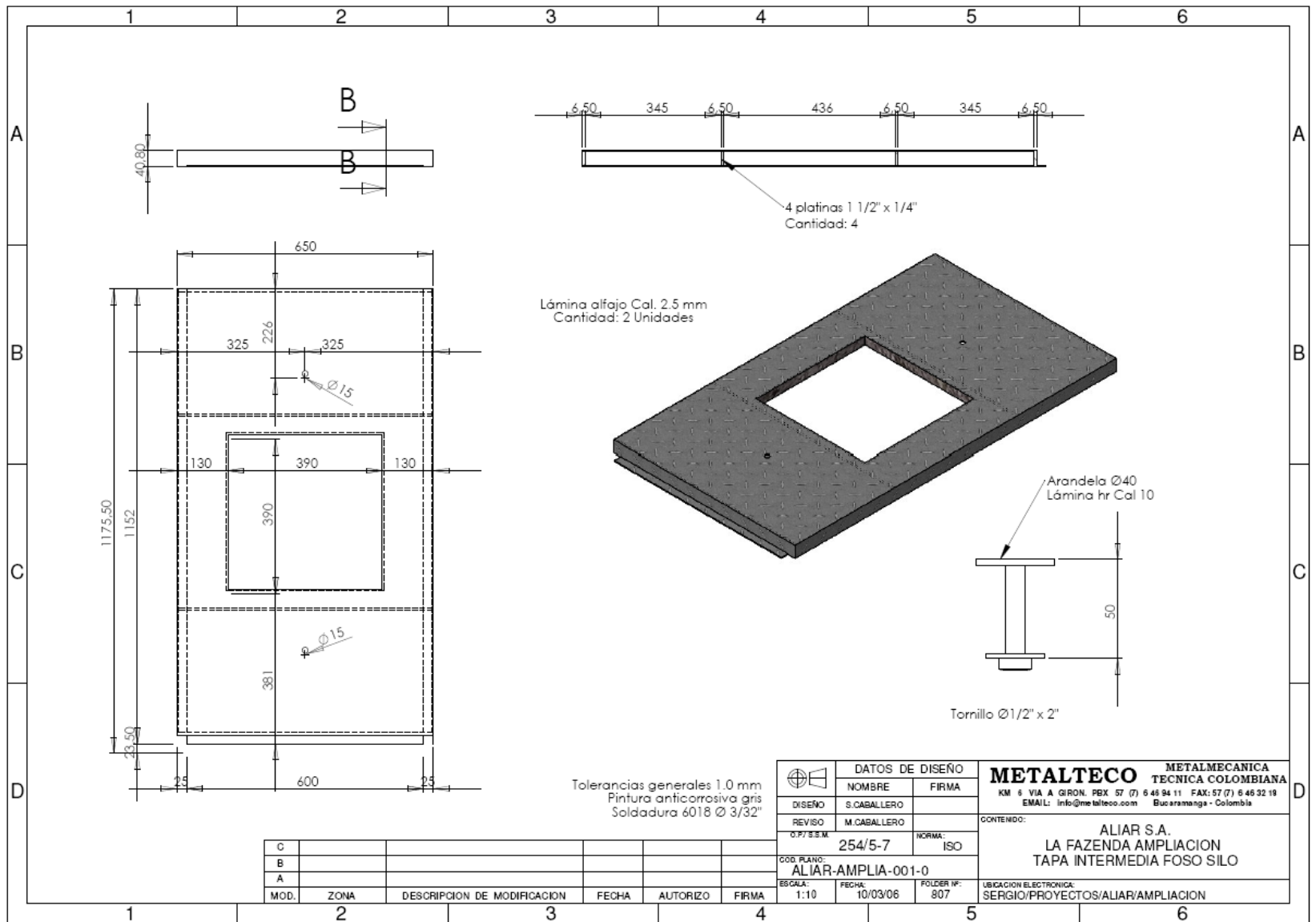


Lámina alfojo Cal. 2.5 mm
Cantidad: 2 Unidades

4 platinas 1 1/2" x 1/4"
Cantidad: 4

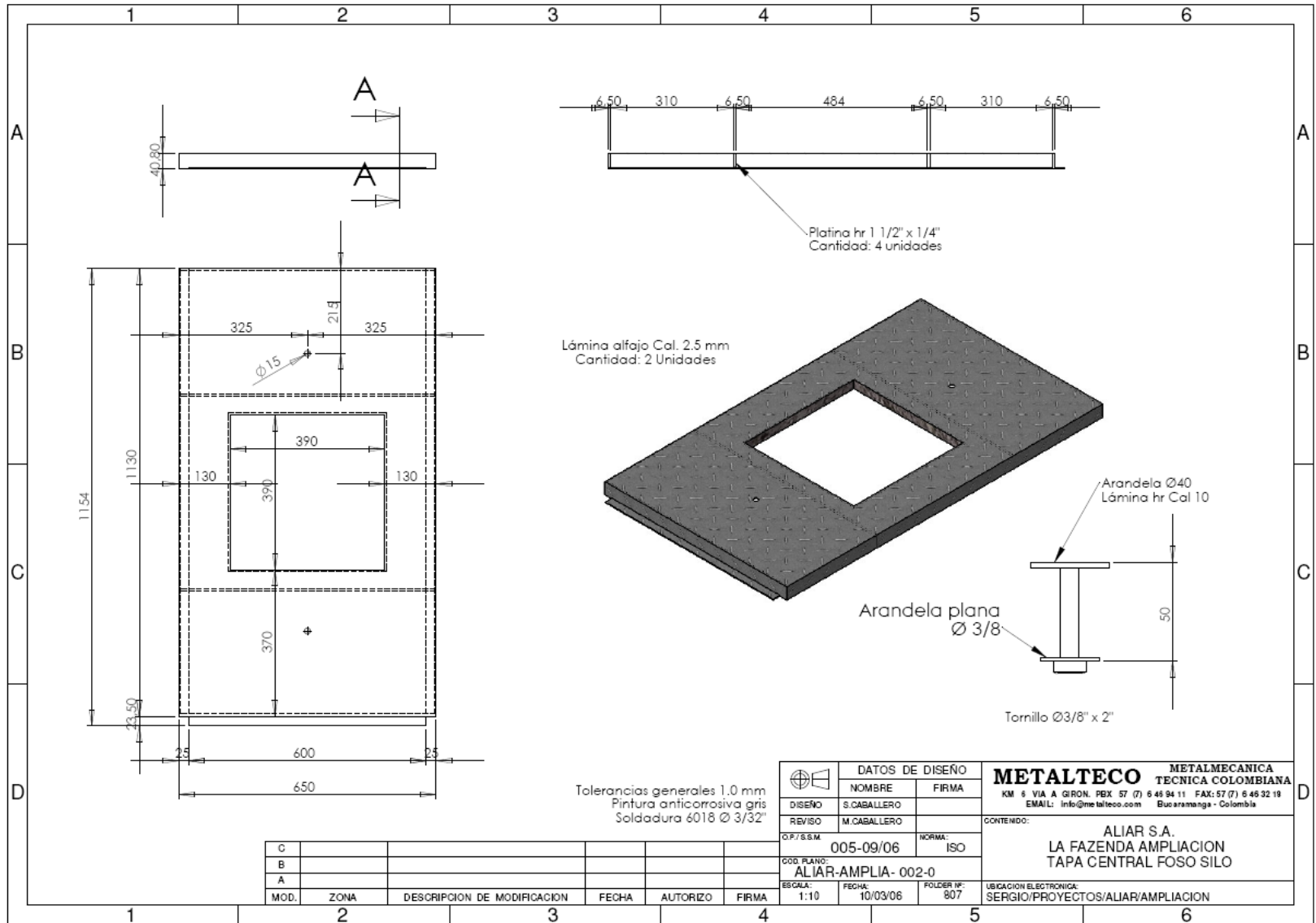
Arandela Ø40
Lámina hr Cal 10

Tornillo Ø1/2" x 2"

Tolerancias generales 1.0 mm
Pintura anticorrosiva gris
Soldadura 6018 Ø 3/32"

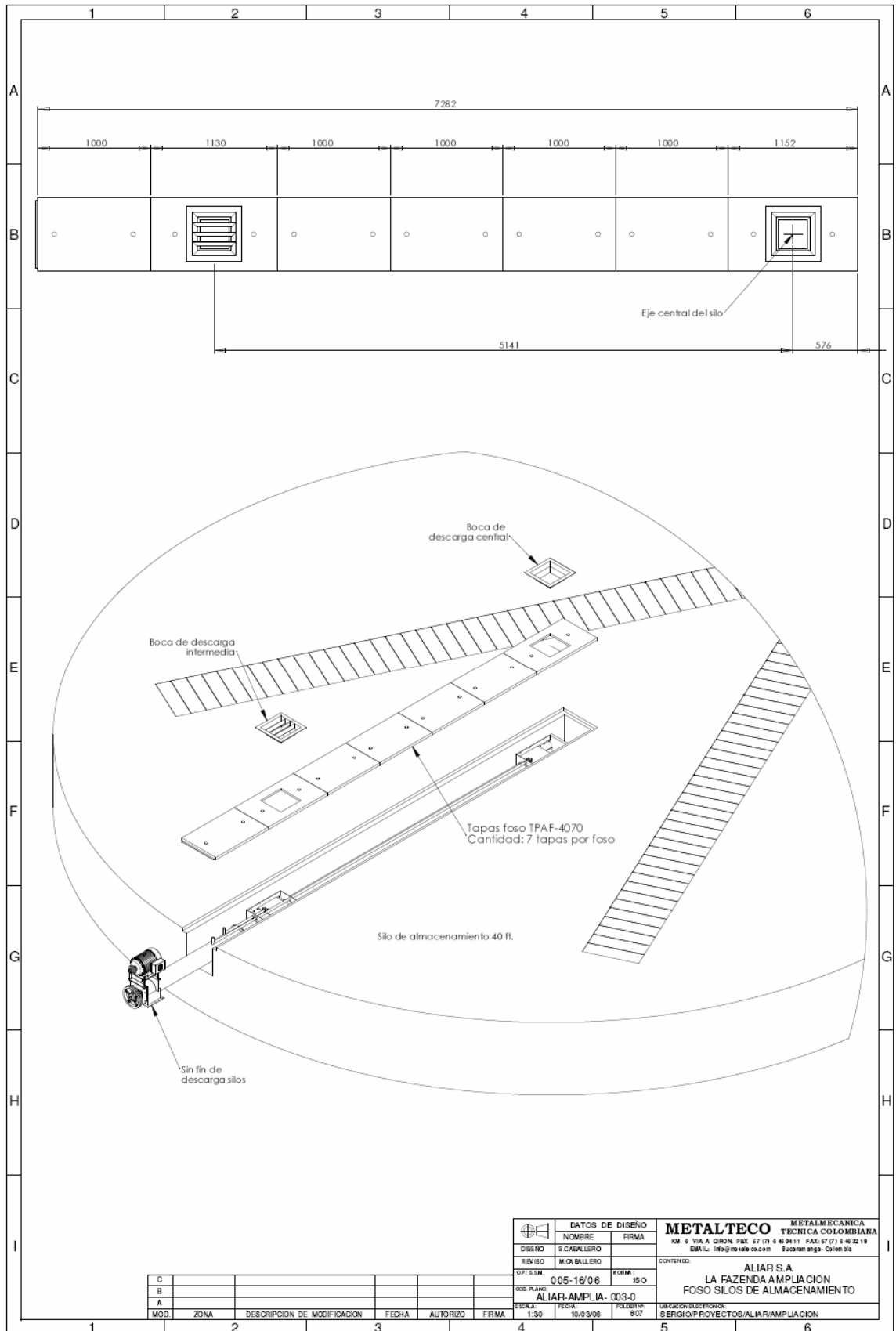
MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

DATOS DE DISEÑO			METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA KM 6 VIA A GIRON. PBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 32 19 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia
NOMBRE	FIRMA		
DISEÑO S.CABALLERO			CONTENIDO: ALIAR S.A. LA FAZENDA AMPLIACION TAPA INTERMEDIA FOSO SILO
REVISO M.CABALLERO		NORMA: ISO	
COD. PLANO: ALIAR-AMPLIA-001-0			UBICACION ELECTRONICA: SERGIO/PROYECTOS/ALIAR/AMPLIACION
ESCALA: 1:10	FECHA: 10/03/06	FOLDER Nº: 807	



MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

DATOS DE DISEÑO		METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA KM 6 VIA A GIRON. PBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 92 19 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia
NOMBRE	FIRMA	
DISEÑO	S.CABALLERO	CONTENIDO: ALIAN S.A. LA FAZENDA AMPLIACION TAPA CENTRAL FOSO SILO
REVISO	M.CABALLERO	
OP/S.S.M	005-09/06	UBICACION ELECTRONICA: SERGIO/PROYECTOS/ALIAN/AMPLIACION
COD. PLANO	ALIAN-AMPLIA- 002-0	
ESCALA:	1:10	FOLDER N°: 807
	FECHA: 10/03/06	



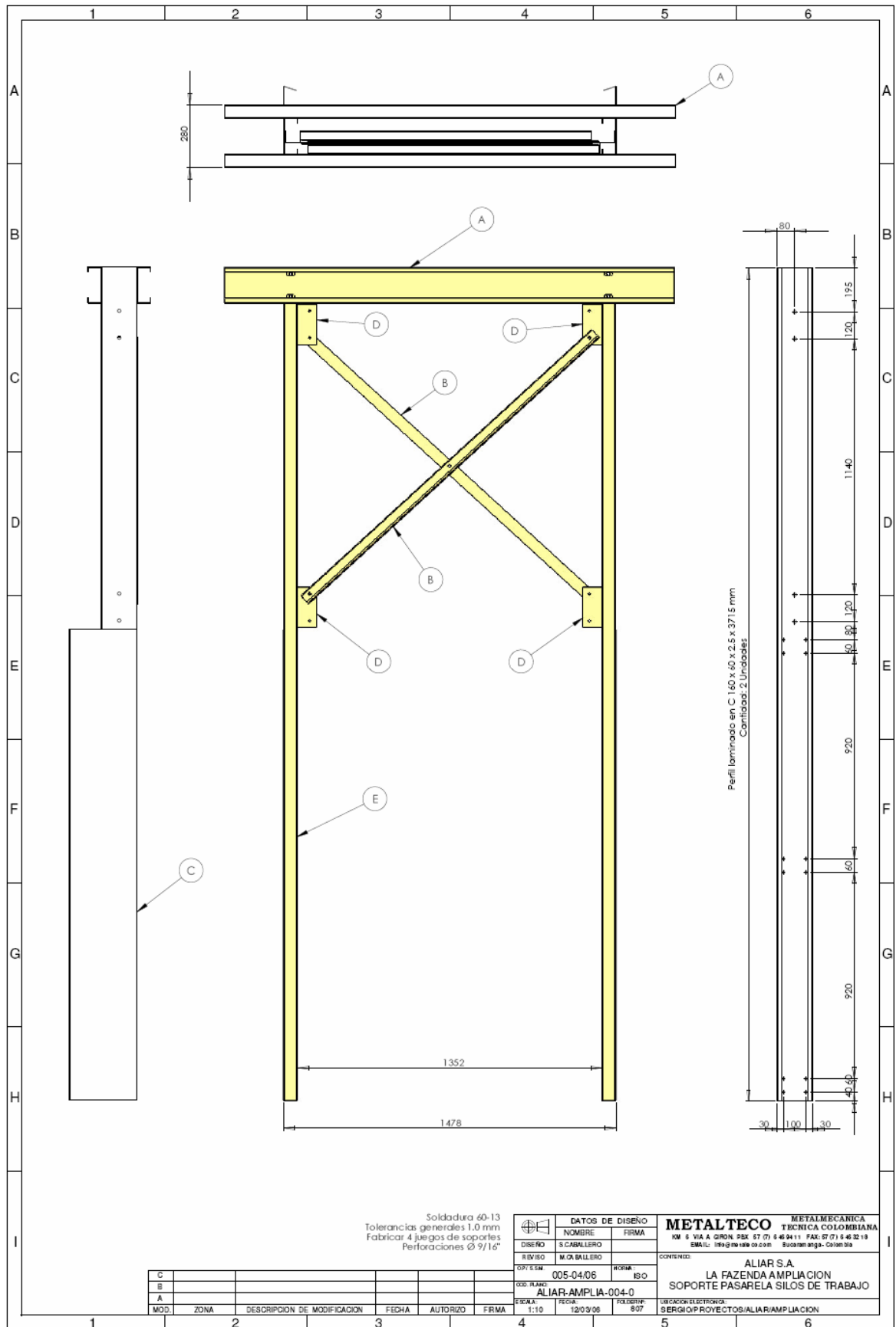
MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FRMA
C					
S					
A					

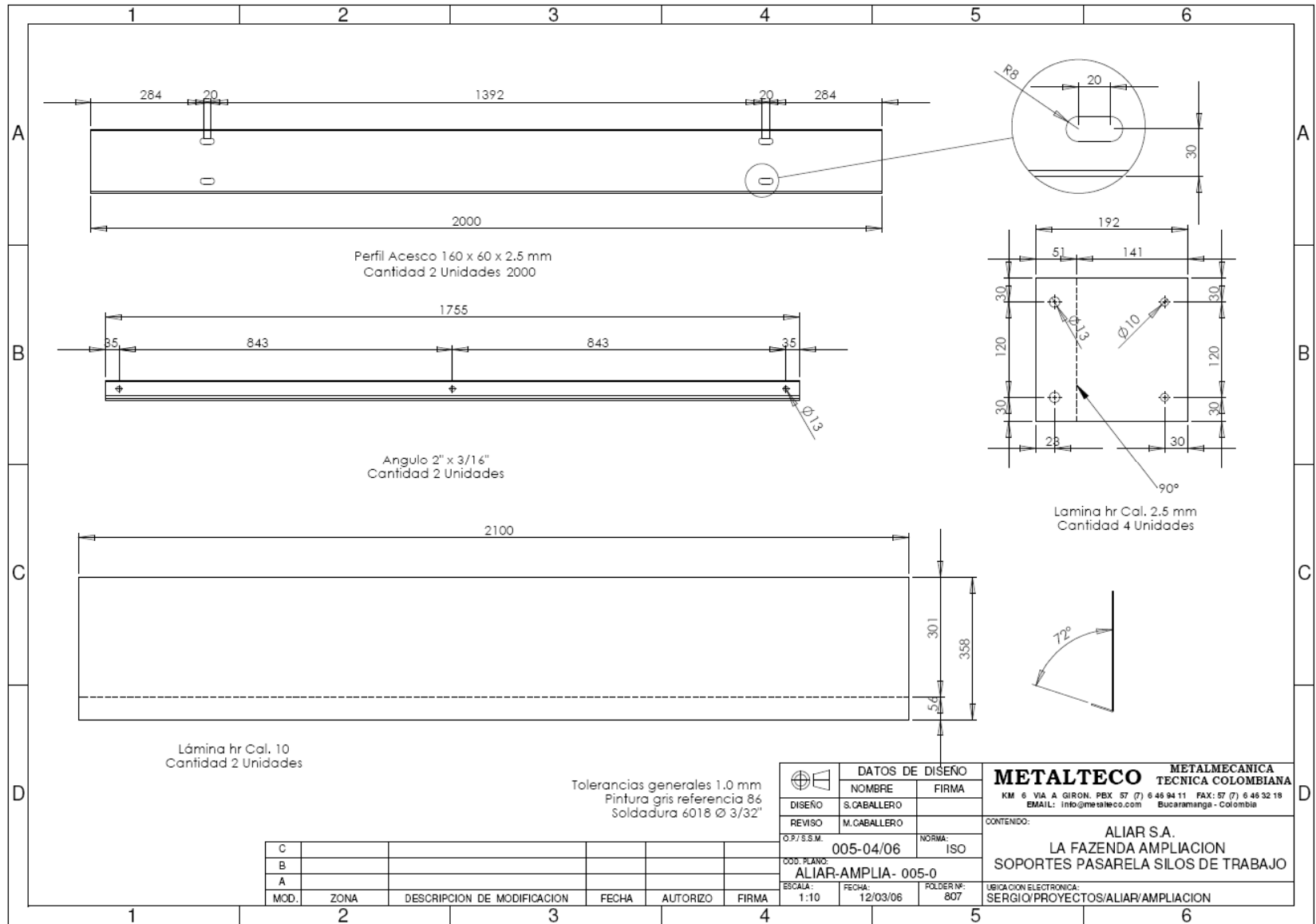
DATOS DE DISEÑO	
NOMBRE	FRMA
DISEÑO S CABALLERO	
REVISO M CABALLERO	
PROY/ESM	FORMA: ISO
NO. RANGO: 005-16/06	
NO. RANGO: ALIAR-AMPLIA-003-0	
ESCALA: 1:30	FECHA: 10/03/06
	PROYECTO: 807

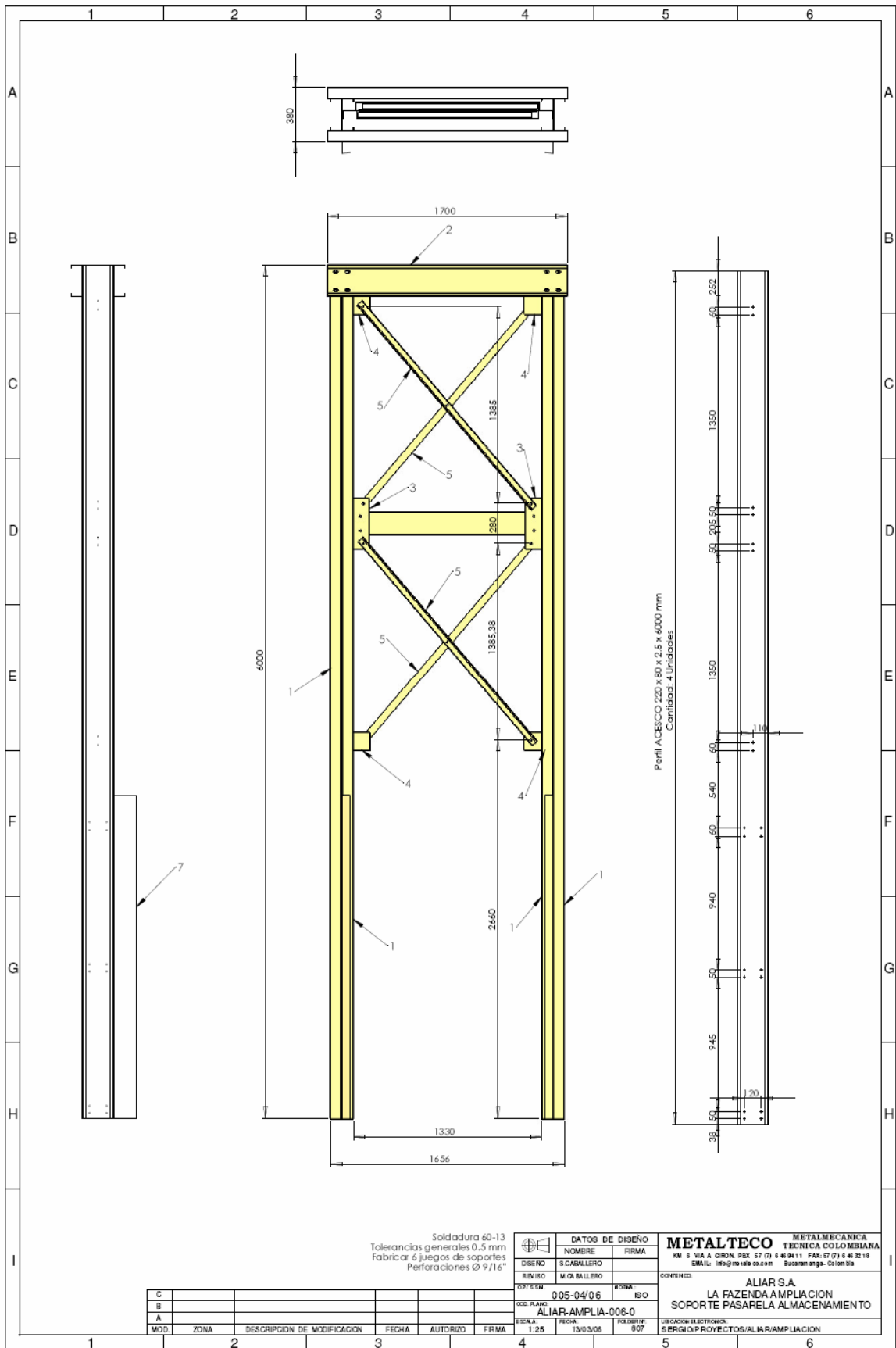
METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA
 KM 5 VIA A GIRÓN P.B. 57 01 46 9411 FAX: 57 01 46 52 18
 EMAIL: info@metalteco.com Site: www.metalteco.com

