



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROYECCIÓN Y ANÁLISIS DE UNA
PLANTA DE ALIMENTO BALANCEADO**



Autor: Néstor Fabián Biasoli.

Carrera: Ingeniería Electromecánica.

Tutor por la empresa: Ing. Guillermo Simón.

Tutor por la universidad: Dr. Rogelio Hecker.

2014

ANEXO A

N° revoluciones por minuto de la polea menor	PRESTACION BASE (en HP)																PRESTACION ADICIONAL POR RELACION DE TRANSMISION (en HP)											
	DIAMETRO PRIMITIVO DE LA POLEA MENOR (mm)																											
	117	122	127	132	137	142	147	152	157	162	168	173	178	183	188	193	198	203	1,00 al 1,01	1,02 al 1,04	1,05 al 1,08	1,09 al 1,12	1,13 al 1,18	1,19 al 1,24	1,25 al 1,34	1,35 al 1,51	1,52 al 1,99	2,00 y sobre
870	1,74	1,93	2,12	2,31	2,49	2,58	2,87	3,05	3,24	3,60	3,79	3,97	4,15	4,33	4,50	4,68	4,86	0,00	0,04	0,09	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30	0,34	0,38	
1160	2,12	2,36	2,61	2,85	3,09	3,32	3,56	3,80	4,03	4,26	4,49	4,72	4,94	5,17	5,39	5,61	5,83	6,05	0,00	0,06	0,11	0,17	0,23	0,28	0,34	0,40	0,45	0,51
1750	2,72	3,06	3,39	3,72	4,05	4,37	4,69	5,01	5,32	5,62	5,92	6,22	6,51	6,80	7,08	7,36	7,63	7,90	0,00	0,09	0,17	0,26	0,34	0,43	0,51	0,60	0,77	
200	0,57	0,62	0,67	0,72	0,77	0,82	0,87	0,92	0,97	1,02	1,07	1,12	1,17	1,22	1,27	1,32	1,36	1,41	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
400	0,97	1,07	1,16	1,26	1,35	1,45	1,54	1,64	1,73	1,82	1,91	2,01	2,10	2,19	2,28	2,37	2,47	2,56	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
600	1,32	1,46	1,60	1,73	1,87	2,01	2,14	2,28	2,41	2,54	2,68	2,81	2,94	3,07	3,20	3,33	3,46	3,59	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26
800	1,63	1,81	1,99	2,16	2,34	2,51	2,69	2,86	3,03	3,20	3,37	3,54	3,71	3,88	4,05	4,21	4,38	4,54	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,27	0,31	0,35
1000	1,91	2,13	2,34	2,56	2,77	2,98	3,19	3,40	3,61	3,81	4,02	4,22	4,42	4,62	4,82	5,02	5,22	5,41	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,39	0,44
1200	2,17	2,42	2,67	2,92	3,16	3,41	3,65	3,89	4,13	4,37	4,60	4,84	5,07	5,30	5,53	5,75	5,98	6,20	0,00	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,35	0,41	0,47	0,53
1400	2,39	2,68	2,96	3,24	3,52	3,79	4,07	4,34	4,61	4,87	5,13	5,39	5,65	5,91	6,16	6,41	6,66	6,90	0,00	0,07	0,14	0,21	0,27	0,34	0,41	0,48	0,55	0,62