CONTENIDO:
 ALIAR S.A.
 LA FAZENDA AMPLIACION
 FOSO SILOS DE ALMACENAMIENTO

UBICACION ELECTRONICA:
 SERGIO P. ROYCE / ALIAR AMPLIACION





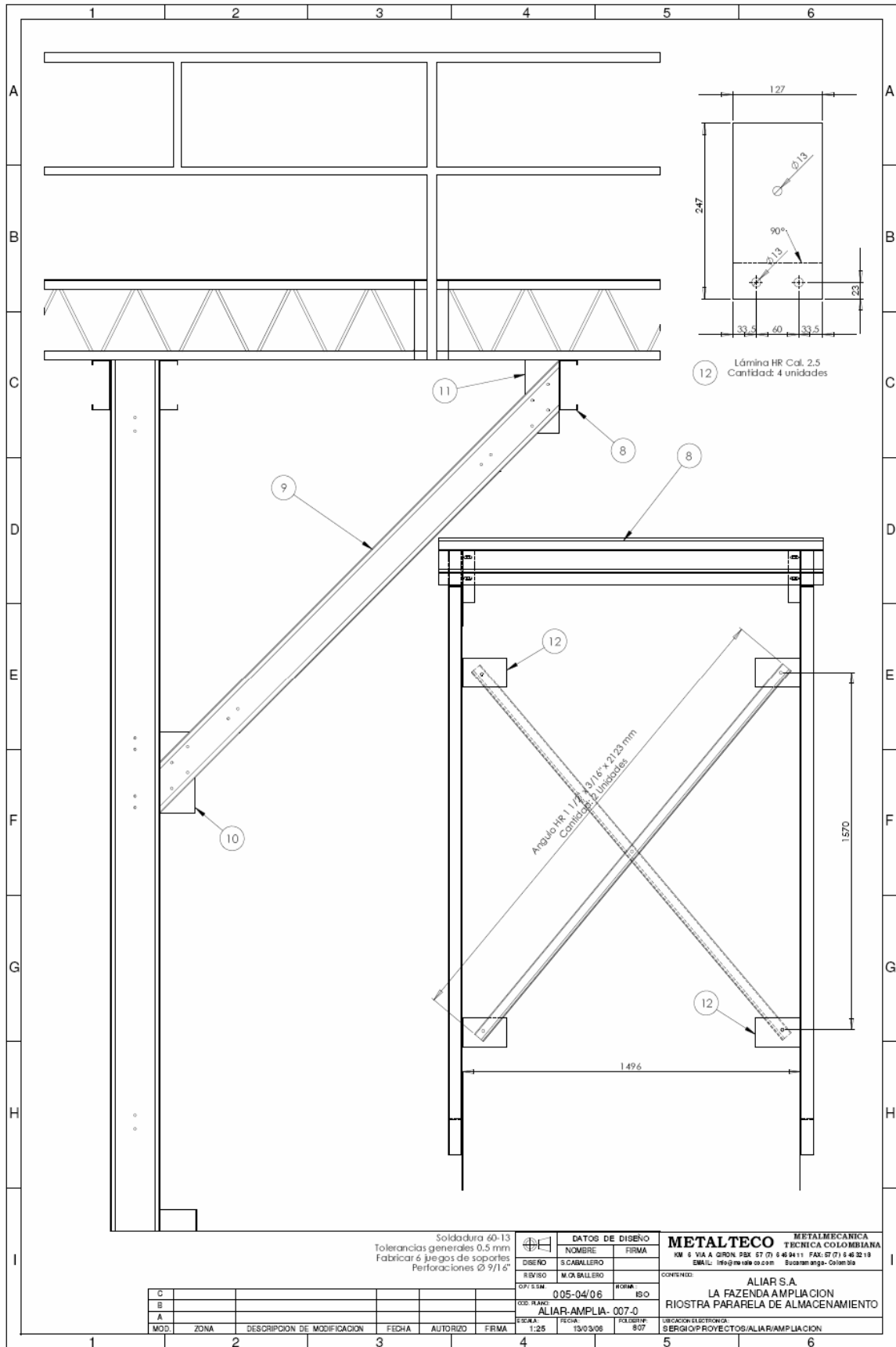


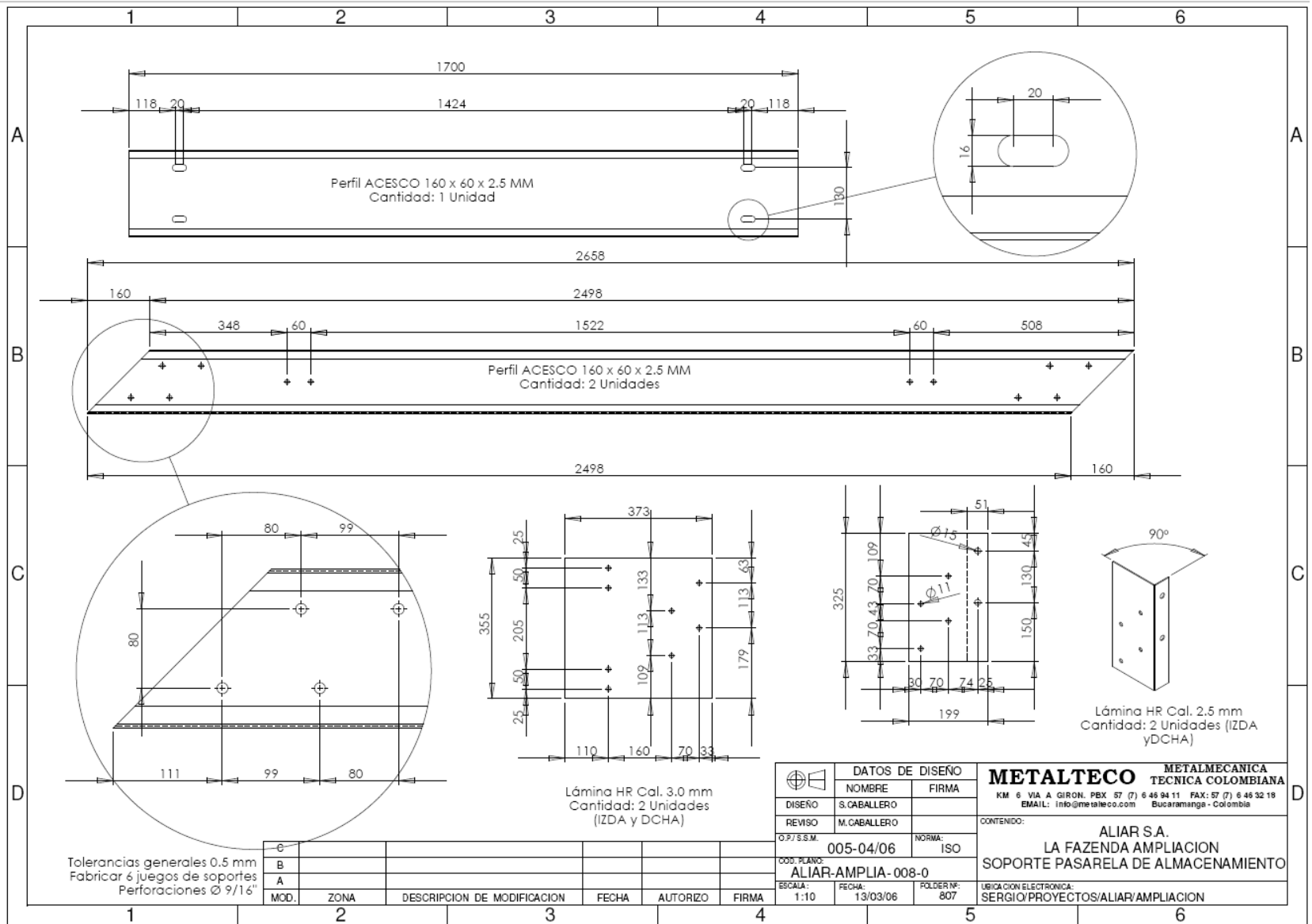
Soldadura 60-13
 Tolerancias generales 0.5 mm
 Fabricar 4 juegos de soportes
 Perforaciones Ø 9/16"

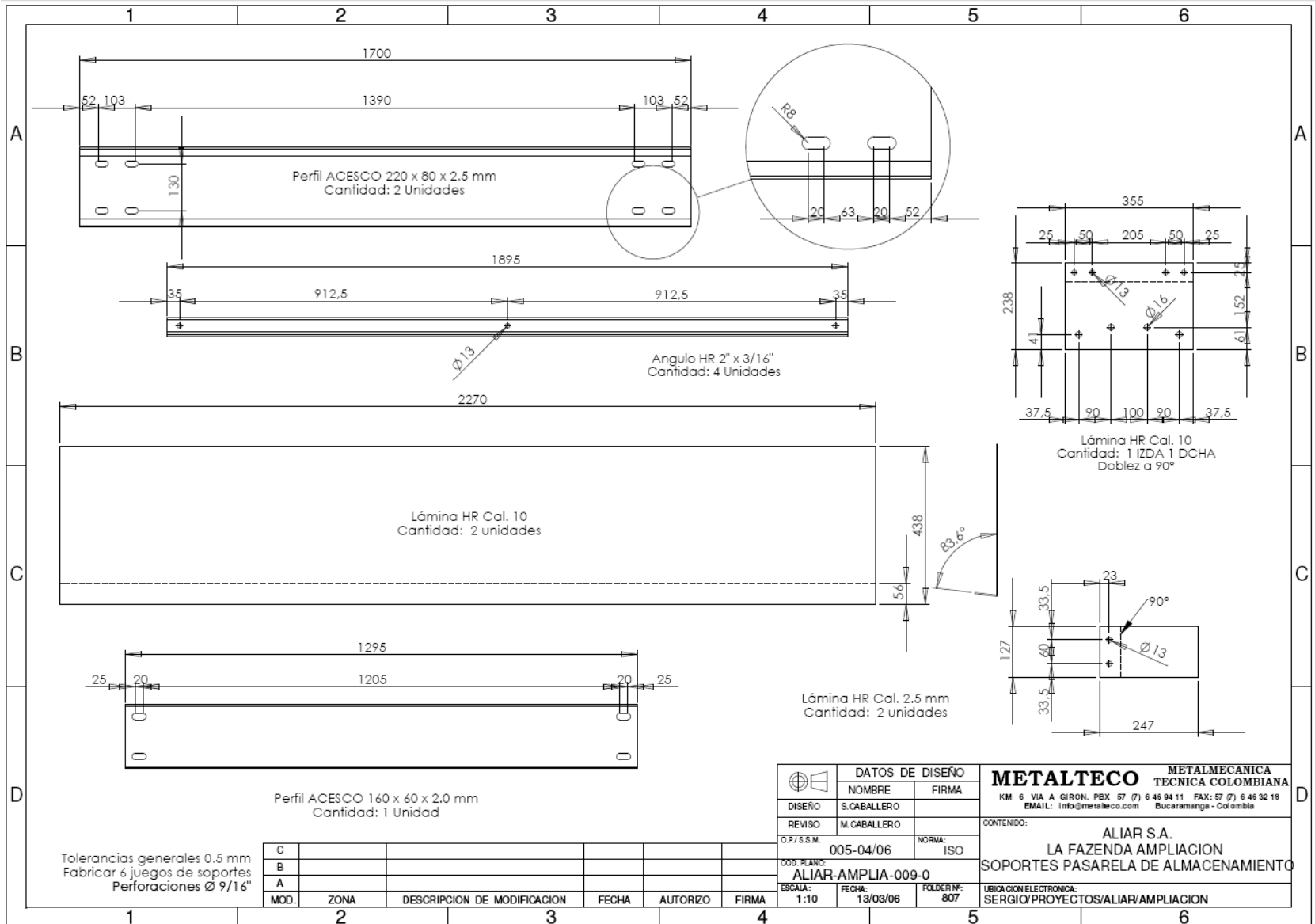
DATOS DE DISEÑO	
NOMBRE	S. CABALLERO
FIRMA	
DISEÑO	S. CABALLERO
REVISO	M. O. BALLEIRO
OP/ESM	005-04/06
BO	
MOD. PLANO	ALJAR-AMPLIA-006-0
ESCALA	1:25
FECHA	13/03/08
FOLIO	807

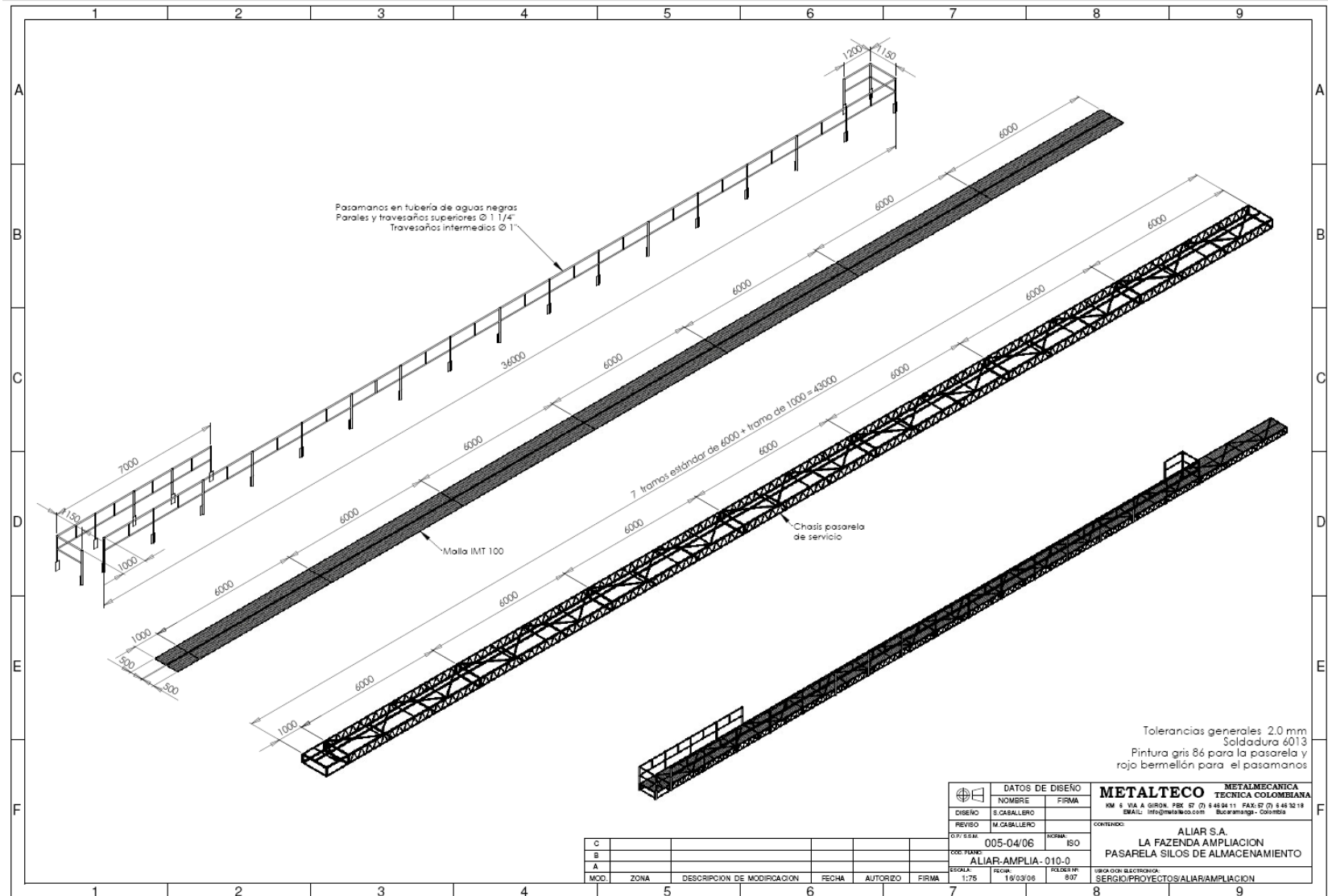
METALTECO	
METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA	
KM. 6 VIA A QROD. PBX: 67 (7) 6 46 04 11 FAX: 67 (7) 6 46 32 18	
EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia	
CONTENIDO:	
ALJAR S.A.	
LA FAZENDA AMPLIACION	
SOPORTE PASARELA ALMACENAMIENTO	
UBICACION ELECTRONICA	
BERGIO/PROYECTOS/ALJAR/AMPLIACION	

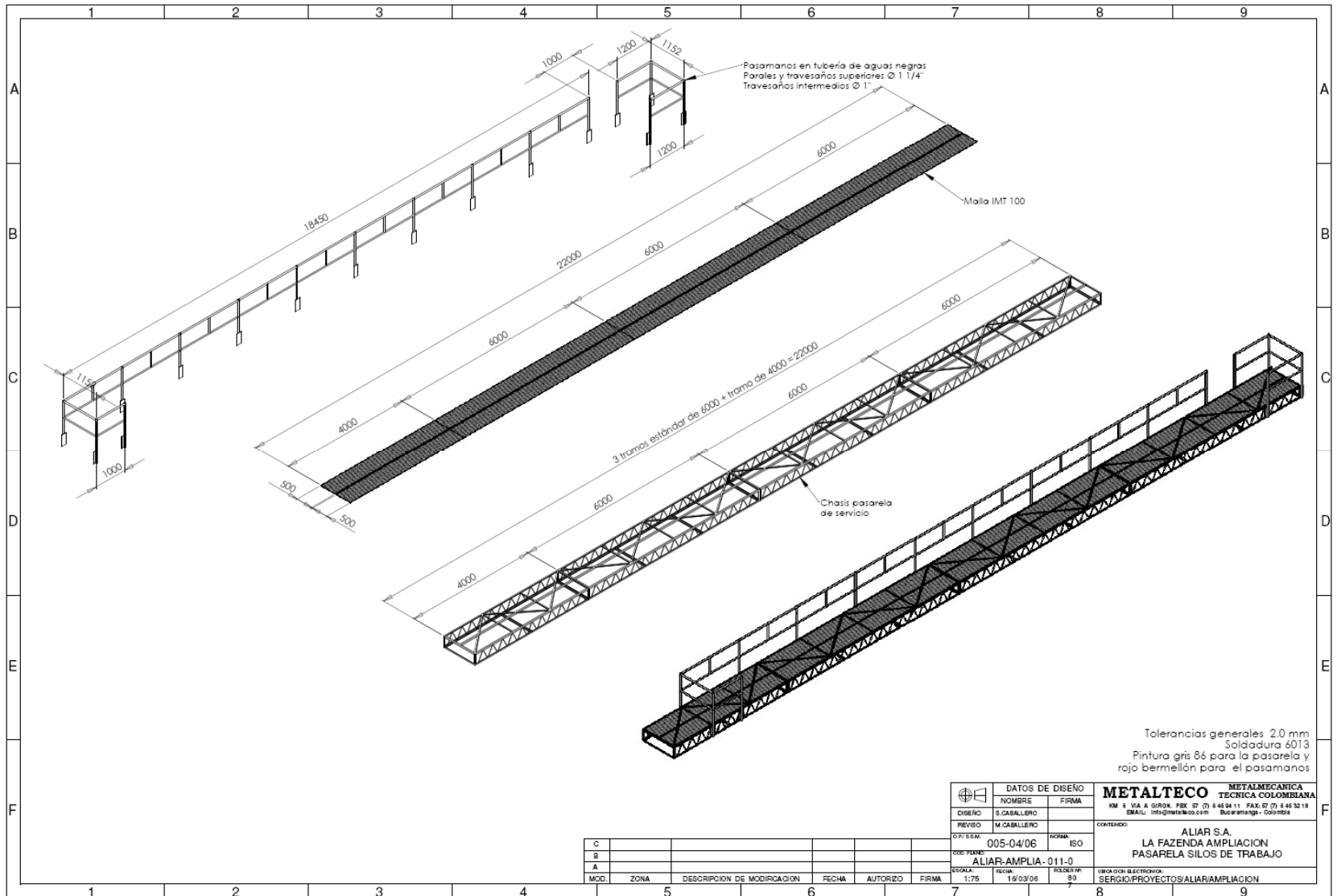
MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

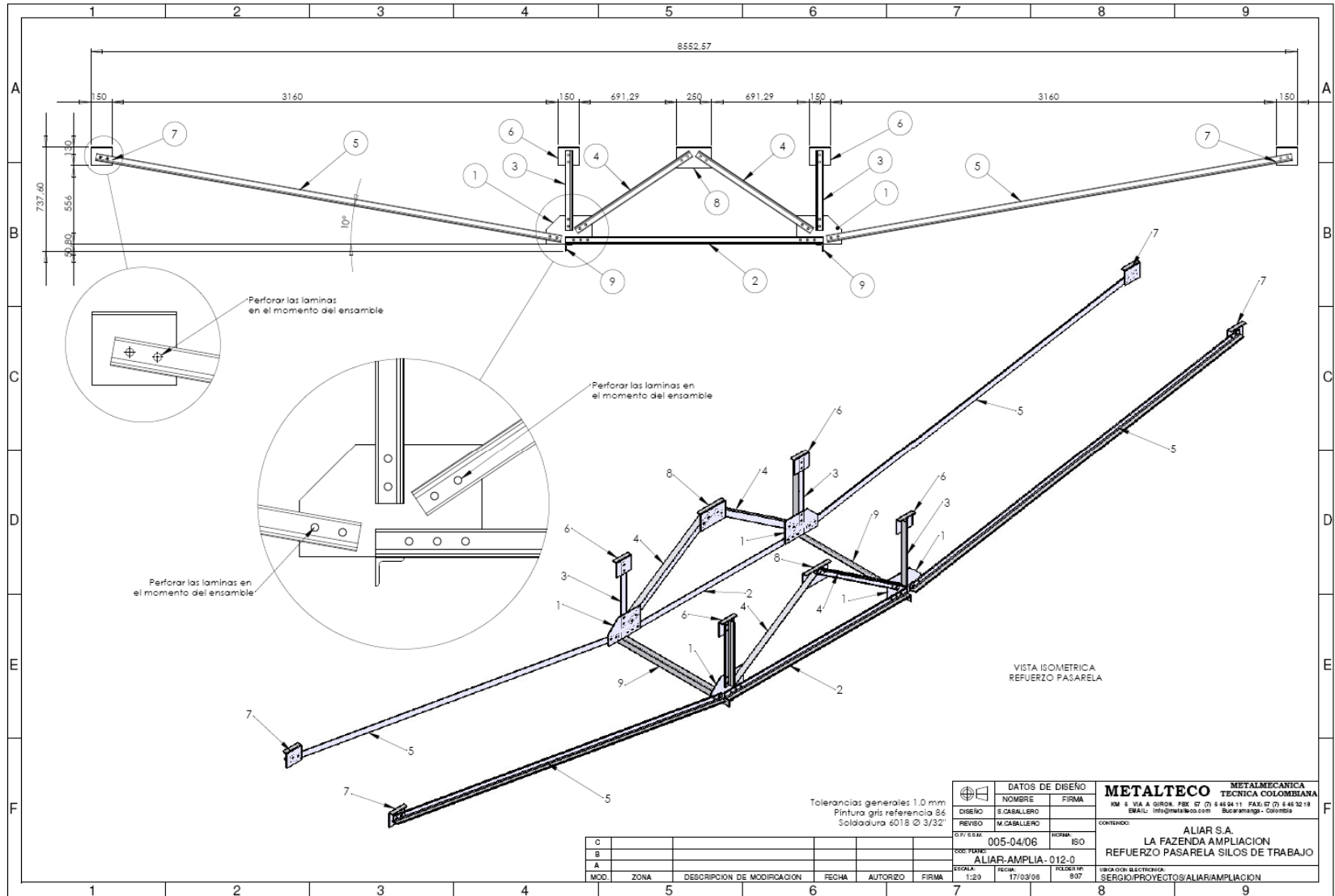










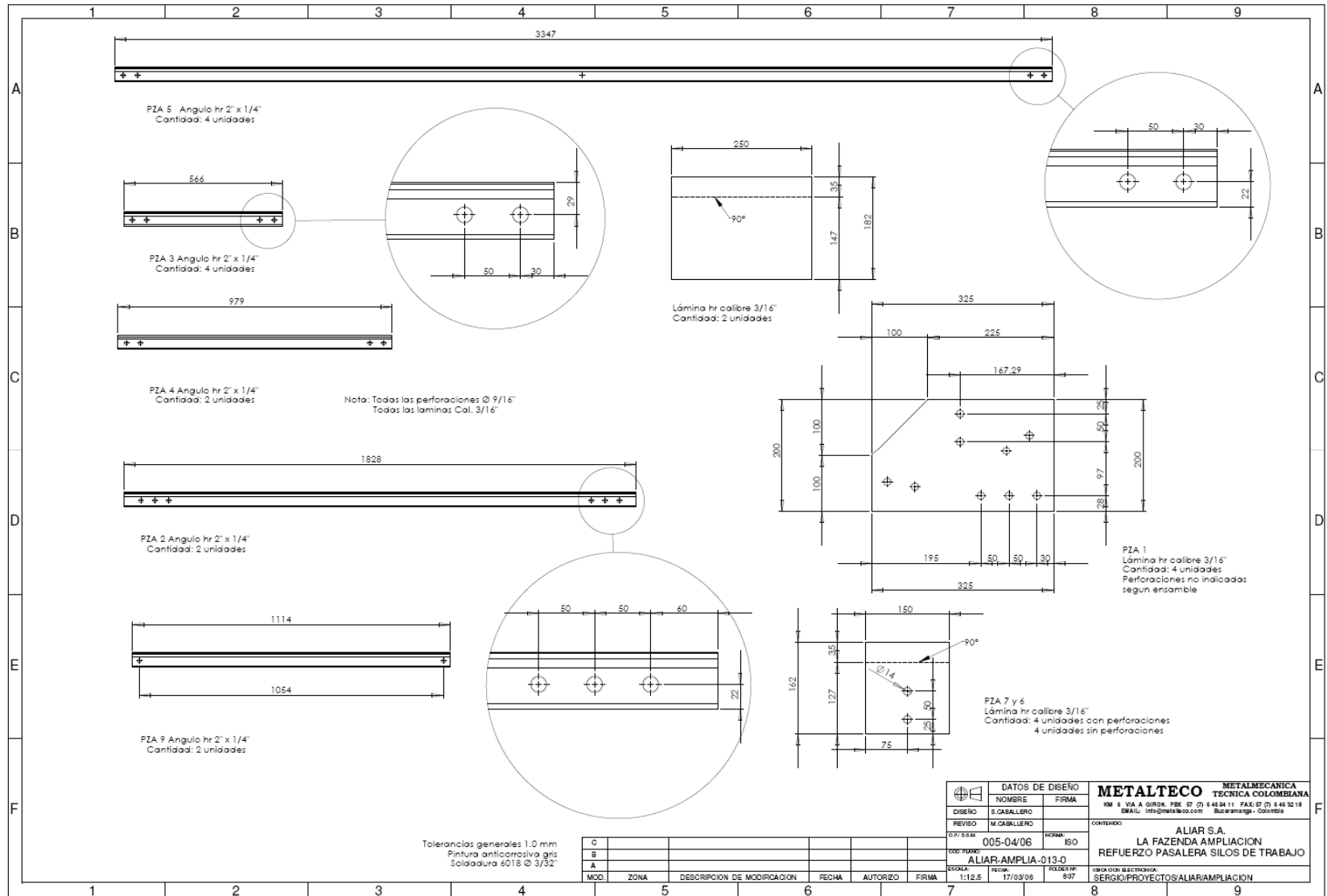


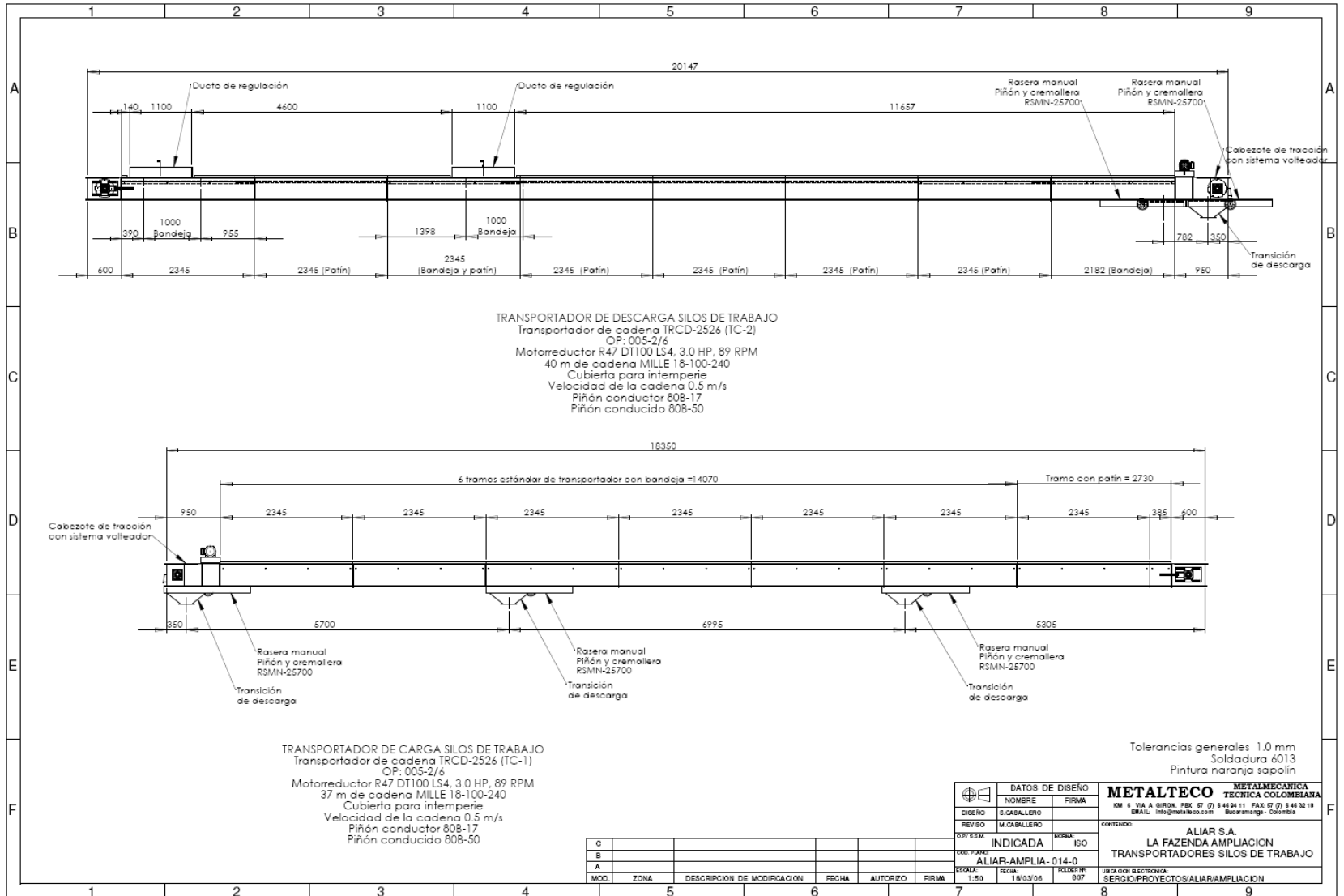
VISTA ISOMETRICA
REFUERZO PASARELA

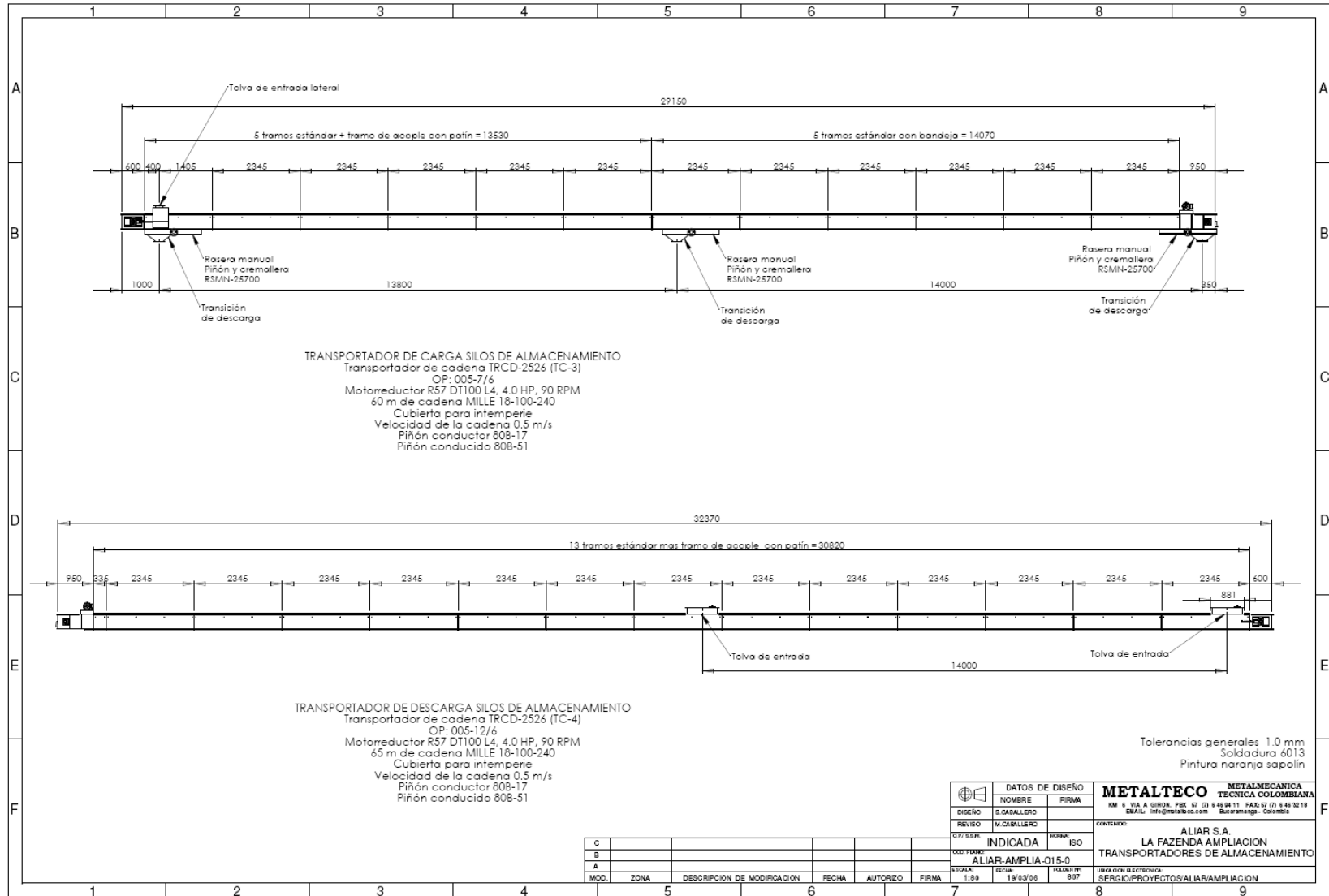
Tolerancias generales 1.0 mm
Pintura gris referencia 86
Soldadura 6018 Q 3/32

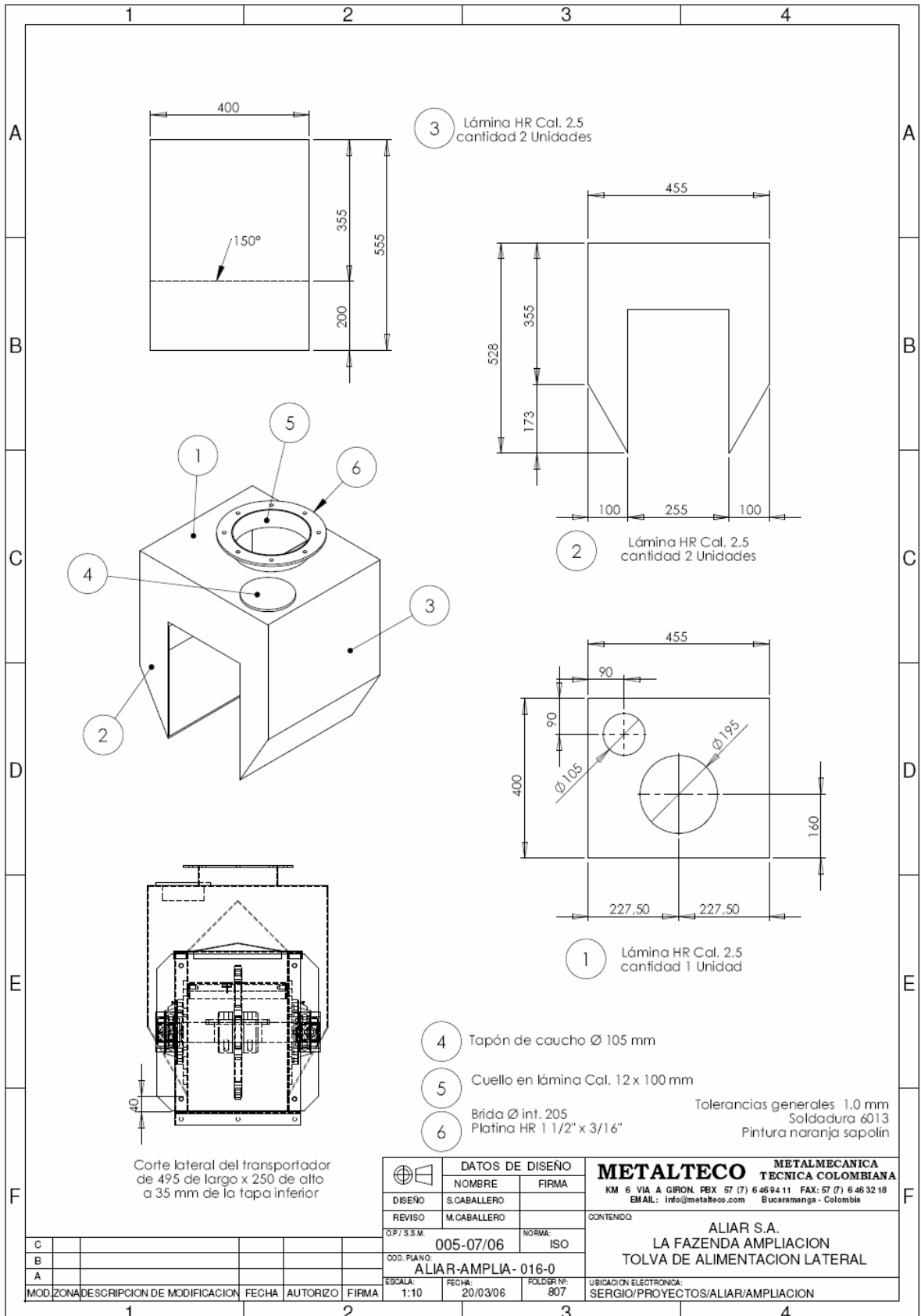
MOD	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

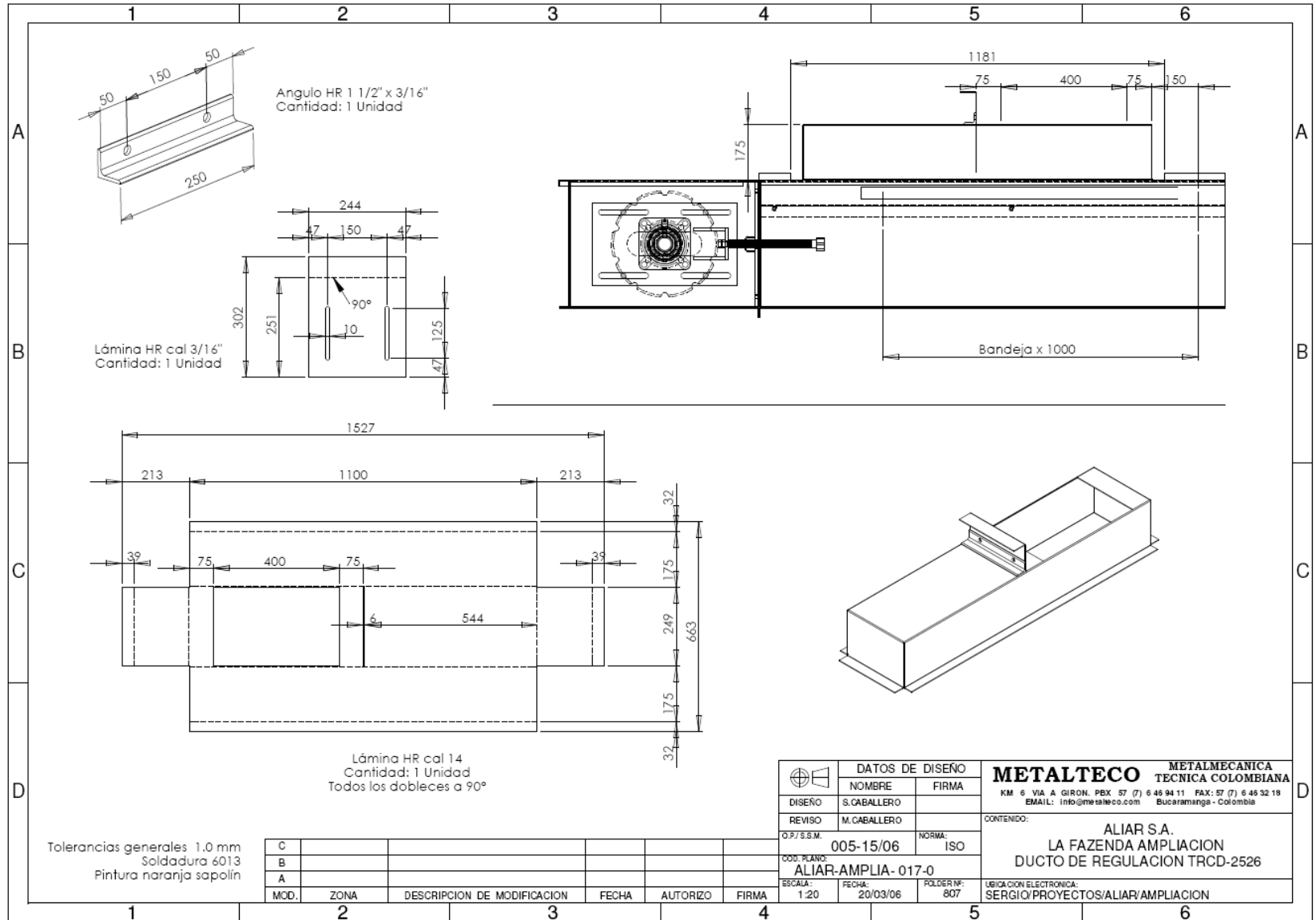
DATOS DE DISEÑO		METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA	
NOMBRE	FIRMA	KM 6 VIA A GIRON, PBX 57 (7) 6 46 24 11 FAX: 57 (7) 6 46 30 19 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia	
DISEÑO: E.CABALLERO		CONTENIDO: ALIAR S.A. LA FAZENDA AMPLIACION REFUERZO PASARELA SILOS DE TRABAJO	
REVISÓ: M.CABALLERO		SERGIO ELECTRONICA SERGIO/PROYECTOS/ALIAR/AMPLIACION	
DTX/ISSA: 005-04/06	FORMA: ISO		
COORDINADO: ALIAR-AMPLIA-012-0			
ESCALA: 1:20	FECHA: 17/03/06	FOLETO Nº: 807	