1600	2,59	2,91	3,22	3,53	3,84	4,14	4,44	4,74	5,03	5,32	5,61	5,89	6,17	6,44	6,72	6,98	7,25	7,51	0,00	0,08	0,16	0,24	0,31	0,39	0,47	0,55	0,63	0,71
1800	2,76	3,11	3,45	3,78	4,12	4,45	4,77	5,09	5,40	5,71	6,02	6,32	6,61	6,90	7,19	7,47	7,74	8,01	0,00	0,09	0,18	0,26	0,35	0,44	0,53	0,62	0,71	0,79
2000	2,90	3,28	3,64	4,00	4,36	4,71	5,05	5,39	5,72	6,04	6,36	6,68	6,98	7,28	7,57	7,86	8,14	8,41	0,00	0,10	0,20	0,23	0,39	0,49	0,59	0,69	0,78	0,88
2200	3,02	3,41	3,80	4,18	4,56	4,92	5,28	5,63	5,98	6,31	6,64	6,96	7,27	7,57	7,87	8,15	8,42	8,69	0,00	0,11	0,22	0,32	0,43	0,54	0,65	0,75	0,86	0,97
2400	3,11	3,52	3,93	4,32	4,71	5,09	5,46	5,82	6,17	6,51	6,84	7,16	7,47	7,77	8,05	8,33	8,59	8,84	0,00	0,12	0,24	0,35	0,47	0,59	0,71	0,82	0,94	1,06
2600	3,16	3,59	4,01	4,42	4,82	5,21	5,58	5,95	6,30	6,64	6,96	7,28	7,58	7,86	8,13	8,39	8,63	8,86	0,00	0,13	0,26	0,38	0,51	0,64	0,76	0,89	1,02	1,15
2800	3,19	3,63	4,06	4,48	4,88	5,27	5,66	6,01	6,35	6,68	7,00	7,30	7,58	7,85	8,10	8,33	8,54	8,73	0,00	0,14	0,27	0,41	0,55	0,69	0,82	0,96	1,10	1,24
3000	3,16	3,63	4,06	4,48	4,89	5,28	5,66	6,00	6,33	6,65	6,95	7,23	7,48	7,72	7,94	8,13	8,31	8,46	0,00	0,15	0,29	0,44	0,59	0,74	0,88	1,03	1,18	1,32
3200	3,13	3,59	4,02	4,44	4,84	5,22	5,58	5,92	6,24	6,53	6,80	7,05	7,27	7,47	7,65	7,80			0,00	0,16	0,31	0,47	0,63	0,78	0,94	1,10	1,25	1,41
3400	3,05	3,51	3,94	4,35	4,74	5,11	5,45	5,76	6,05	6,32	6,55	6,77	6,95	7,10					0,00	0,17	0,33	0,50	0,67	0,83	1,00	1,17	1,33	1,50
3600	2,93	3,38	3,81	4,21	4,58	4,92	5,24	5,53	5,78	6,01	6,21	6,37							0,00	0,18	0,35	0,53	0,71	0,88	1,06	1,24	1,41	1,59
3800	2,77	3,21	3,62	4,00	4,35	4,67	4,96	5,21	5,42	5,60									0,00	0,19	0,37	0,56	0,75	0,93	1,12	1,30	1,49	1,68
4000	2,57	3,00	3,39	3,74	4,07	4,35	4,60	4,80	4,96										0,00	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,18	1,37	1,57	1,76
4200	2,33	2,73	3,10	3,42	3,71	3,95	4,15												0,00	0,21	0,41	0,62	0,82	1,03	1,24	1,44	1,65	1,85
4400	2,04	2,42	2,75	3,04	3,28	3,47													0,00	0,22	0,43	0,65	0,85	1,08	1,29	1,51	1,73	1,94
4600	1,70	2,05	2,34	2,59															0,00	0,23	0,45	0,66	0,90	1,13	1,35	1,58	1,80	2,03
4800	1,32	1,63	1,86																0,00	0,24	0,47	0,71	0,94	1,18	1,41	1,65	1,88	2,12
5000	0,88	1,15																	0,00	0,25	0,49	0,73	0,98	1,23	1,47	1,72	1,96	2,21
5200	0,40																		0,00	0,28	0,51	0,76	1,02	1,27	1,53	1,76	2,04	2,29