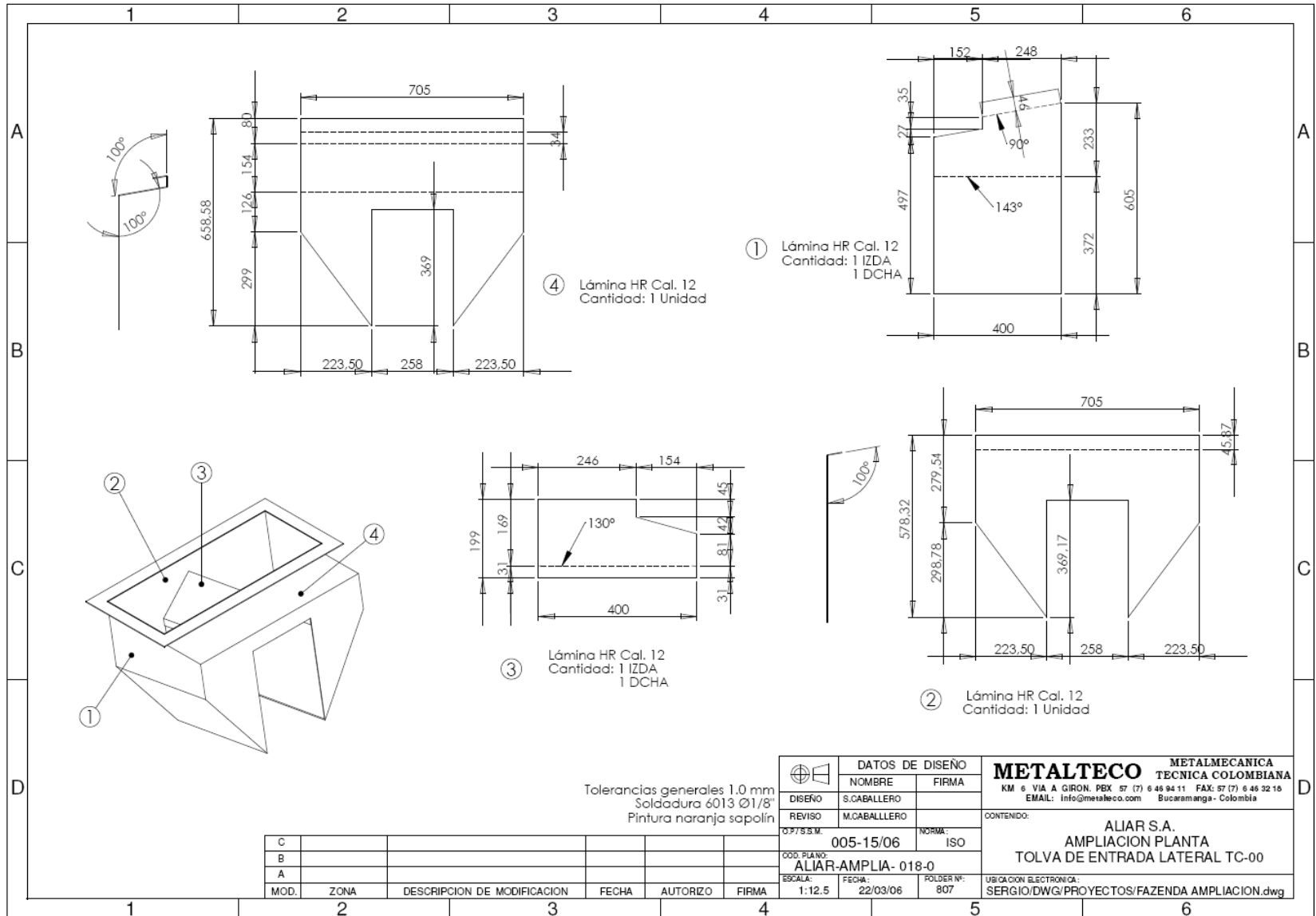






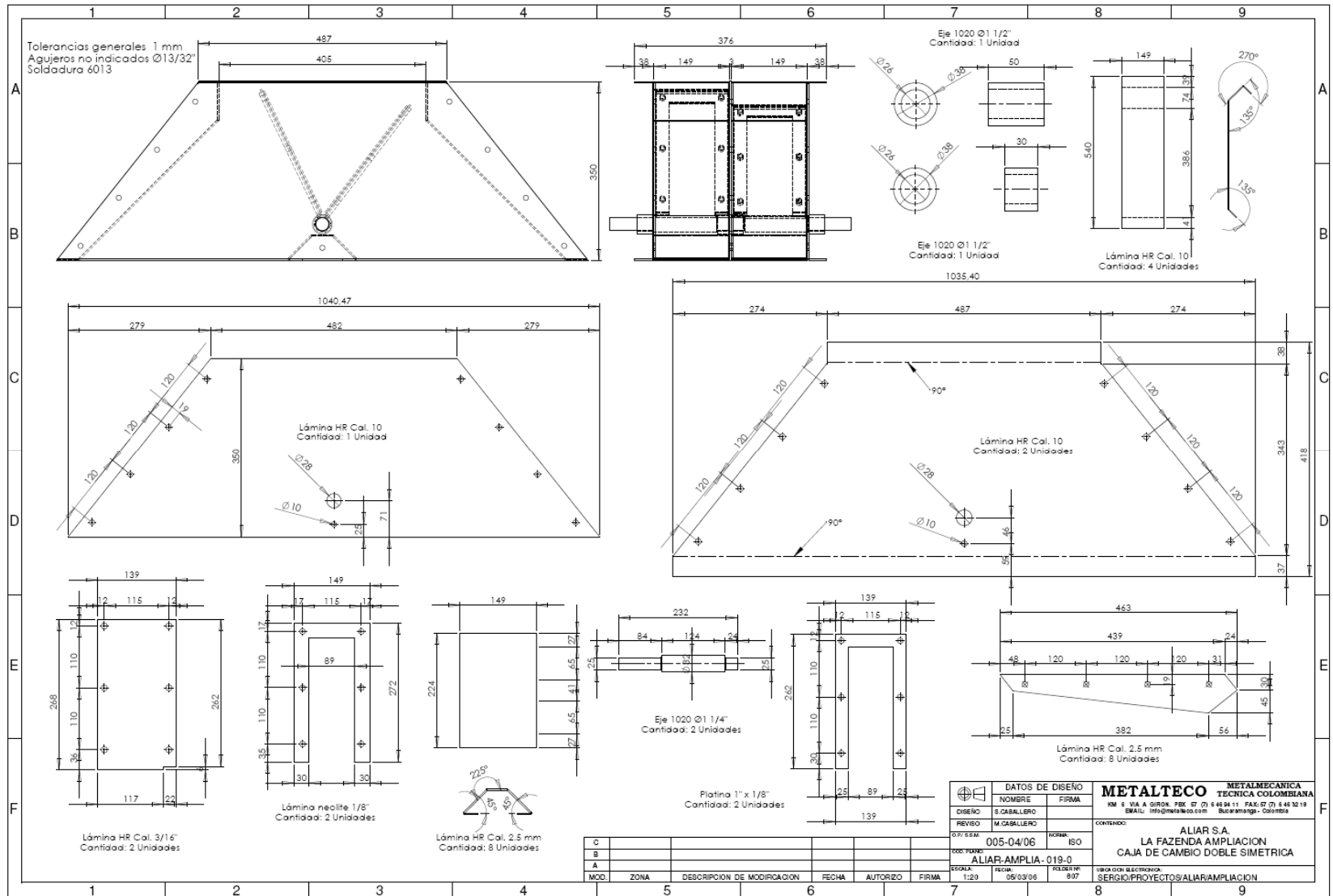


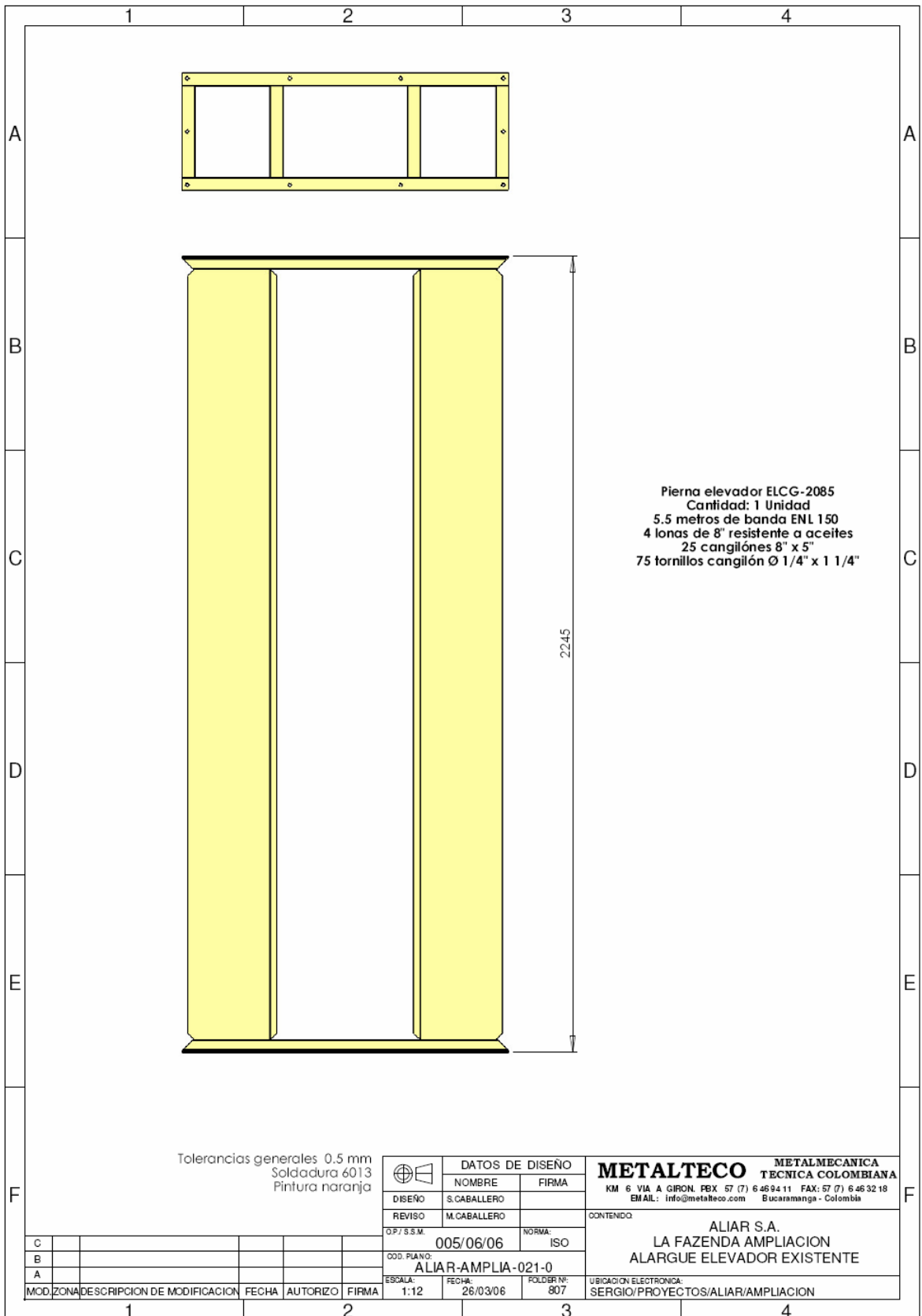




MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

DATOS DE DISEÑO		METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA KM 6 VIA A GIRON, PEX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 32 16 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia
NOMBRE	FIRMA	
DISEÑO S.CABALLERO		CONTENIDO: ALIAN S.A. AMPLIACION PLANTA TOLVA DE ENTRADA LATERAL TC-00
REVISO M.CABALLERO		
OP/S/S/M	NORMA: 005-15/06 ISO	
COD. PLANO: ALIAN-AMPLIA- 018-0	ESCALA: 1:12.5	FECHA: 22/03/06
	FOLDER N°: 807	USUACION ELECTRONICA: SERGIO/DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg



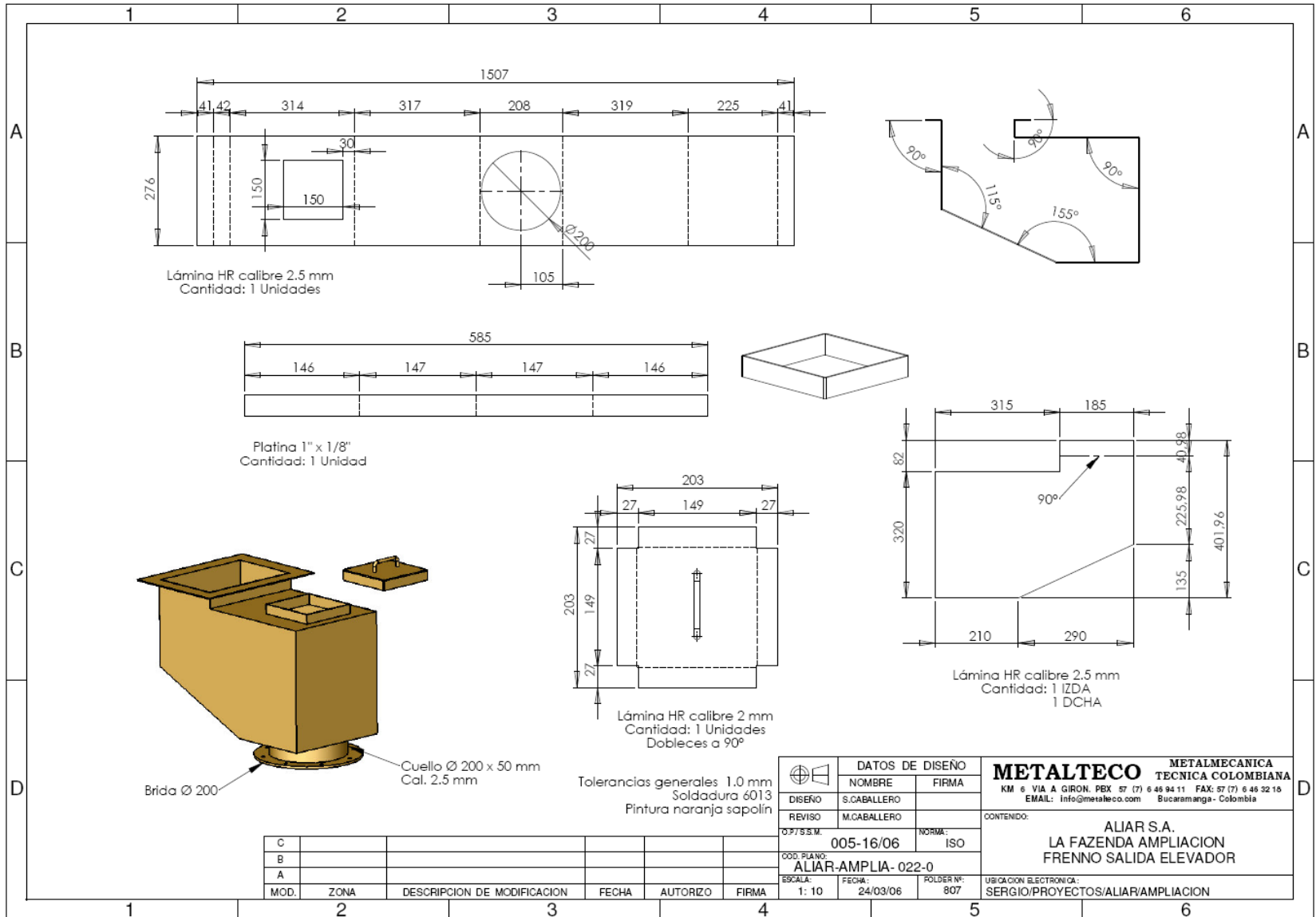


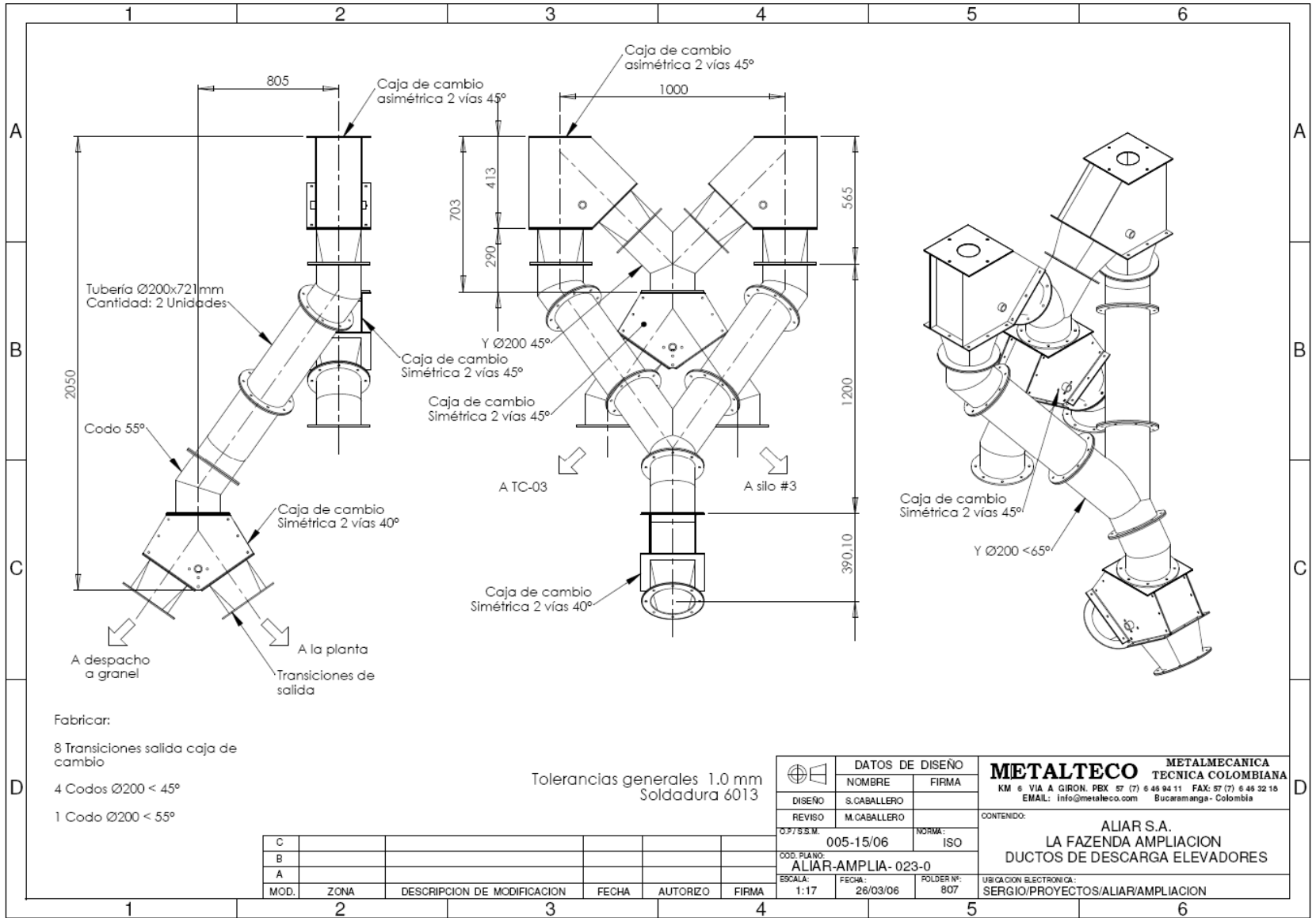
Pierna elevador ELCG-2085
 Cantidad: 1 Unidad
 5.5 metros de banda ENL 150
 4 lonas de 8" resistente a aceites
 25 cangilones 8" x 5"
 75 tornillos cangilón Ø 1/4" x 1 1/4"

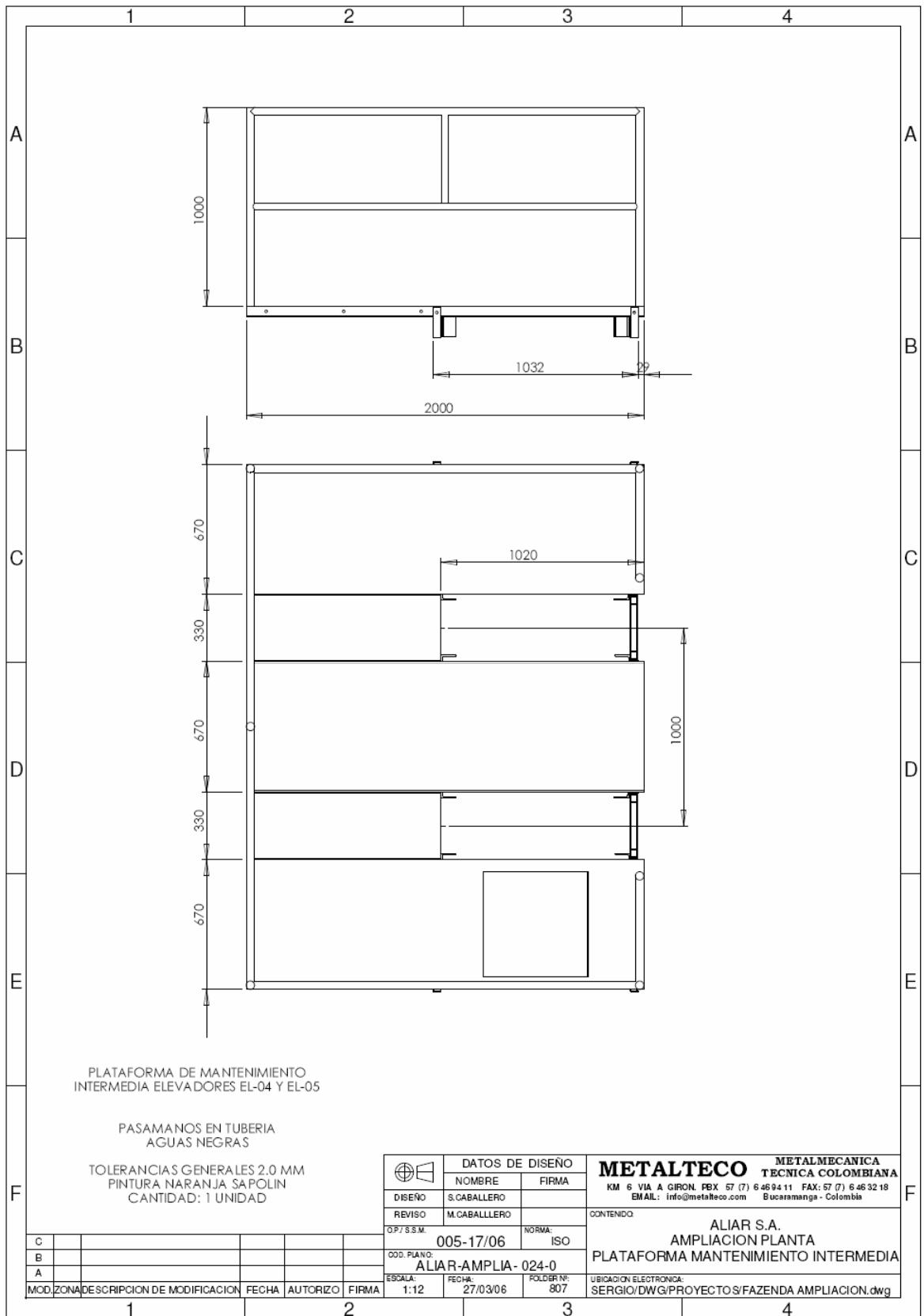
2245

Tolerancias generales 0.5 mm
 Soldadura 6013
 Pintura naranja

		DATOS DE DISEÑO		METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA KM 6 VIA A GIRON, PBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 32 18 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia					
		NOMBRE	FIRMA						
DISEÑO	S.CABALLERO			CONTENIDO: ALIAR S.A. LA FAZENDA AMPLIACION ALARGUE ELEVADOR EXISTENTE					
REVISO	M.CABALLERO								
OP./S.S.M.	005/06/06	NORMA:	ISO						
MOD. ZONA		DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA	ESCALA:	FECHA:	FOLIO Nº:	UBICACION ELECTRONICA:
						1:12	26/03/06	807	SERGIO/PROYECTOS/ALIAR/AMPLIACION







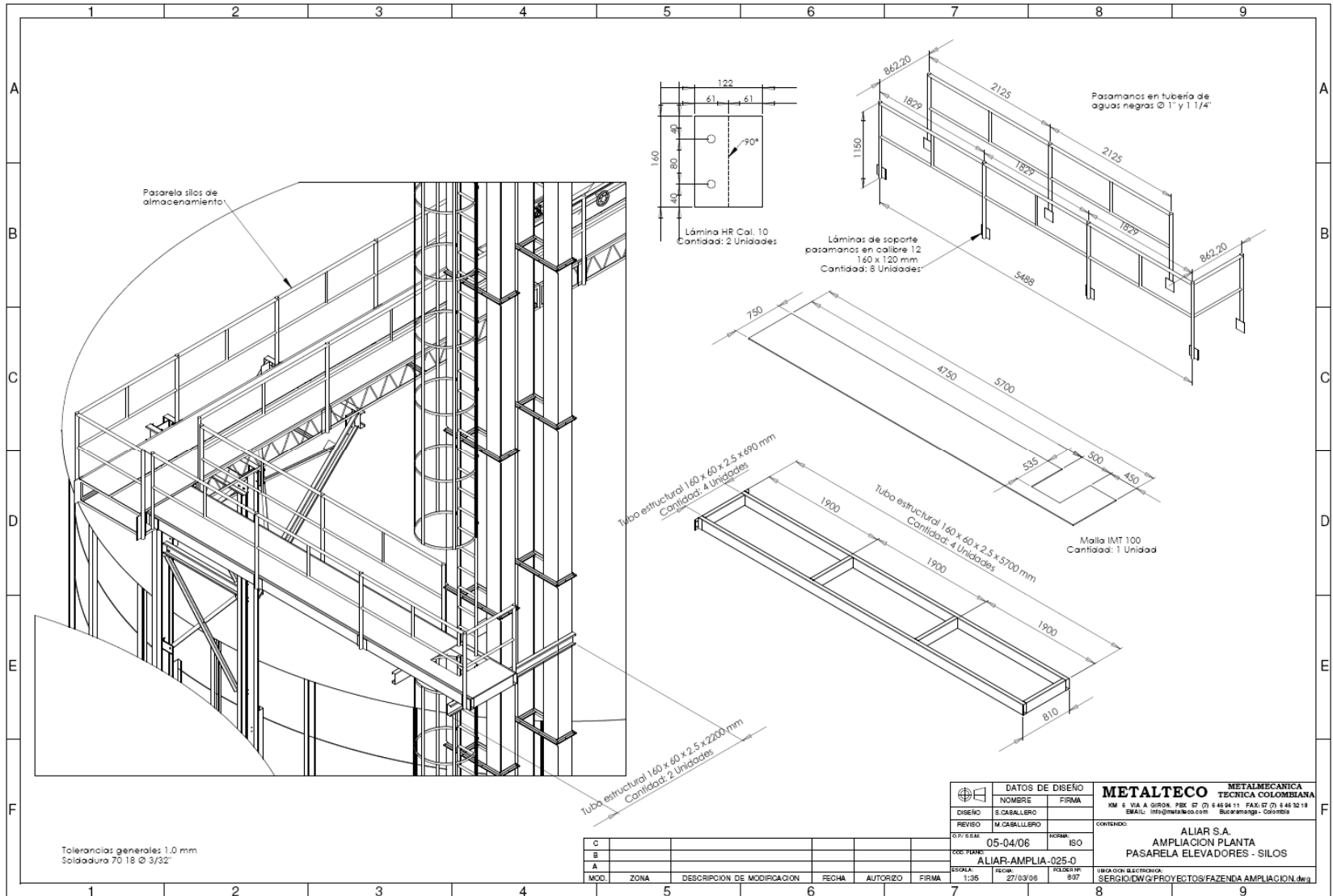
PLATAFORMA DE MANTENIMIENTO
INTERMEDIA ELEVADORES EL-04 Y EL-05

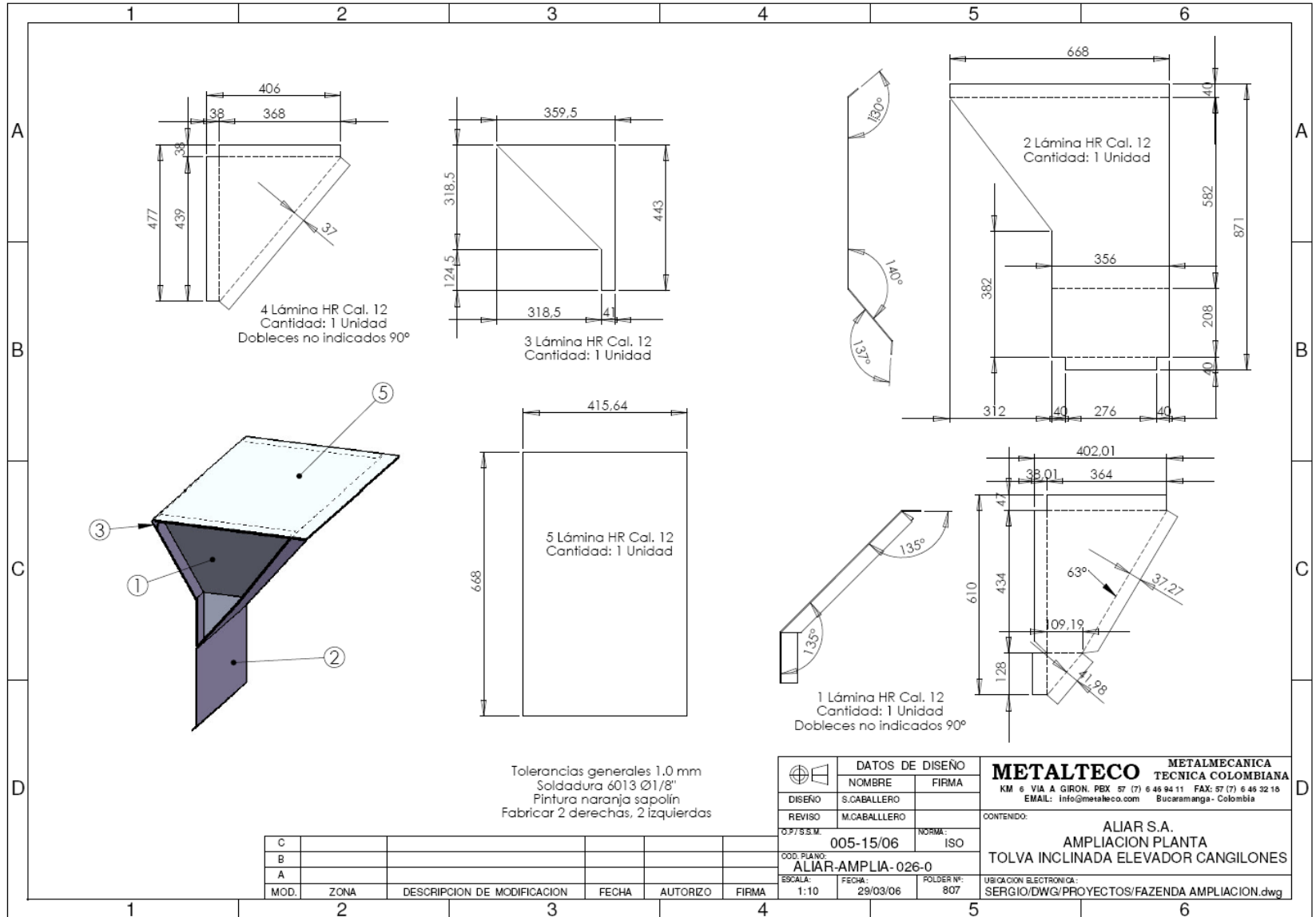
PASAMANOS EN TUBERIA
AGUAS NEGRAS

TOLERANCIAS GENERALES 2.0 MM
PINTURA NARANJA SAPOLIN
CANTIDAD: 1 UNIDAD

	DATOS DE DISEÑO		METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA KM 6 VIA A GIRON. PBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 32 18 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia
	NOMBRE	FIRMA	
DISEÑO	S.CABALLERO		CONTENIDO
REVISO	M.CABALLERO		
DP/7 S.S.M.	005-17/06	NORMA: ISO	ALIAR S.A. AMPLIACION PLANTA PLATAFORMA MANTENIMIENTO INTERMEDIA
ODD. PLANO:	ALIAR-AMPLIA-024-0		
ESCALA:	1:12	FECHA: 27/03/06	UBICACION ELECTRONICA: SERGIO/DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg
		FOLDER N°: 807	

C					
B					
A					
MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA





4 Lámina HR Cal. 12
Cantidad: 1 Unidad
Dobleses no indicados 90°

3 Lámina HR Cal. 12
Cantidad: 1 Unidad

2 Lámina HR Cal. 12
Cantidad: 1 Unidad

5 Lámina HR Cal. 12
Cantidad: 1 Unidad

1 Lámina HR Cal. 12
Cantidad: 1 Unidad
Dobleses no indicados 90°

Tolerancias generales 1.0 mm
Soldadura 6013 Ø1/8"
Pintura naranja sapolin
Fabricar 2 derechas, 2 izquierdas

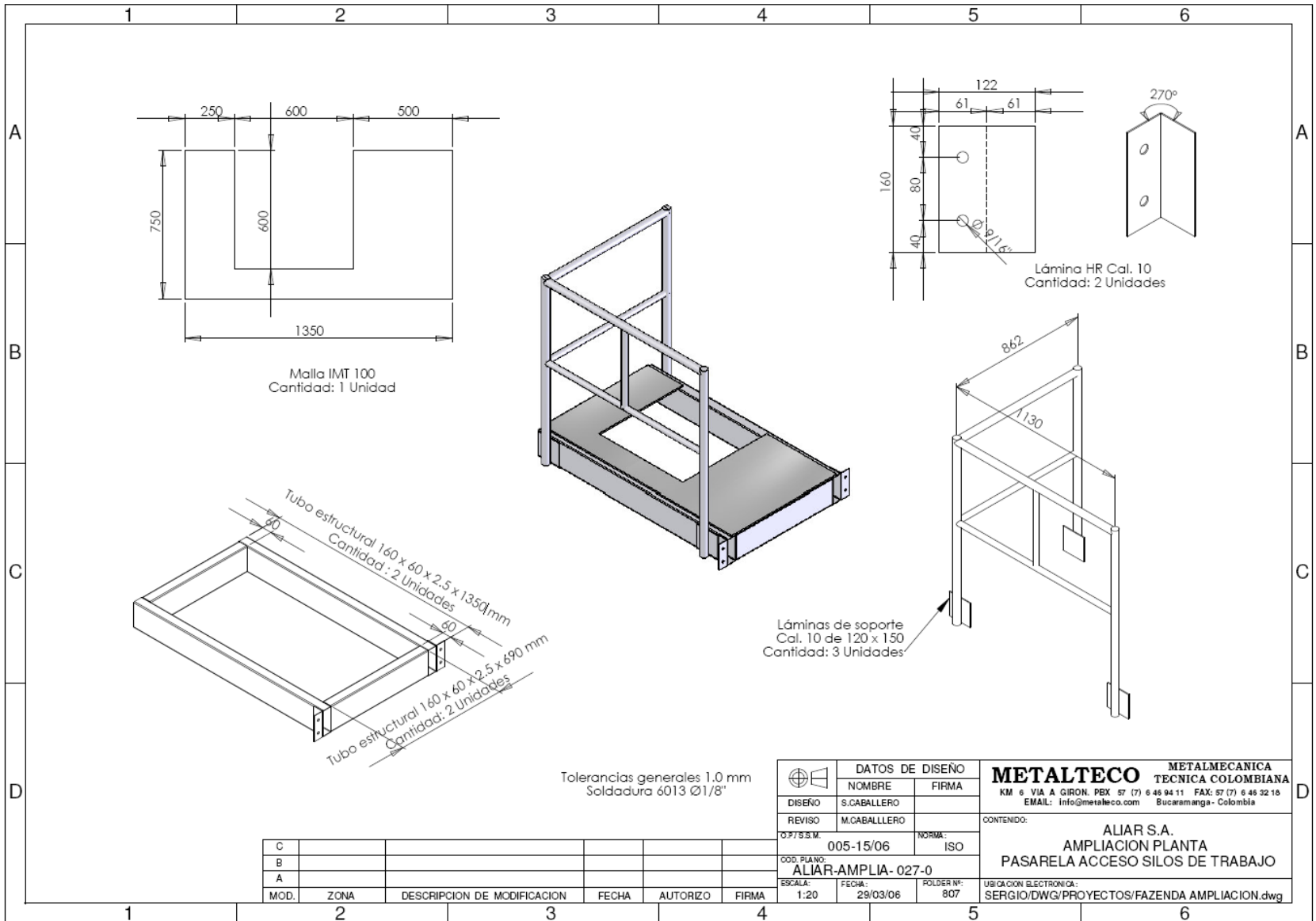
	DATOS DE DISEÑO	
	NOMBRE	FIRMA
DISEÑO	S.CABALLERO	
REVISO	M.CABALLERO	
OP/S/S/M	005-15/06	NORMA: ISO
COD. PLANO:	ALIA-AMPLIA-026-0	
ESCALA:	FECHA:	FOLDER Nº:
1:10	29/03/06	807

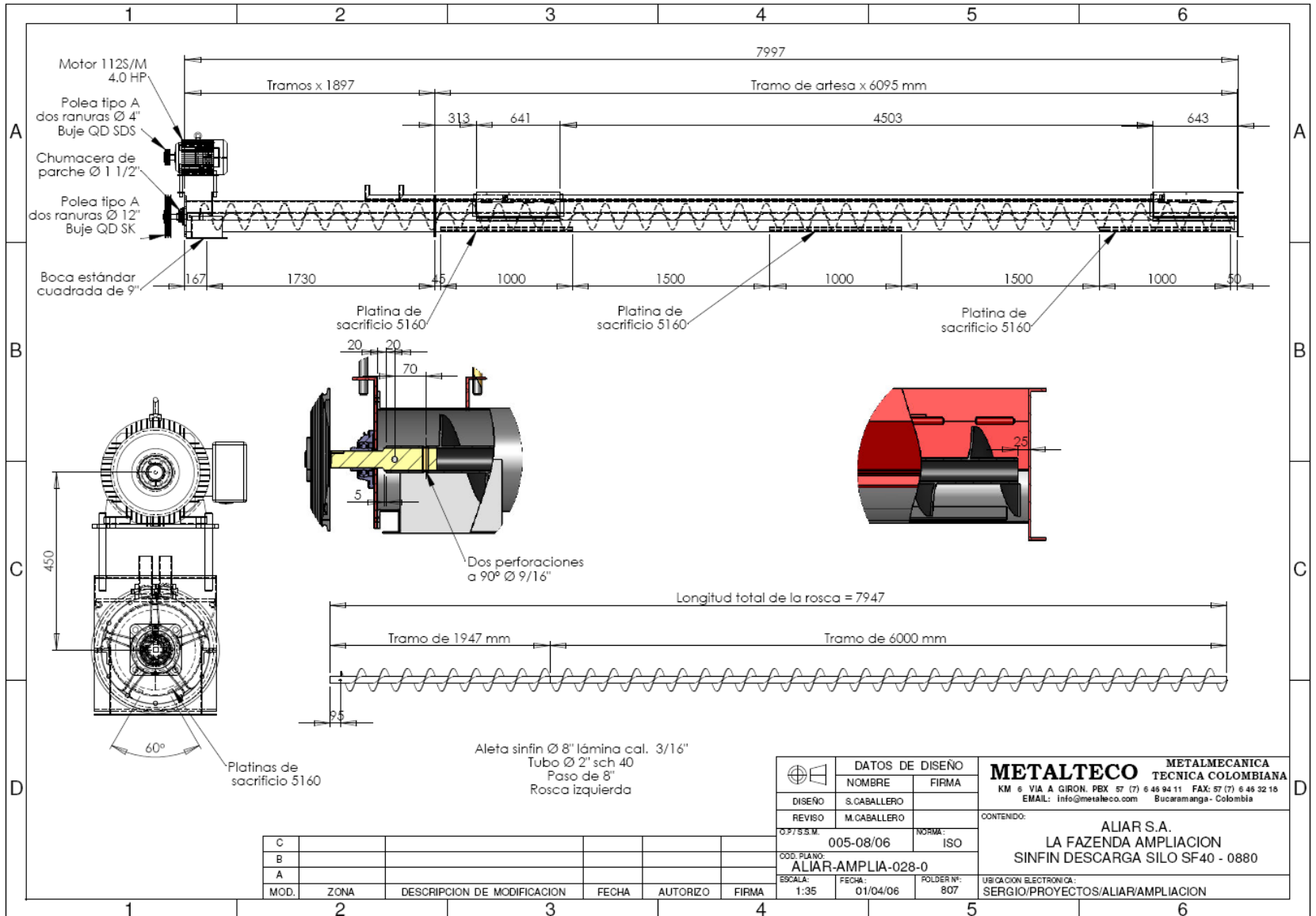
METALTECO METALMECANICA
TECNICA COLOMBIANA
KM 6 VIA A GIRON, PBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 32 16
EMAIL: Info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia

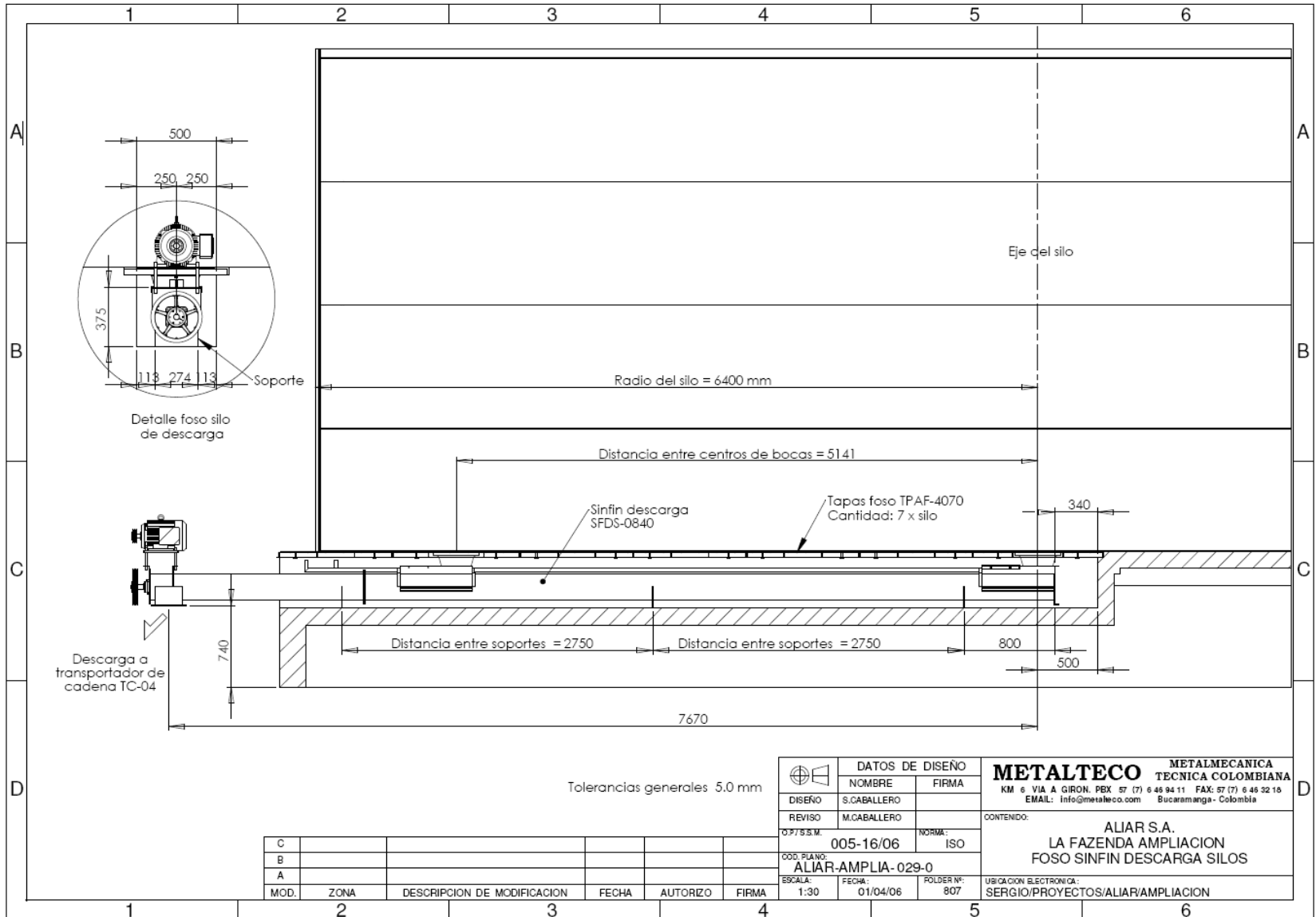
CONTENIDO:
ALIA S.A.
AMPLIACION PLANTA
TOLVA INCLINADA ELEVADOR CANGILONES

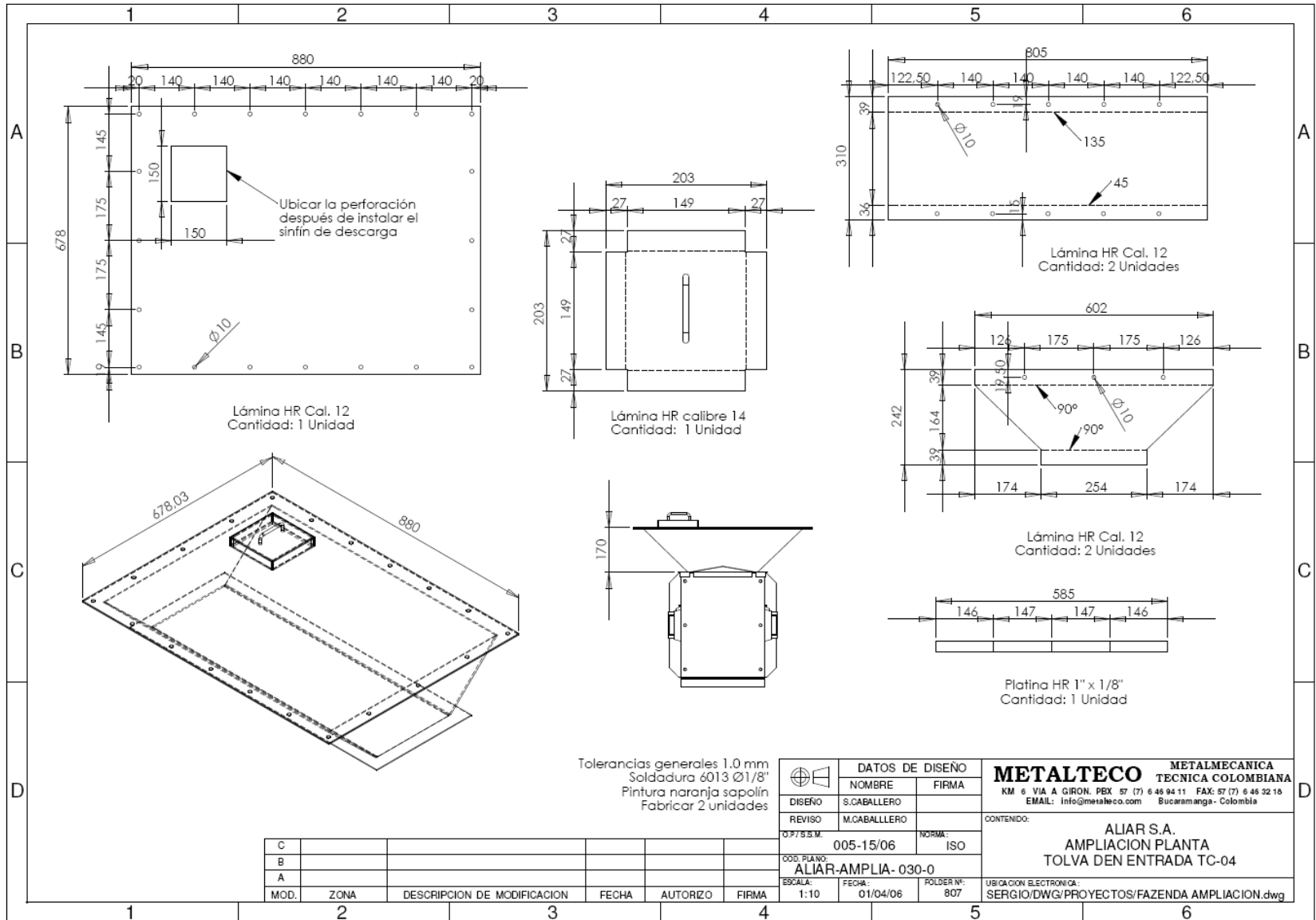
USUACION ELECTRONICA:
SERGIO/DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg

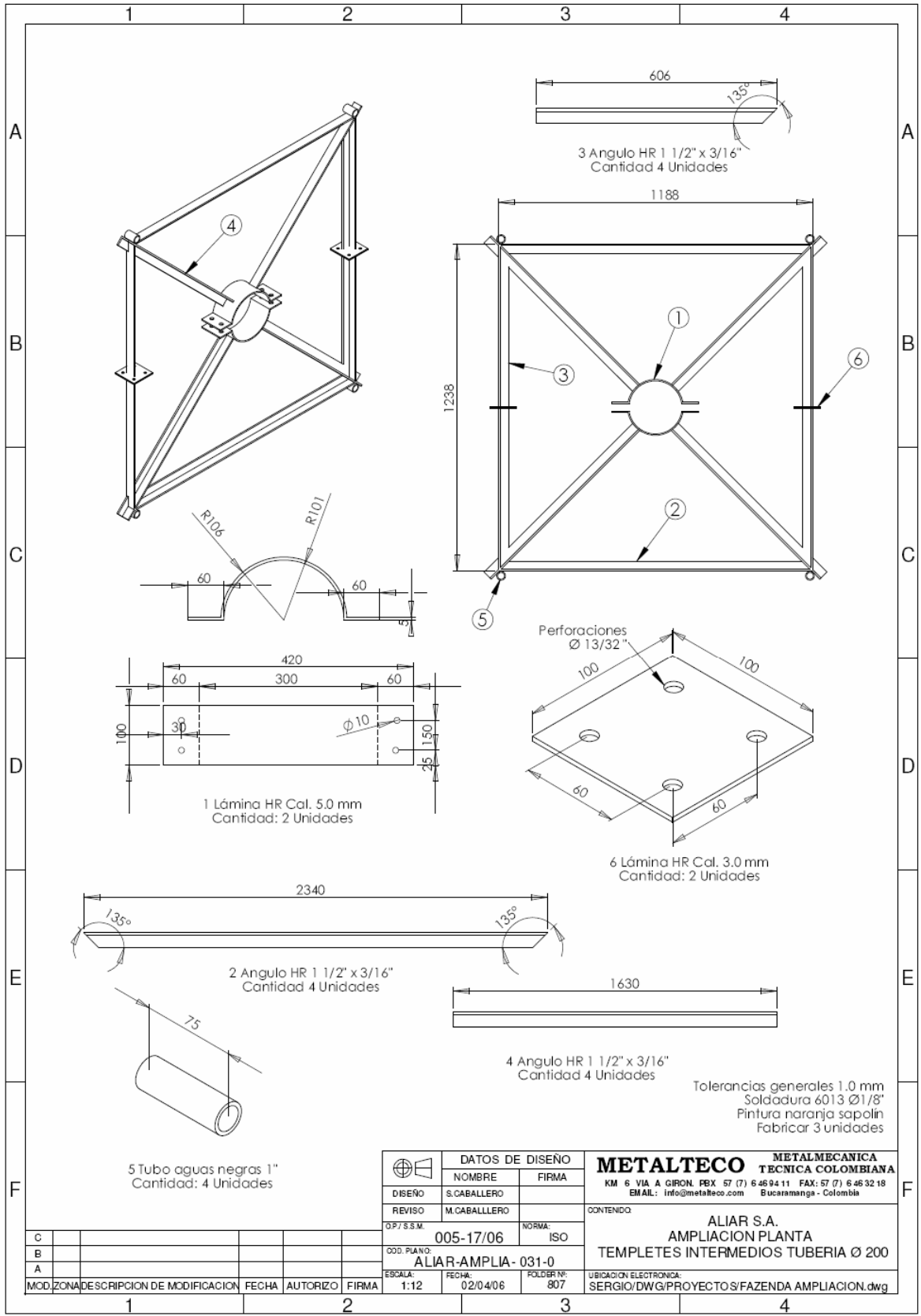
MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					











3 Angulo HR 1 1/2" x 3/16"
Cantidad 4 Unidades

1 Lámina HR Cal. 5.0 mm
Cantidad: 2 Unidades

6 Lámina HR Cal. 3.0 mm
Cantidad: 2 Unidades

2 Angulo HR 1 1/2" x 3/16"
Cantidad 4 Unidades

4 Angulo HR 1 1/2" x 3/16"
Cantidad 4 Unidades

5 Tubo aguas negras 1"
Cantidad: 4 Unidades

Tolerancias generales 1.0 mm
Soldadura 6013 Ø1/8"
Pintura naranja sapolin
Fabricar 3 unidades

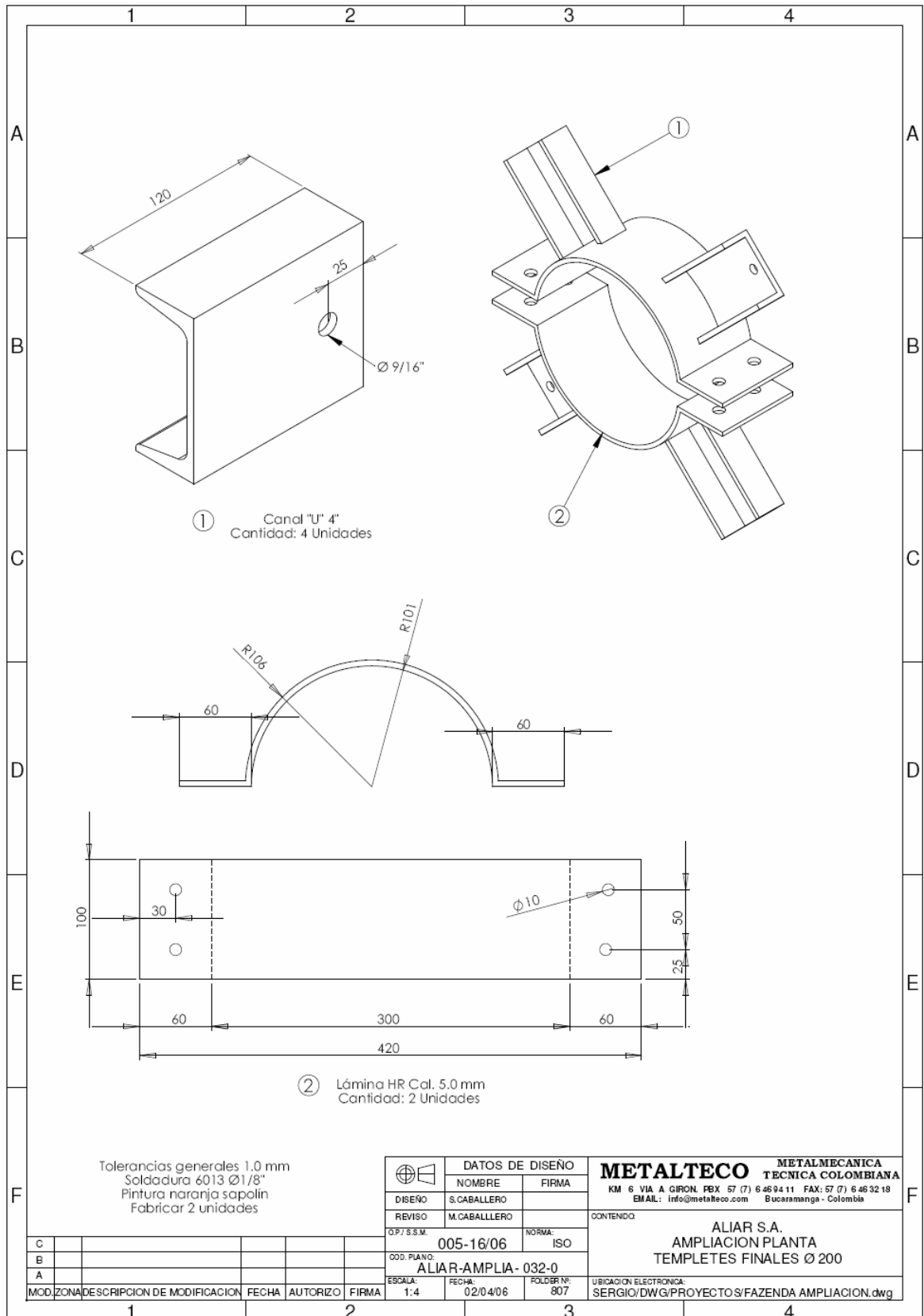
C					
B					
A					
MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA

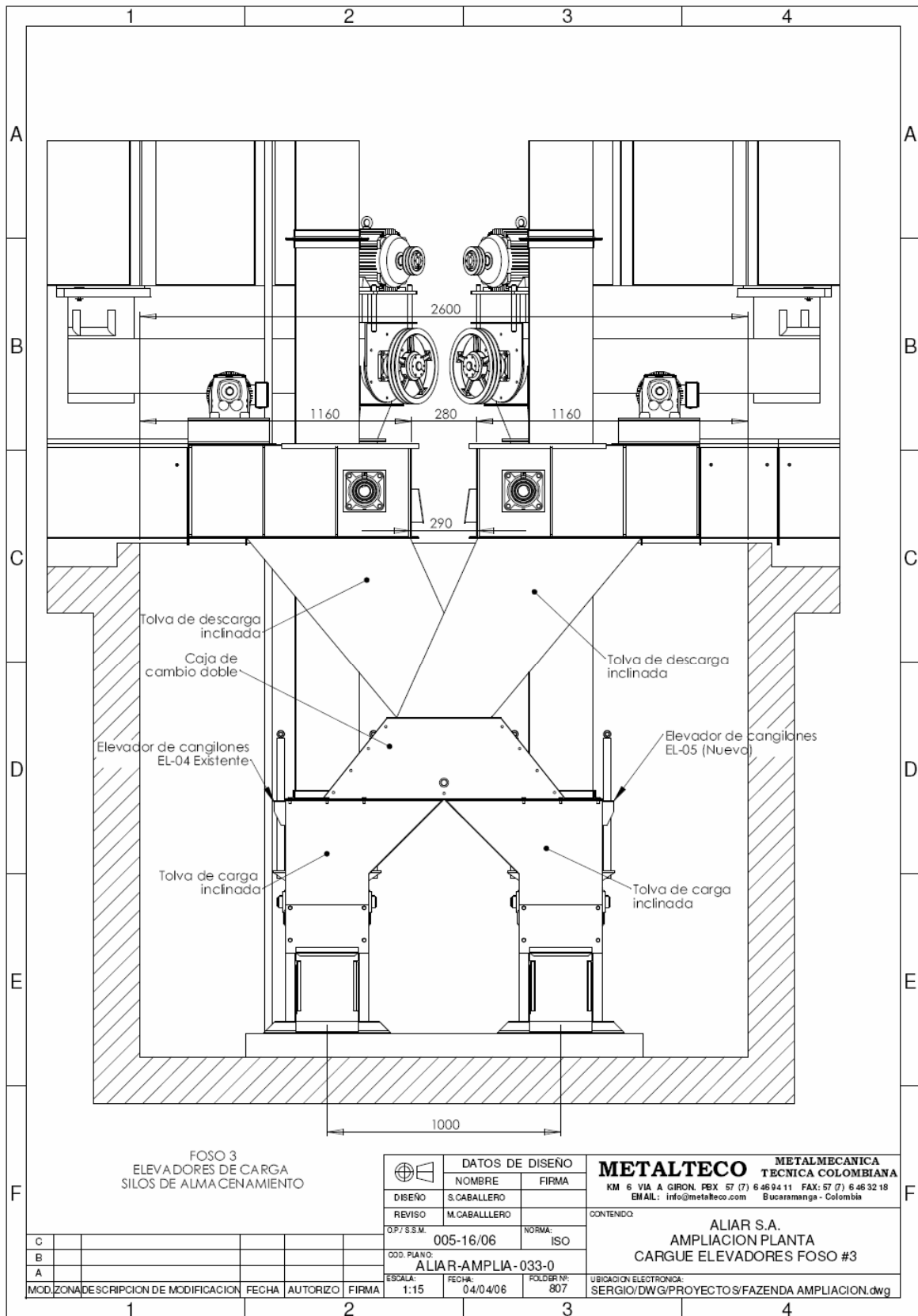
DATOS DE DISEÑO	
NOMBRE	FIRMA
DISEÑO	S.CABALLERO
REVISO	M.CABALLERO
O.P./S.S.M.	NORMA:
	ISO
COD. PLANO:	
005-17/06	
ALIAI-AMPLIA- 031-0	
ESCALA:	FECHA:
1:12	02/04/06
FOLIO N°:	
807	

METALTECO METALMECANICA
TECNICA COLOMBIANA
KM 6 VIA A GIRON. PBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 32 18
EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia

CONTENIDO:
ALIAI S.A.
AMPLIACION PLANTA
TEMPLETES INTERMEDIOS TUBERIA Ø 200

UBICACION ELECTRONICA:
SERGIO/DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg





FOSO 3
ELEVADORES DE CARGA
SILOS DE ALMACENAMIENTO

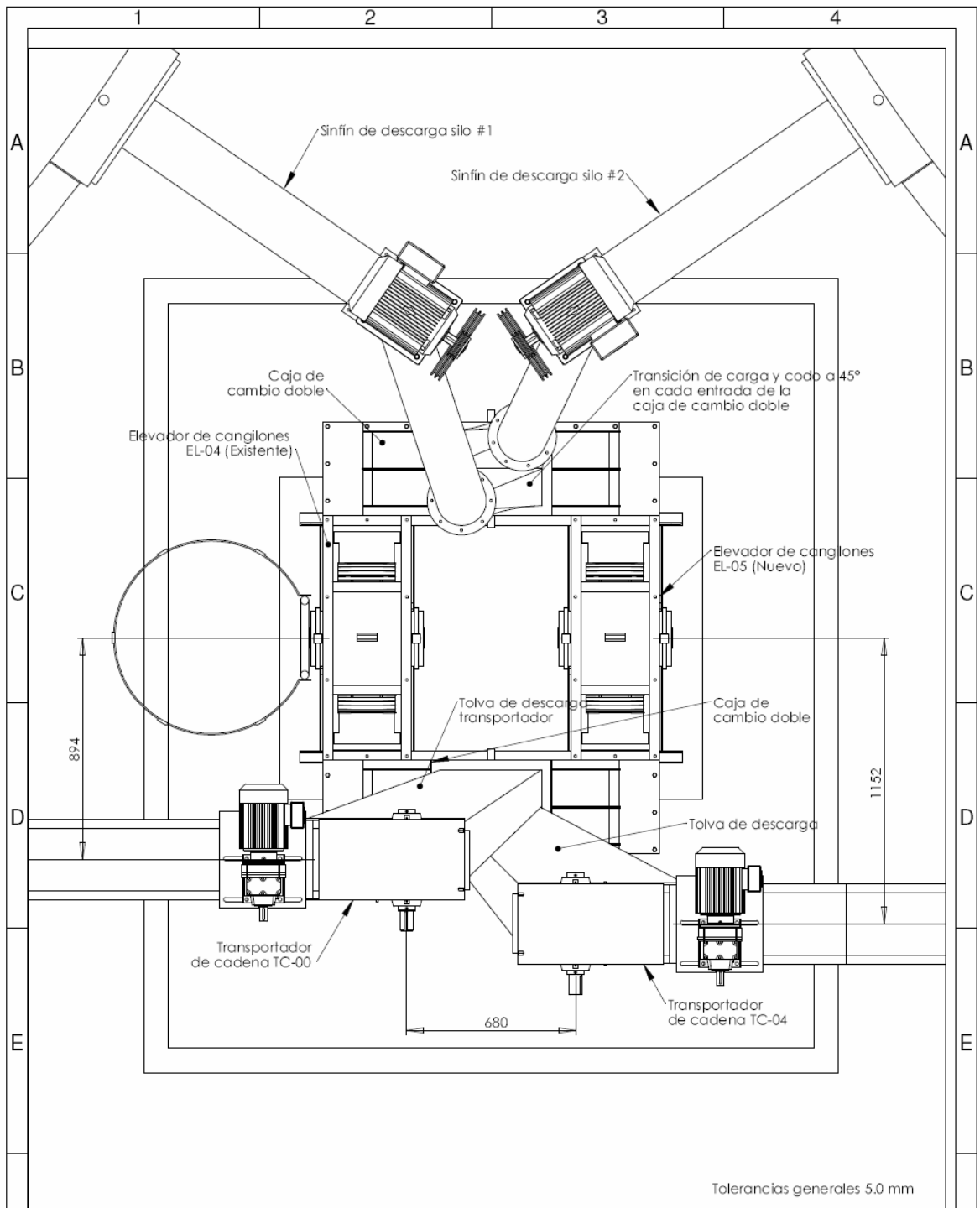
DATOS DE DISEÑO	
NOMBRE	FIRMA
DISENO S.CABALLERO	
REVISO M.CABALLERO	
OP/7 S.S.M.	NORMA: ISO
005-16/06	
ODD. PLANO: ALIAR-AMPLIA-033-0	
ESCALA: 1:15	FECHA: 04/04/06
	FOLIO: 807

METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA
 KM 6 VIA A GIRON. FBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 32 18
 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia

CONTENIDO:
 ALIAR S.A.
 AMPLIACION PLANTA
 CARGUE ELEVADORES FOSO #3

MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

UBICACION ELECTRONICA:
 SERGIO/DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg



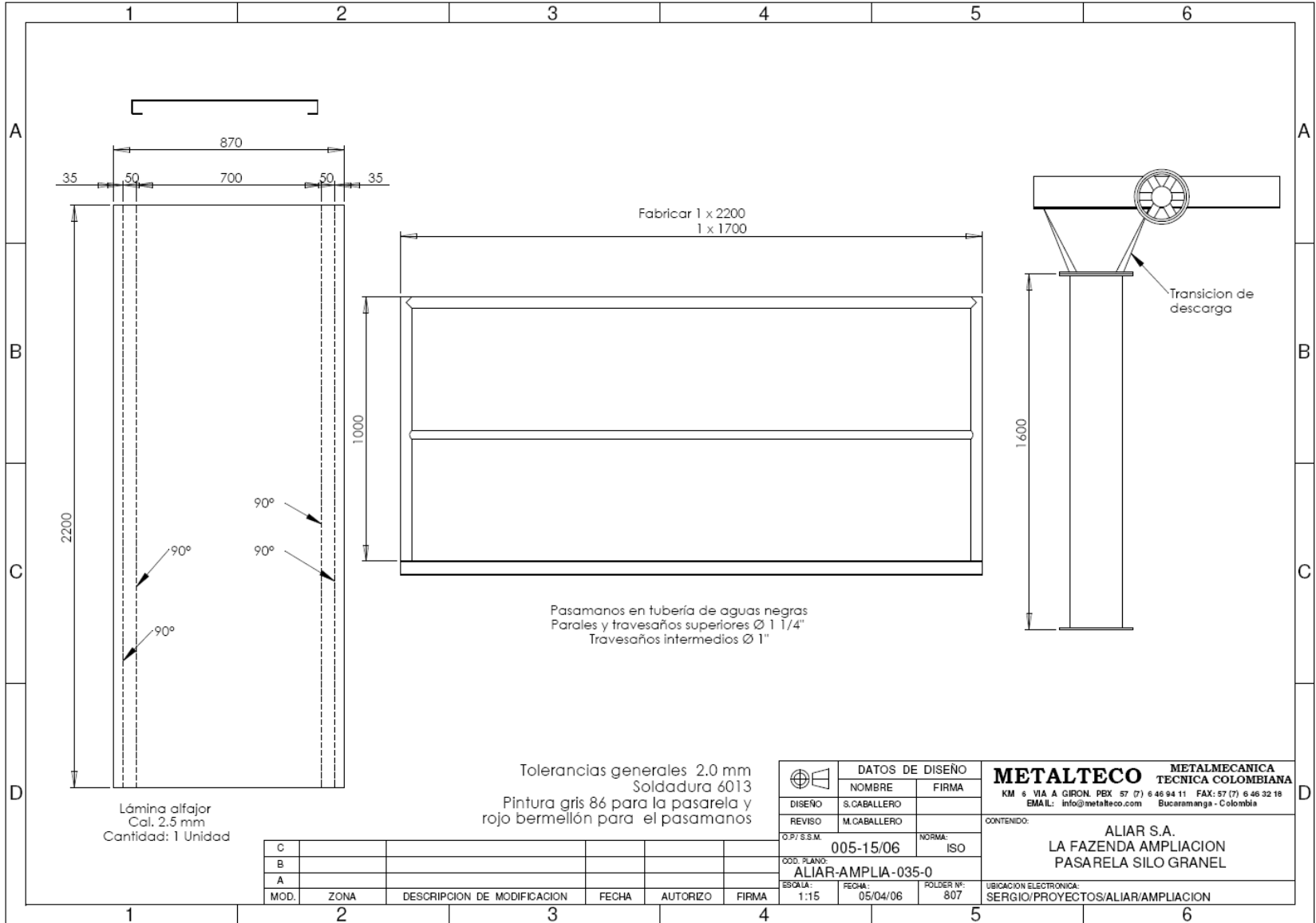
FOSO 3
CARGUE ELEVADORES A SILOS
DE ALMACENAMIENTO

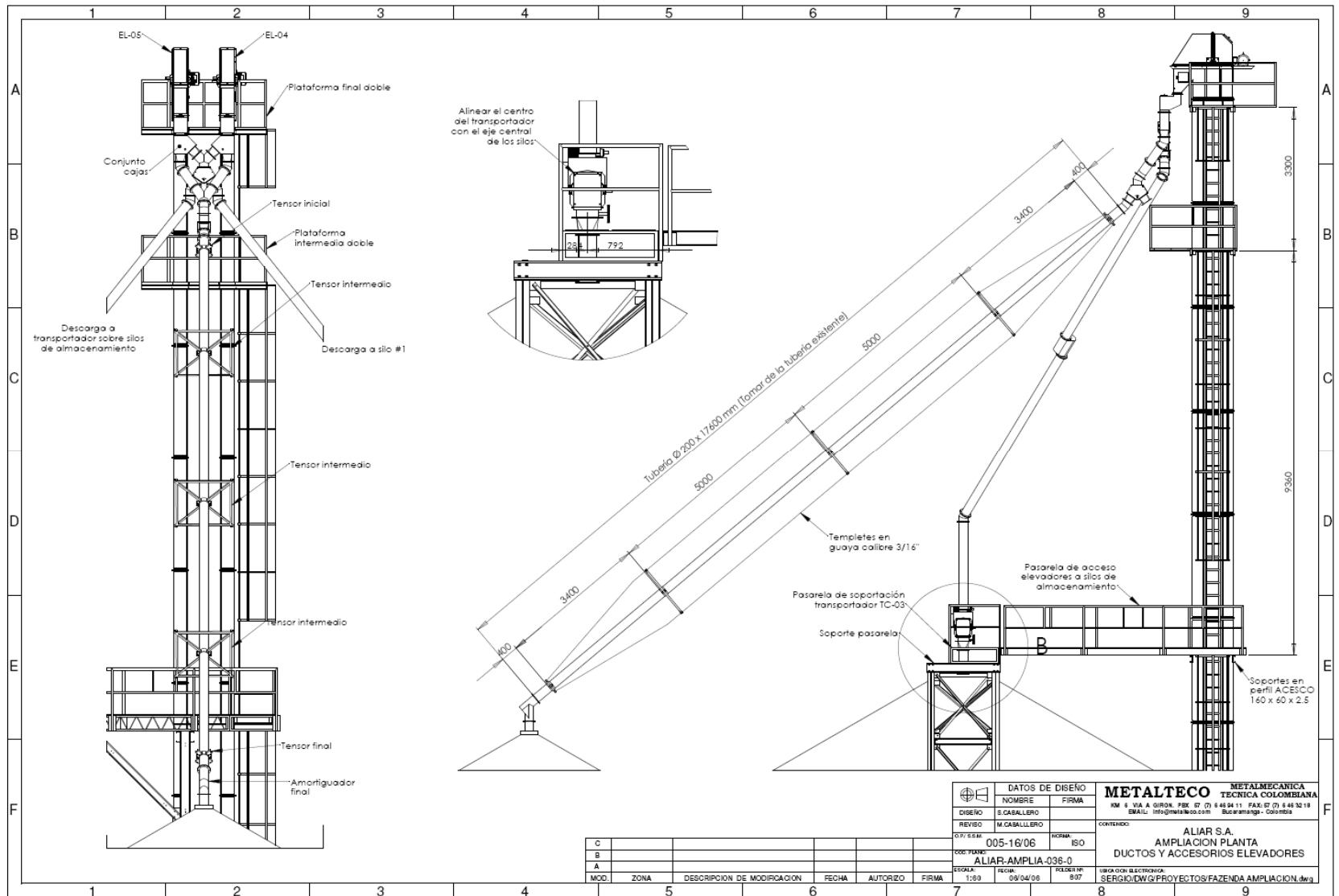
DATOS DE DISEÑO	
NOMBRE	FIRMA
DISEÑO: S.CABALLERO	
REVISO: M.CABALLERO	
D.P./S.S.M.	NORMA: ISO
05-16/06	
COD. PLANO: ALIAR-AMPLIA- 034-0	
ESCALA: 1:15	FECHA: 05/04/06
FOLDSER Nº: 807	