Tabla 1.A: Prestación base por correa para la sección B.

A mis padres, Roberto y Nélida.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento

A mi tutor Dr. Rogelio Hecker de la Universidad Nacional de La Pampa Facultad de Ingeniería por sus apreciados y relevantes aportes, críticas, comentarios y sugerencias para el desarrollo de este trabajo. También quiero agradecerle por su predisposición en la gestión dentro de la facultad, en temas que necesitaban mi presencia y que debido a la gran distancia en la que me encontraba no podía estar presente.

Al gerente general del Molino Cañuelas Planta Industrial Pigüé, Guillermo Larrañaga que me permitió realizar mi pasantía en una empresa de renombre internacional.

Al gerente de planta Ing. Guillermo Simón y al jefe de planta Ing. Roberto Ruggeri por su predisposición permanente e incondicional en aclarar mis dudas y por sus substanciales sugerencias durante la redacción de la tesis, por sus amistades.

A la Prof. Flavia Ferrer Olivera y Lic. Martín Mario por su desinteresada colaboración en temas de redacción y armado de la tesis compartiendo su tiempo de manera generosa durante el desarrollo de este trabajo, por sus amistades.

INDICE

Resumen	07
Introducción	11
Trigo	11
Maíz	14
Memoria descriptiva.....	16
1 Infraestructura existente	16
2 Descripción del proceso	16
3 Recepción y almacenamiento de la materia prima	19
4 Molienda	20
5 Mezclado	21
6 Servicios necesarios	22
6.a Energía eléctrica	22
6.b Aire comprimido	24
6.c Vapor de agua	24
7 Verificación de la capacidad en los equipos existentes	24
Memoria técnica	25
1 Demanda de potencia	25
2 Línea trifásica principal	26
3 Corrección del factor de potencia	27
4 Capacidad de carga del elevador E-3	28
Elevadores a cangilones	28
Tipos de elevadores	30
5 Aislamiento térmico en cañerías de vapor	36
Propiedades de la lana mineral	36

Características técnicas de la caldera	37
6 Transporte neumático	38
Memoria de cálculo.....	40
1 Determinación de la sección del conductor	40
2 Cálculo de la velocidad de la cinta del elevador E-3	41
3 Cálculo de la capacidad del elevador E-3	44
4 Determinación de la potencia reactiva	44
Corrección del factor de potencia para la planta de subproductos	46
5 Rosca transportadora	47
Datos del motor	47
Datos concernientes a la transmisión de potencia de la rosca	47
Datos de la espira o caracol	47
6 Cálculo del transporte neumático	50
7 Cálculo de la transmisión por correas del motosoplador	51
1 Coeficiente de corrección de la potencia	52
2 Sección de la correa	54
3 Relación de transmisión	55
4 Elección de los diámetros primitivos de las poleas	55
5 Distancia entre ejes	57
6 Longitud primitiva de la polea	57
7 Factor de corrección en función de la longitud de la correa	59
8 Determinación del arco de contacto	60
9 Factor de corrección del arco de contacto	60
10 Velocidad de la correa	61
11 Prestación base	62
12 Potencia efectiva por correa	62
13 Cantidad de correas	62
Resultados del cálculo	63
Selección de la válvula rotativa	64

Cálculo del costo total de la obra 65

Conclusión 66

Bibliografía 67

Anexos

A Tablas

B Planos

RESUMEN

El “Molino Cañuelas”, planta industrial Pigüé ubicado entre las calles Alexis Domergue, Sarmiento y Rastreador Fournier (ver Anexo B plano 1), cuenta con una estación de pelleteado antiguamente empleada para la elaboración de pellet a base de afrechillo. “Se entiende por Pellets de Afrechillo de Trigo, a los comprimidos cuyo contenido responda a las cualidades normales de los residuos denominados, Subproductos de Molienda”¹ (ver *Figura 1*), este se obtiene durante una de las fases del proceso de fabricación del producto final de la planta antes mencionada, que es la harina de trigo.



Figura 1: Pellets de afrechillo de trigo.

Con el objetivo principal de incorporarle valor agregado al afrechillo, a disposición en esta planta y teniendo en cuenta que se dispone de espacio físico y maquinarias en desuso, algunas de ellas requieren un mantenimiento general como la prensa peletizadora, tablero de comandos y roscas sin fin entre otras. Mientras que otras demandan modificaciones estructurales (ver *Figuras 2, 3 y 4*). Por tal motivo, se propone el montaje de una planta de alimento balanceado para la fabricación de tres tipos de fórmulas. Dos de ellas orientadas al segmento de mercado del tambo y la otra

¹ Bolsa de comercio de Rosario. Normas de comercialización. Norma XV Pellets de Afrechillo S.A.G y P 1075/94 [publicación en línea]. Disponible desde internet en:

< <http://www.bcr.com.ar/Normas/normas/NORMA XV Pellets Afrechillo.pdf> >

para feedlot. “Un feedlot de bovinos para carne es un área confinada con comodidades adecuadas para una alimentación completa con propósitos productivos. Esta definición no incluye encierres temporarios para destetar terneros, encierres por emergencias sanitarias, climáticas, u otros encierres transitorios. Las instalaciones para acopio, procesado y distribución de alimentos se las considera parte de la estructura”².

La elección de estas tres fórmulas alternativas se fundamenta en que actualmente, es el segmento de mayor participación en la zona de influencia de la planta y les permitiría dar los primeros pasos de conocimiento de fórmulas y de posicionamiento de marca en el mercado de alimentos balanceados.



Figura 2: Prensa peletizadora.

² Aníbal J. Pordomingo 2003. Gestión ambiental en el feedlot. Guía de buenas prácticas. Inta Anguil. La Pampa Argentina [publicación en línea]. Disponible desde internet en:

<http://www.inta.gov.ar/Anguil/info/otras/feedlot/feedlot.pdf>



Figura 3: Tablero de comandos.