METALTECO METALMECANICA
TECNICA COLOMBIANA
KM 6 VIA A GIRON. PBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 32 18
EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia

CONTENIDO:
ALIAR S.A.
AMPLIACION PLANTA
CARGUE ELEVADORES FOSO #3
UBICACION ELECTRONICA:
SERGIO/DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg

MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					





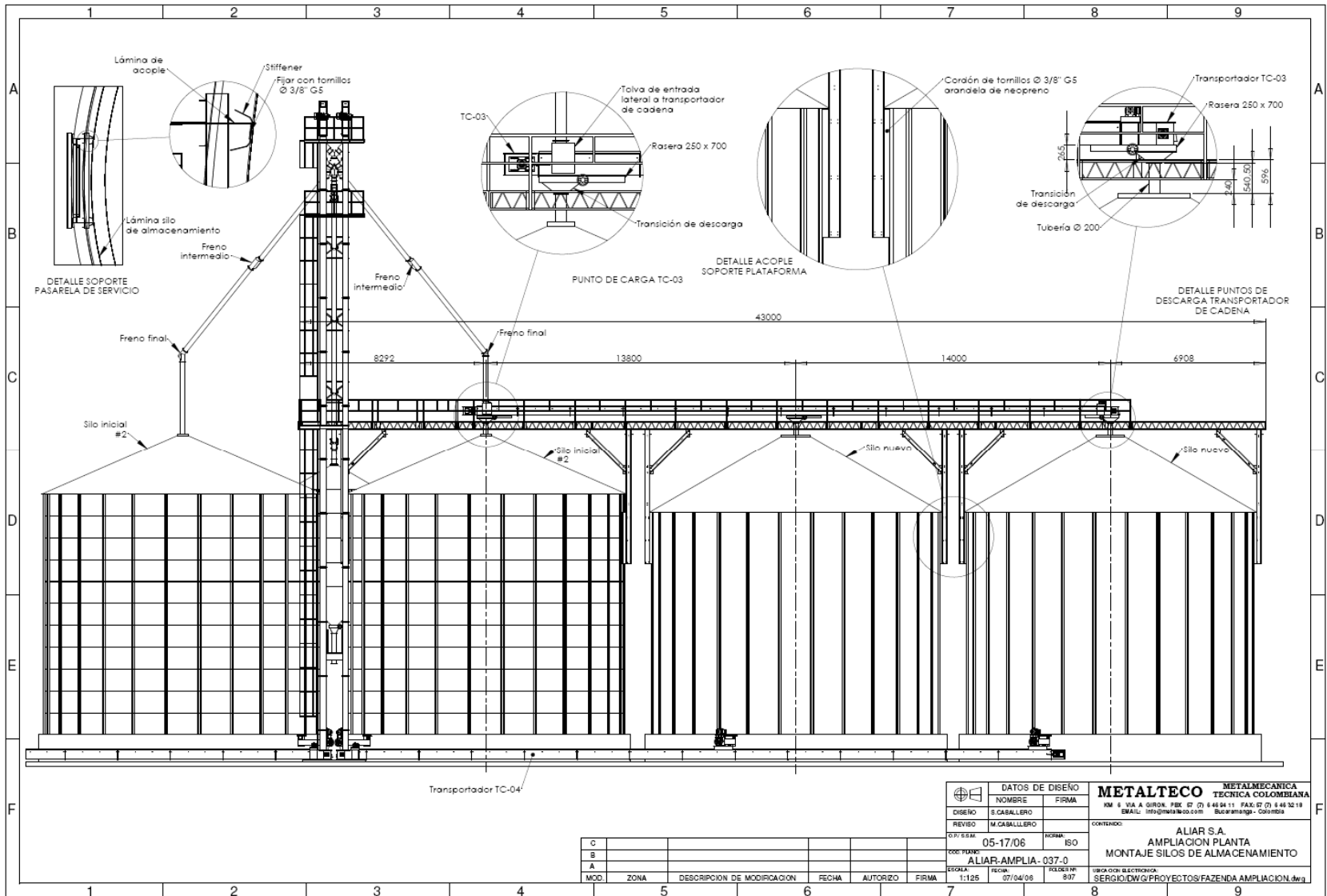
MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

DATOS DE DISEÑO	
NOMBRE	FIRMA
DISEÑO	S. CABALLERO
REVISO	M. CABALLERO
03/07/06	005-16/06
0007/06	ALIANZ-AMPLIA-036-0
ESCALA	FECHA
1:80	06/04/06
PROYECTO	FOYER
8/07	

METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA
 PAB. 4 TORRE A. CARR. BOG. ET. 7 8452411 FAX: ET. 8 4432119
 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga, Colombia

CONTENIDO: ALIANZ S.A. AMPLIACION PLANTA DUCTOS Y ACCESORIOS ELEVADORES

REVISOR: SERGIO DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg



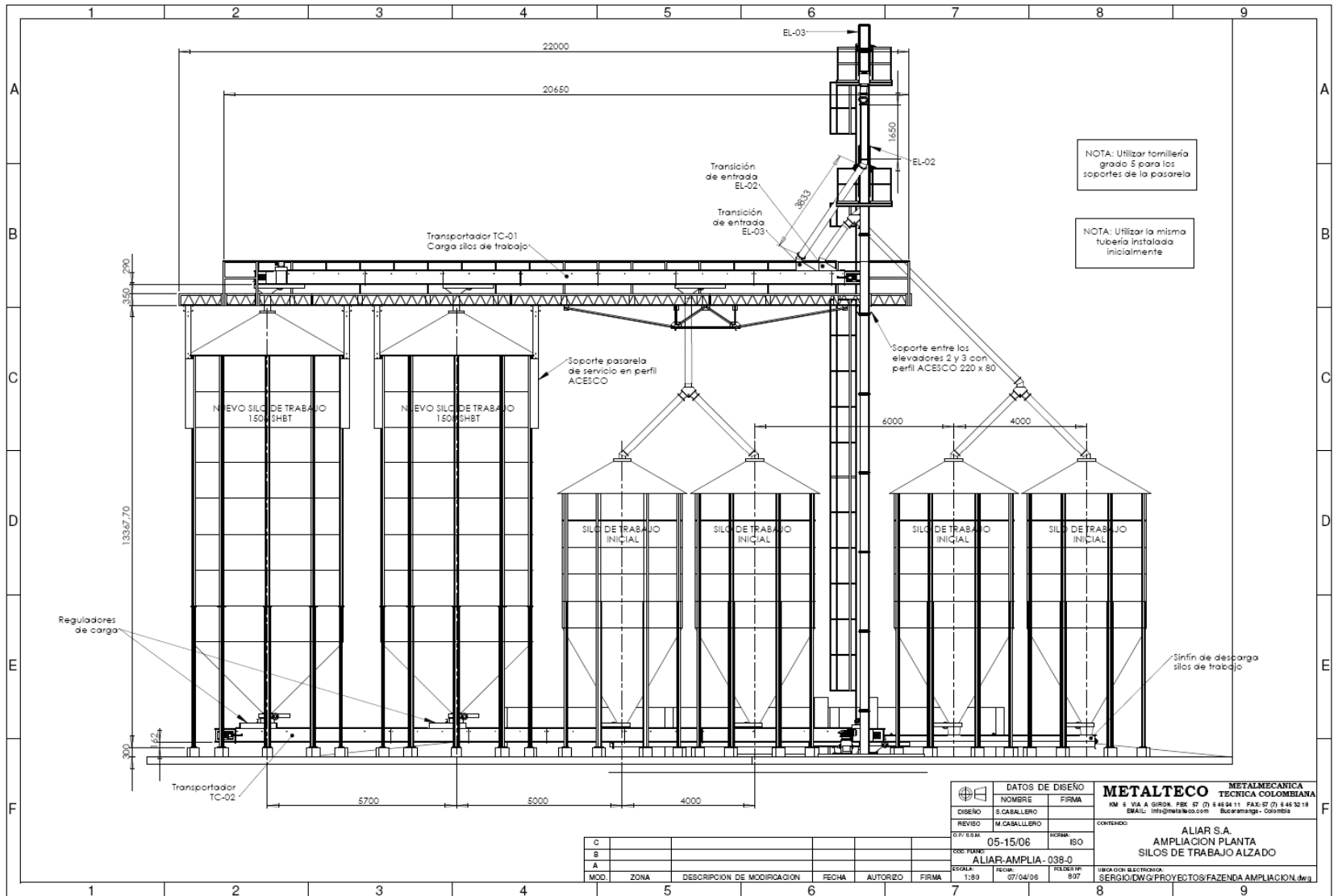
MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

DATOS DE DISEÑO		
NOMBRE	FIRMA	
DISEÑO	S. CABALLERO	
REVISÓ	M. CABALLERO	
07/07/06	05-17/06	ISO
CODE TITULO	ALIAR-AMPLIA - 037-0	
ESCALA	FECHA	PROYECTIV
1:125	07/04/06	897

METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA
 BARRANQUILLA - CALDAS
 TEL: 5 944 4111 FAX: 5 944 1219
 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia

CONTENIDO: ALIAR S.A.
 AMPLIACION PLANTA
 MONTAJE SILOS DE ALMACENAMIENTO

IBRA DON BLANCO SERGIO/DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg



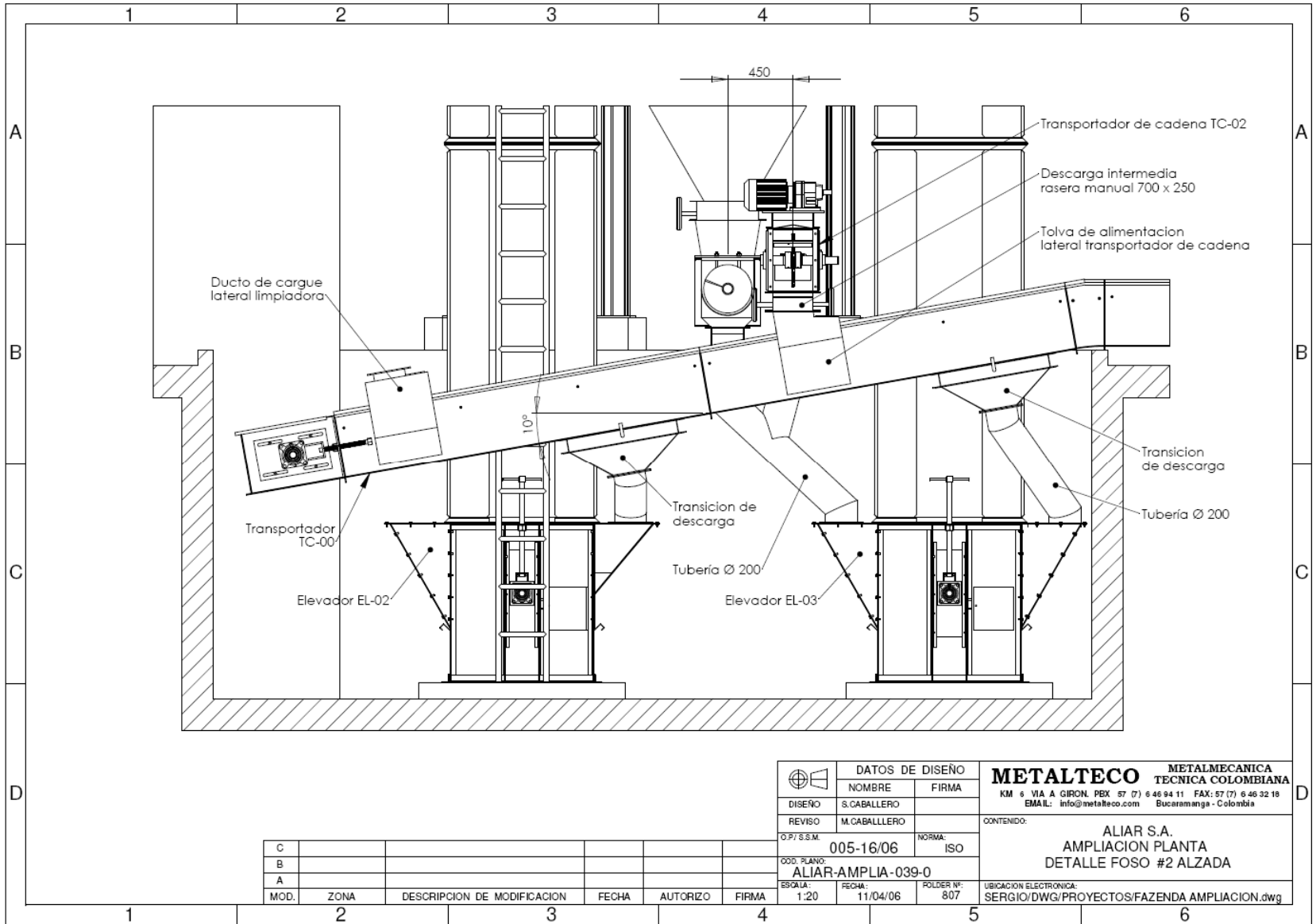
MOD.	ZONA	DESCRIPCIÓN DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

DATOS DE DISEÑO	
NOMBRE	FIRMA
DISEÑO	S. CABALLERO
REVISÓ	M. CABALLERO
FECHA	05-15/06
COD. TÍTULO	ISO
PROYECTO	ALIANZ-AMPLIA-038-0
ESCALA	1:80
FECHA	07/04/08
TELÉFONO	807

METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA
 KM 5 VÍA A GIRON, P.O. BOX 67 (7) 545811 FAX: (57) 5443219
 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga, Colombia

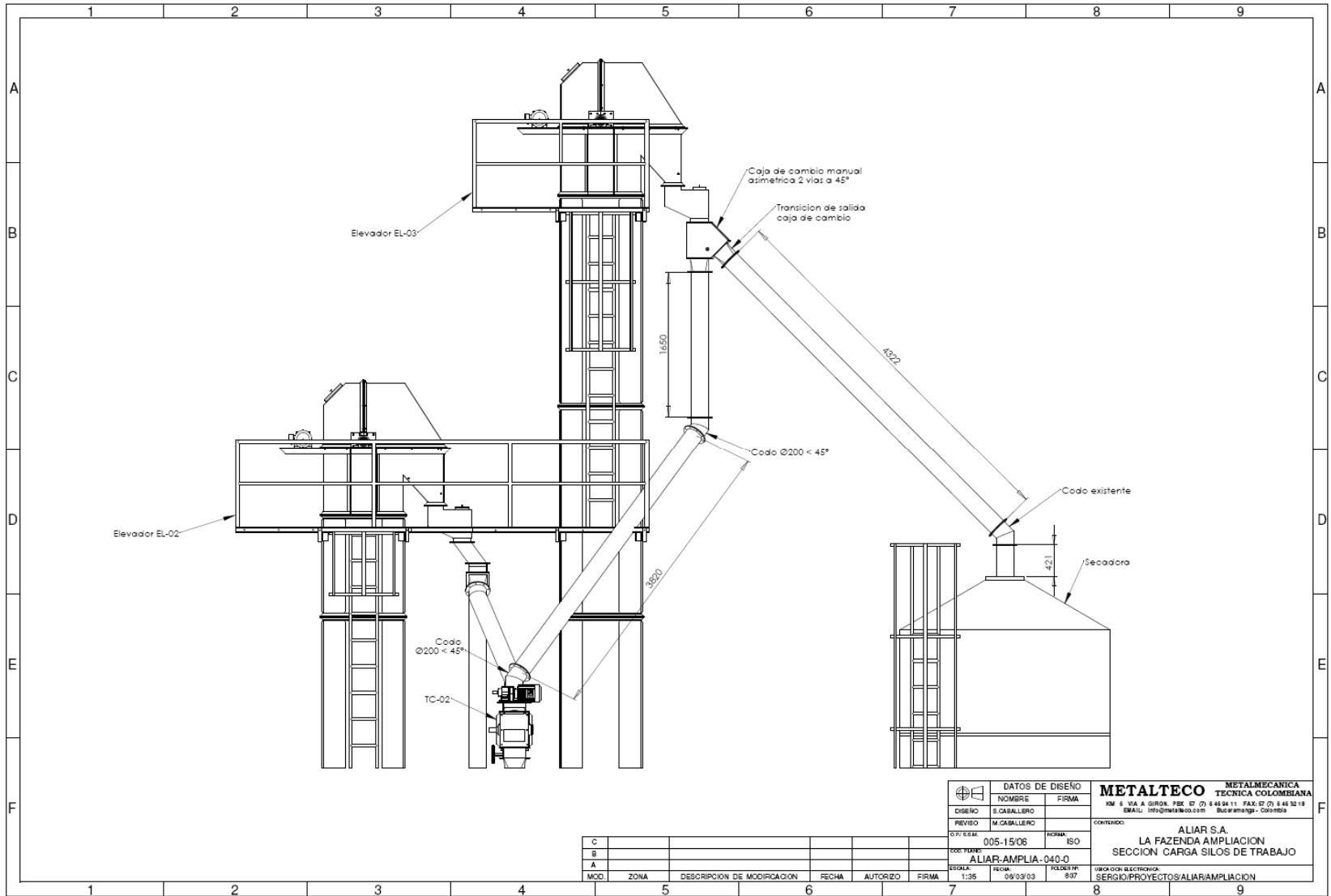
CONTENIDO: ALIANZ S.A. AMPLIACION PLANTA SILOS DE TRABAJO ALZADO

LIBRO CON ELECTRONICA: SERGIO/DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg



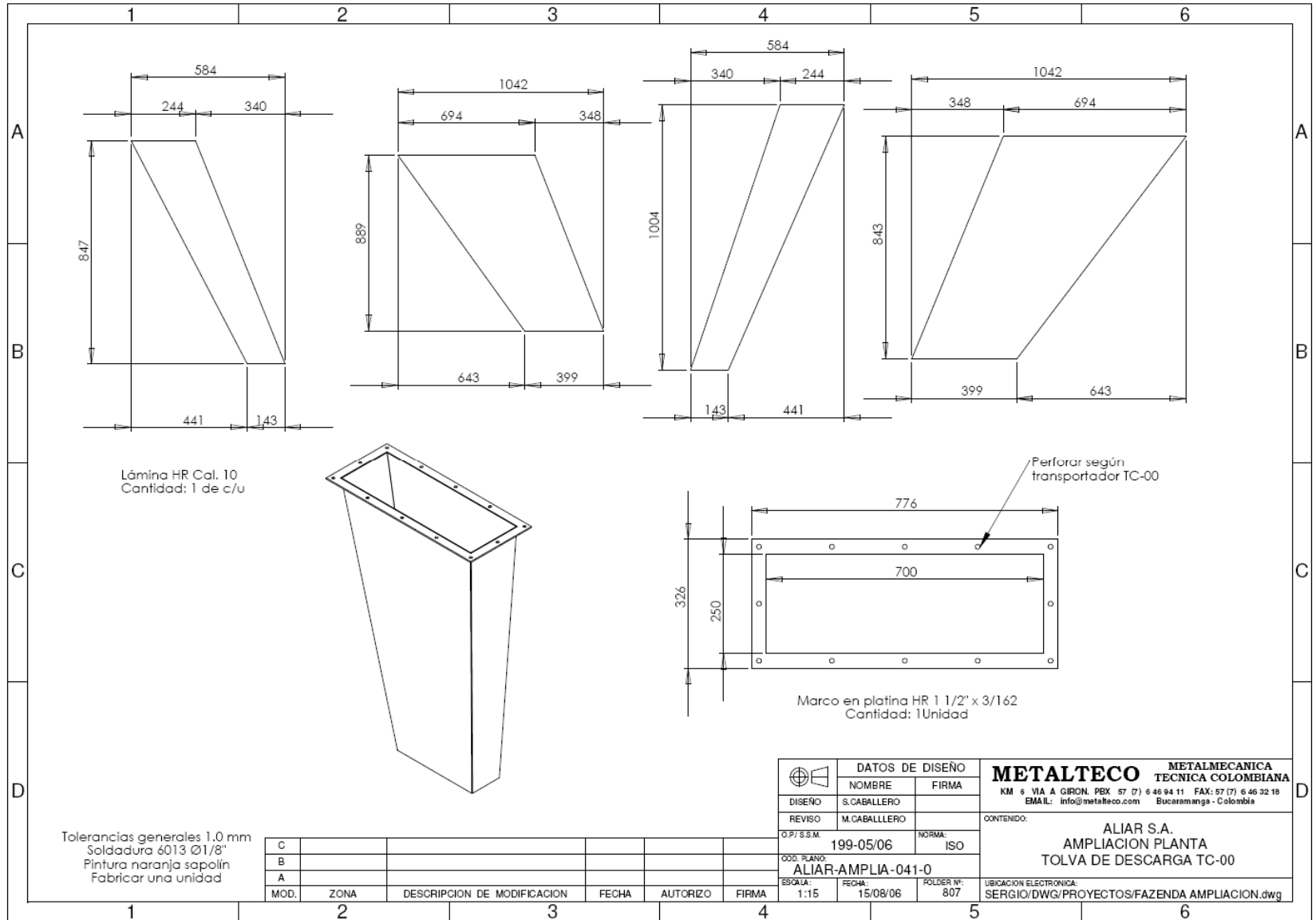
		DATOS DE DISEÑO		METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA KM 6 VIA A GIRON, PBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 32 18 EMAIL: info@metateco.com Bucaramanga - Colombia	
DISEÑO		NOMBRE	FIRMA	CONTENIDO:	
REVISO		S.CABALLERO		ALIAR S.A. AMPLIACION PLANTA DETALLE FOSO #2 ALZADA	
O.P./S.S.M.		M.CABALLERO		NORMA: ISO	
COD. PLANO		005-16/06		UBICACION ELECTRONICA:	
MOD.		ALIAR-AMPLIA-039-0		SERGIO/DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg	
ESCALA:		1:20	FECHA:	11/04/06	FOLDER N°: 807

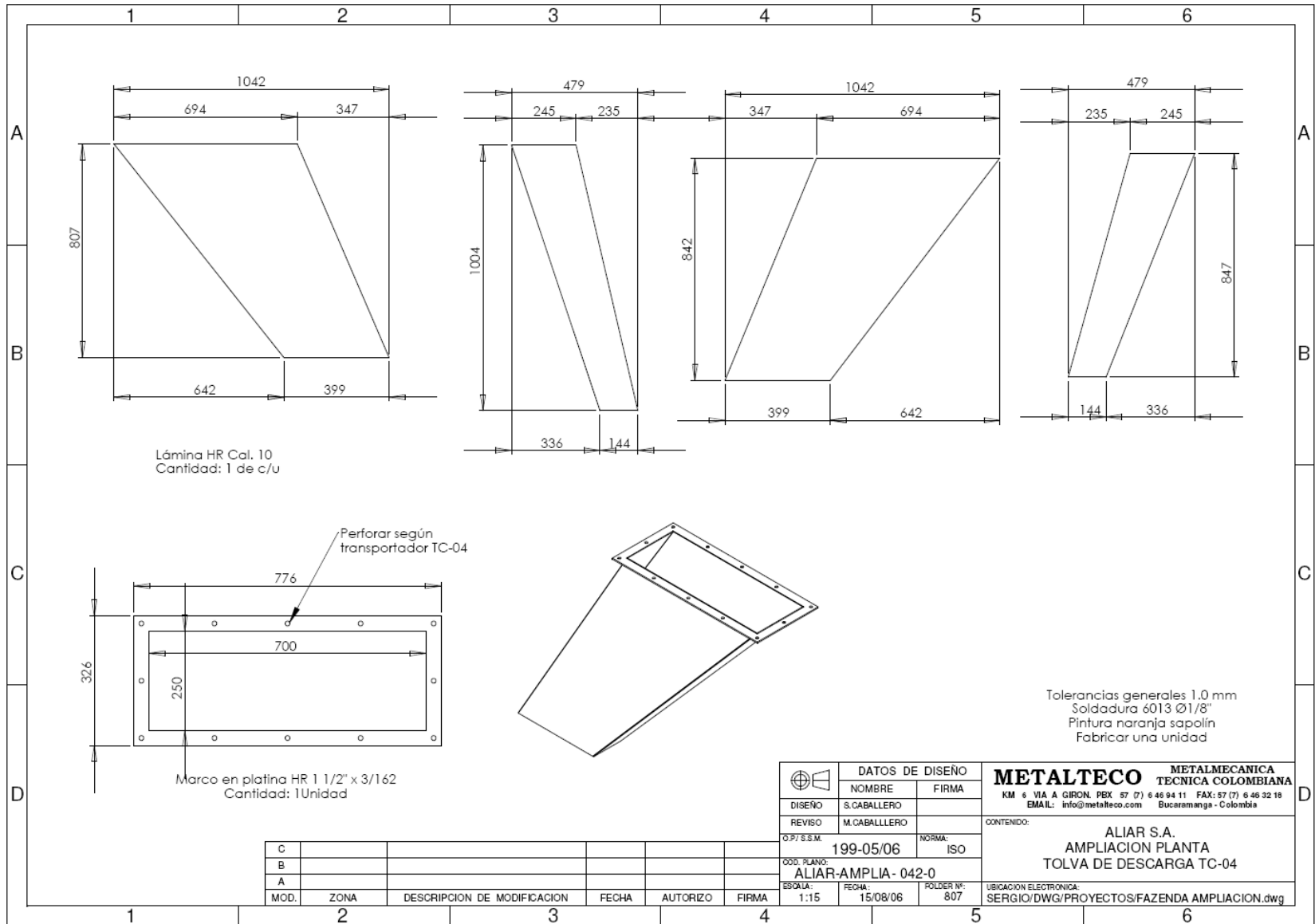
MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					



MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

DATOS DE DISEÑO		METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA	
NOMBRE	FIRMA	KM 8 VÍA A GIRON, PBK 67 (7) 4 46 94 11 FAX: 67 (7) 4 46 32 18 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia	
DISEÑO	E. CABALLERO	CONTENIDO: ALIAR S.A. LA FAZENDA AMPLIACION SECCION CARGA SILOS DE TRABAJO	
REVISO	M. CABALLERO	COTIZACION	
PROYECTO	005-15/08	ISO	
CODIFICACION	ALIAR-AMPLIA-040-0	SERVICIO ELECTRONICO	
ESCALA	1:35	FECHA:	09/03/03
		FOLIO:	8/37
		SERGIO/PROYECTOS/ALIAR/AMPLIACION	



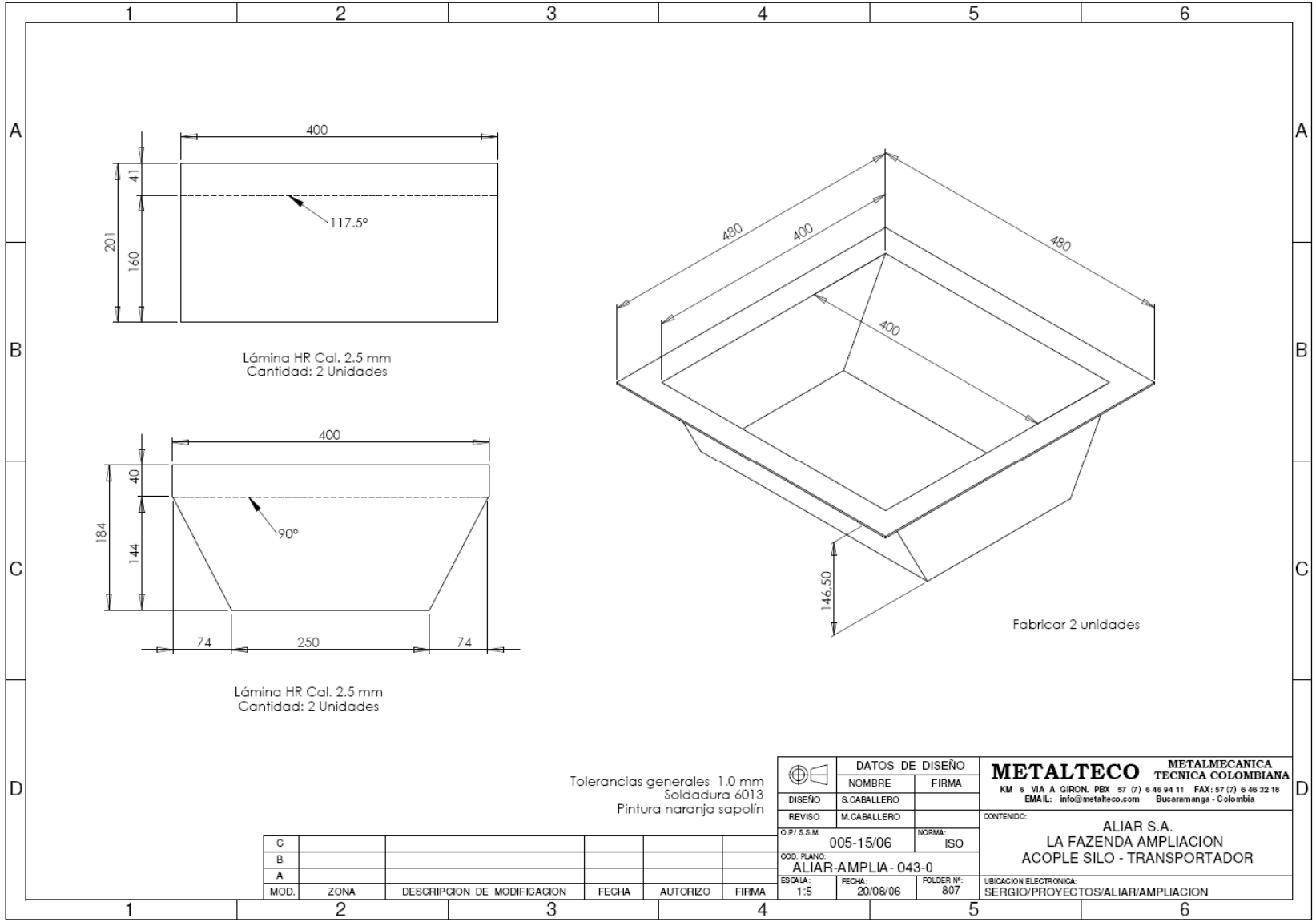


DATOS DE DISEÑO		
NOMBRE	FIRMA	
DISEÑO S. CABALLERO		
REVISO M. CABALLERO		
O.P./S.S.M. 199-05/06	NORMA: ISO	
COD. PLANO: ALIAN-AMPLIA - 042-0		
ESCALA: 1:15	FECHA: 15/08/06	FOLIO Nº: 807
UBICACION ELECTRONICA: SERGIO/DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg		

METALTECO METALMECANICA
TECNICA COLOMBIANA
KM 6 VIA A GIRON, PBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 32 19
EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia

CONTENIDO:
ALIAN S.A.
AMPLIACION PLANTA
TOLVA DE DESCARGA TC-04

MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					



Tolerancias generales 1.0 mm
Soldadura 6013
Pintura naranja sapolin

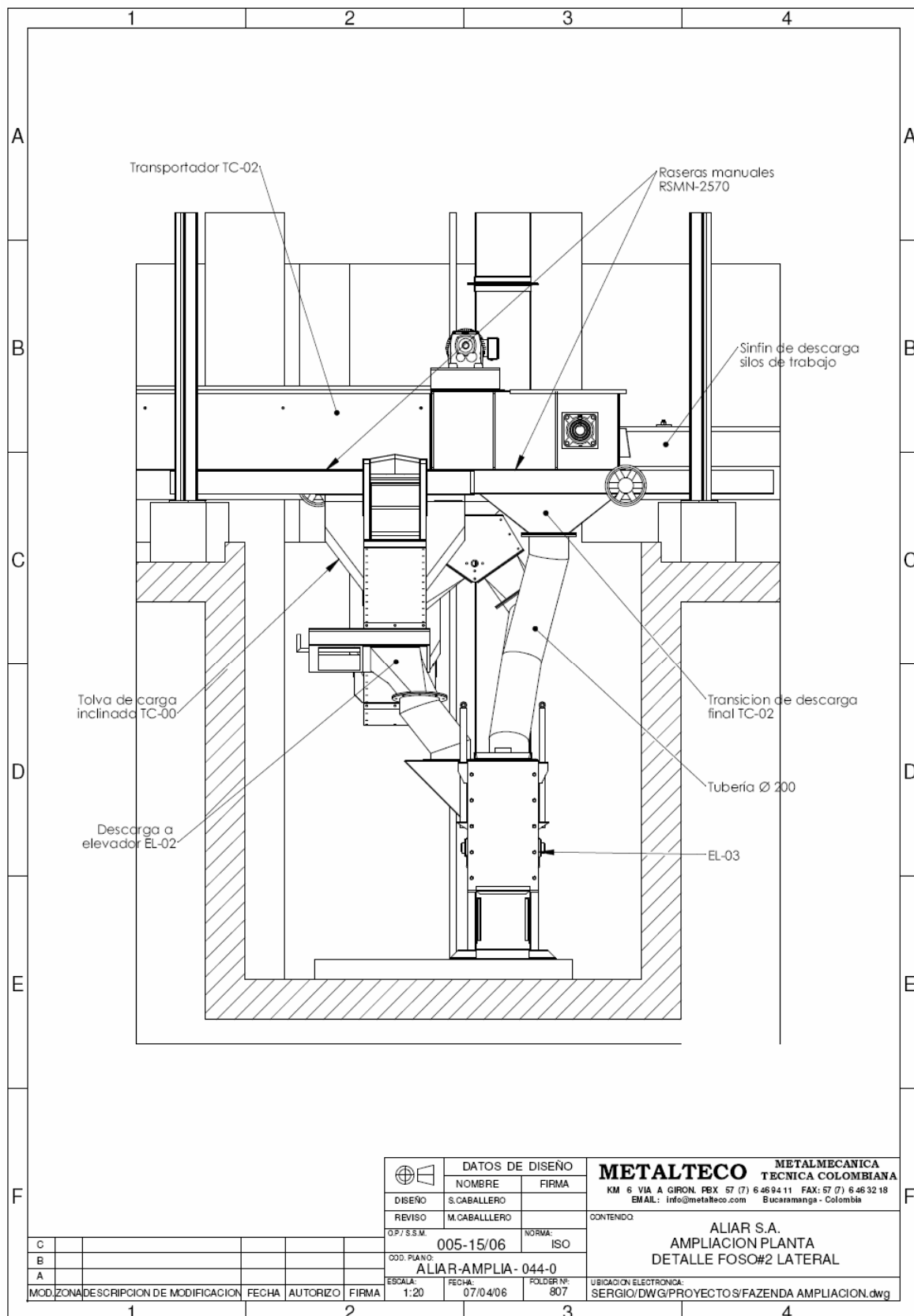
MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

DATOS DE DISEÑO	
NOMBRE	FIRMA
DISEÑO S.CABALLERO	
REVISO M.CABALLERO	
O.P./S.S.M.	NORMA: ISO
005-15/06	
COD. PLANO: ALIA-AMPLIA - 043-0	
ESCALA: 1:5	FECHA: 20/08/06
	FOLDER N°: 807

METALTECO METALMECANICA
TECNICA COLOMBIANA
KM 6 VIA A GIRON, PBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 22 18
EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia

CONTENIDO:
ALIA S.A.
LA FAZENDA AMPLIACION
ACOPLE SILO - TRANSPORTADOR

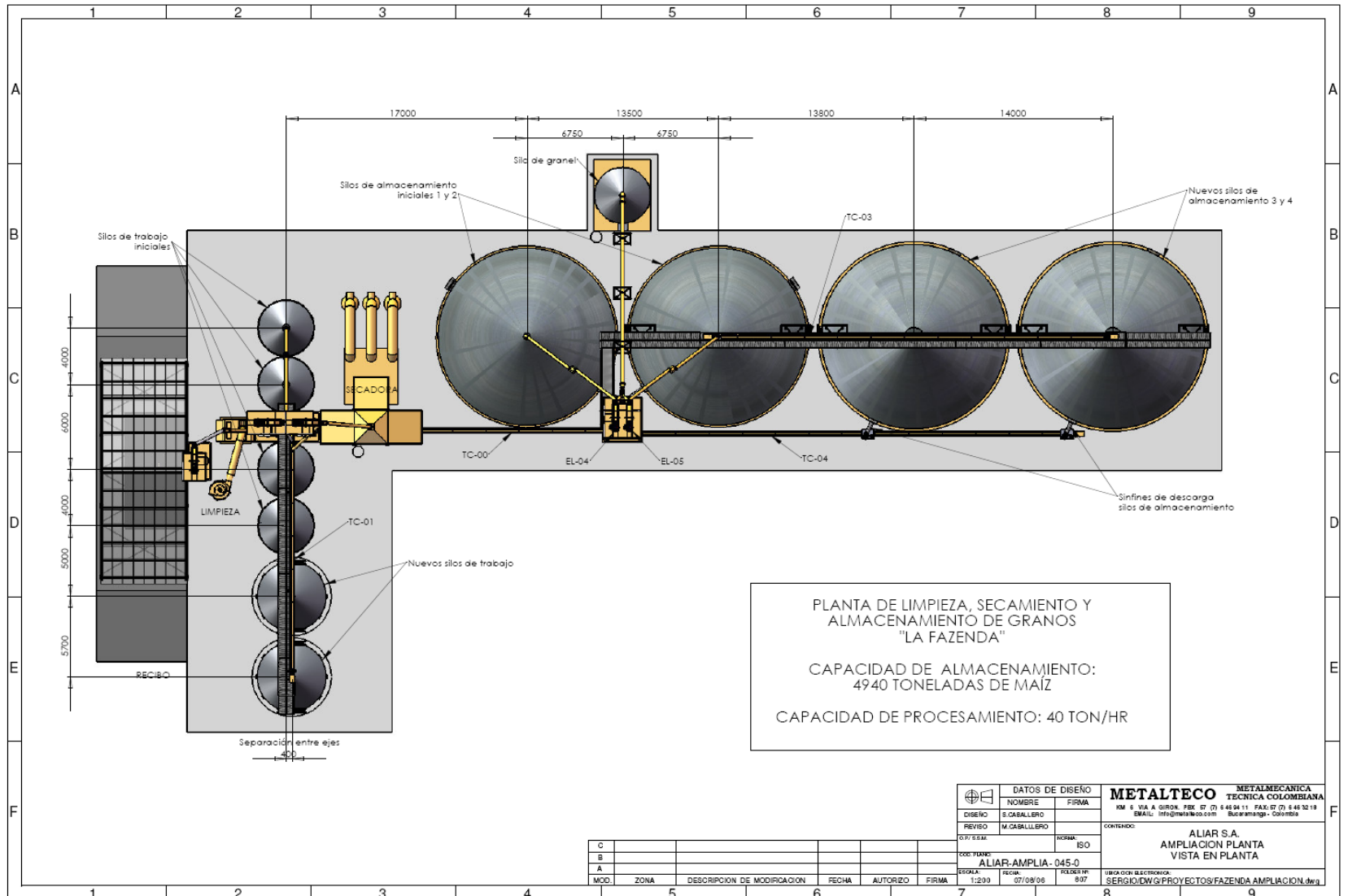
UBICACION ELECTRONICA:
SERGIO/PROYECTOS/ALIA/AMPLIACION



C					
B					
A					
MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA

		DATOS DE DISEÑO	
NOMBRE		FIRMA	
DISEÑO	S.CABALLERO		
REVISO	M.CABALLERO		
O.P./S.S.M.	005-15/06	NORMA: ISO	
ODD. PLANO: ALIAR-AMPLIA- 044-0			
ESCALA:	1:20	FECHA:	07/04/06
		POLDER N°:	807

METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA KM 6 VIA A GIRON PBX 57 (7) 6 46 94 11 FAX: 57 (7) 6 46 32 18 EMAIL: info@metalteco.com Bucaramanga - Colombia	CONTENIDO:
	ALIAR S.A. AMPLIACION PLANTA DETALLE FOSO#2 LATERAL
UBICACION ELECTRONICA: SERGIO/DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg	



MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA
C					
B					
A					

DATOS DE DISEÑO	
NOMBRE	FIRMA
DISEÑO	S. CASALLERO
REVISO	M. CASALLERO
OTRO S.E.M.	NORMA
CONTIENE	ISO
PROYECTO: ALIAR-AMPLIA-045-0	
ESCALA	FECHA
1:200	30/08/06
FOLIO DE: 9/7	

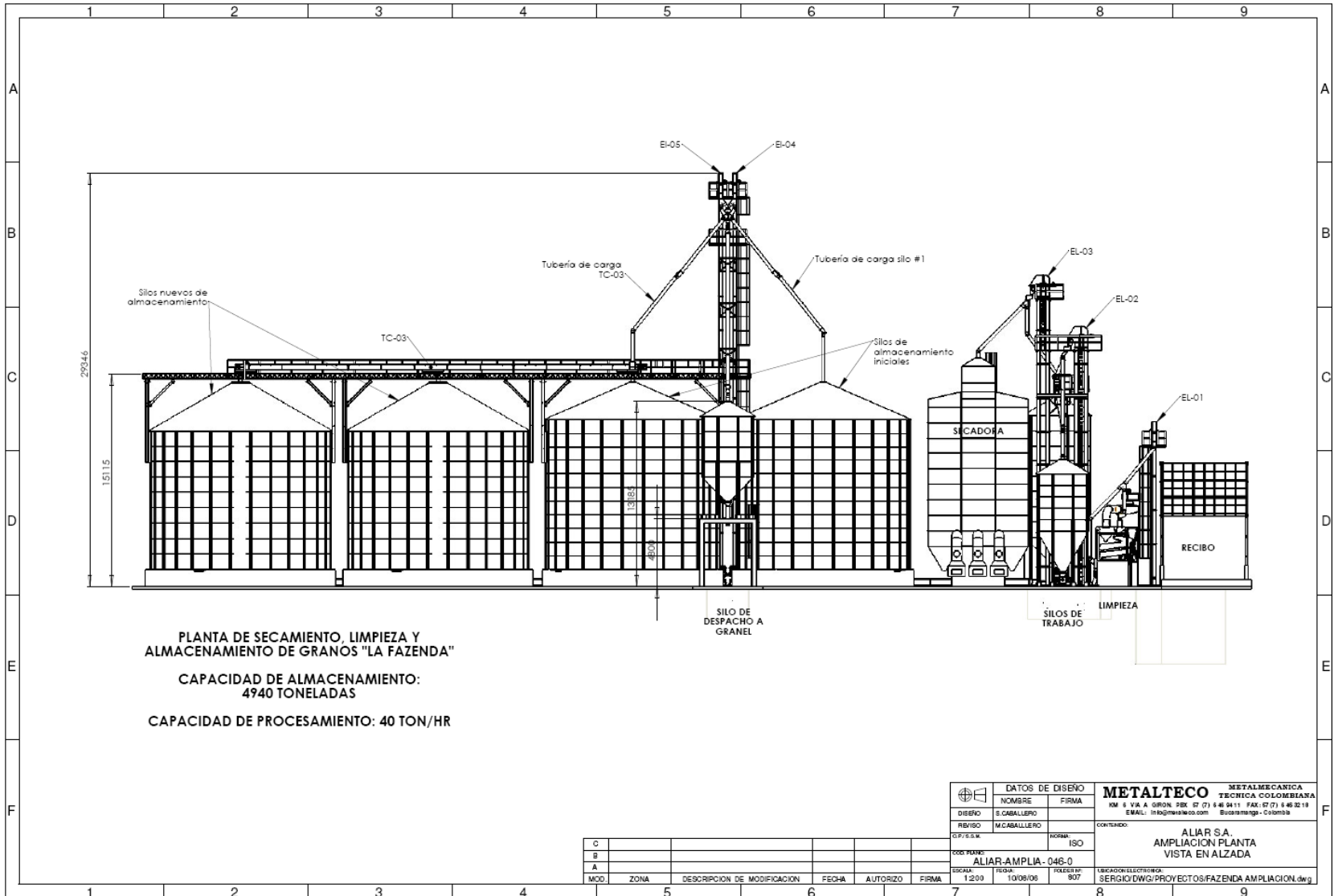
METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA

KM 6 VÍA A GIRON, P.B. 07 (7) 4 46 04 11 FAX: 07 (7) 4 46 70 19
EMAIL: info@metalteco.com.co Bucaramanga - Colombia

CONTENIDO:

ALIAR S.A.
AMPLIACION PLANTA
VISTA EN PLANTA

TIPO OCH ELECTRONICO
SERVICIO DE PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg



PLANTA DE SECAMIENTO, LIMPIEZA Y ALMACENAMIENTO DE GRANOS "LA FAZENDA"

**CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO:
4940 TONELADAS**

CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO: 40 TON/HR

MOD.	ZONA	DESCRIPCION DE MODIFICACION	FECHA	AUTORIZO	FIRMA

		DATOS DE DISEÑO		METALTECO METALMECANICA TECNICA COLOMBIANA Km 4 Vía a GIRON 350. St. 01 9 46 9411 FAX: 07 03 9 46 32 19 EMAIL: info@metalteco.com	
DISEÑO S.CABALLERO	FIRMA	NOMBRE		CONTENIDO:	
REVISO M.CABALLERO	FIRMA	NORMA ISO		ALIAR S.A. AMPLIACION PLANTA VISTA EN ALZADA	
C.P./E.S.S.	FIRMA	CODIFICACION: ALIAR-AMPLIA-046-0	ESCALA: 1:200	FECHA: 10/08/06	TITULO: 907
UBICACION DEL DISEÑO: SERVICIO DWG/PROYECTOS/FAZENDA AMPLIACION.dwg					