Figura 4: Roscas sin fin.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente proyecto es la proyección de una planta productora de alimento balanceado que sería montada en el Molino Cañuelas, Planta Industrial Pigué.

Previo al comienzo de la descripción de este trabajo es conveniente que se tenga conocimiento sobre una de las materias primas que el Molino Cañuelas S.A. procesa, el trigo (*Triticum aestivum*), del cual deriva el componente con mayor porcentaje de participación en las distintas fórmulas de alimento balanceado a producir.

Trigo

³La estructura de todos los granos de cereales, diagrama de la sección longitudinal de un grano de trigo, como se observa en la *Figura 5* está compuesta por:

- La cáscara de celulosa, la cual no tiene valor nutritivo para los seres humanos;
- El pericarpio y testa, dos capas bastante fibrosas que contienen pocos nutrientes;
- La capa de aleurona rica en proteínas, vitaminas y minerales;
- El embrión o germen, rico en nutrientes;
- El endospermo, que comprende más de la mitad del grano y consiste principalmente en almidón.

³ Material extraído del Curso de Molinería. Comité de Educación de la AOM (Association of Operative Millers). Departamento de Ciencias e Industria de los Cereales de la Universidad del Estado de Kansas.

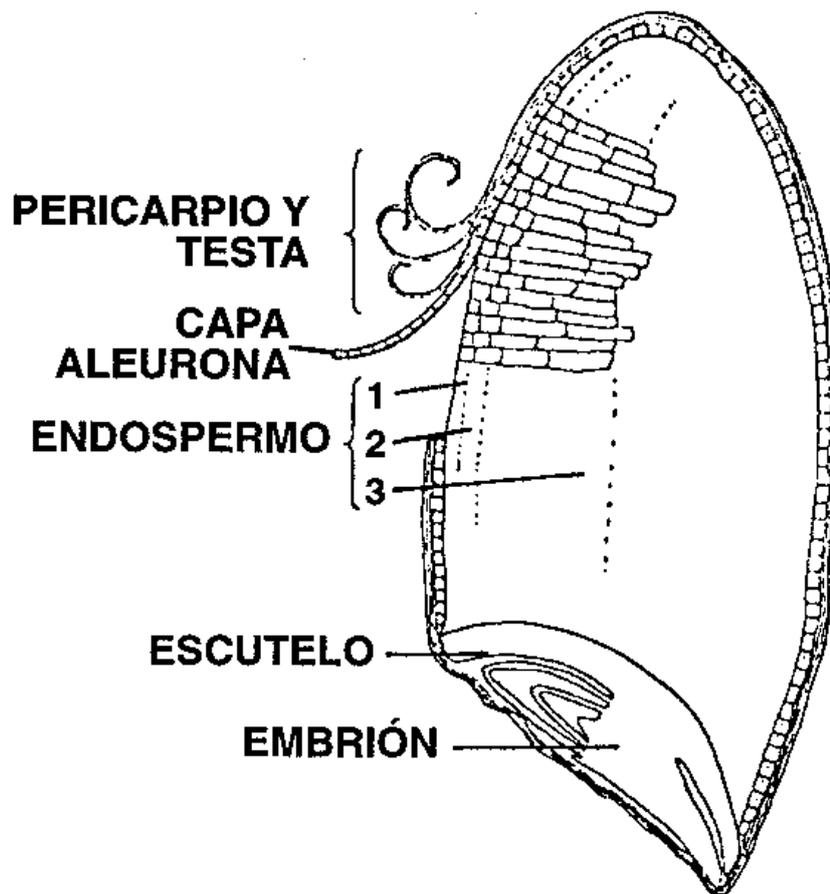


Figura 5: Diagrama de la sección longitudinal de un grano de trigo.

La composición del grano de trigo es muy variable. La proteína bruta, por ejemplo, puede oscilar entre 6 y 22 %, aunque normalmente se mantiene entre 8 y 14 %. La variedad, así como el clima y la fertilidad del suelo, influyen sobre el contenido en proteína. La cantidad y propiedades de las proteínas presentes en el trigo tienen una gran importancia para decidir la calidad del grano para la producción de harina. Las proteínas más importantes del endospermo (parte central del grano de trigo rico en almidón) son la prolamina (gliadina) y la glutelina (glutenin).

Al complejo de proteínas del endospermo se le da el nombre de “gluten”. Estas dos proteínas no tienen la misma composición de aminoácidos; la glutelina contiene tres veces más lisina (compuesto cristalizante, muy soluble en agua) que la gliadina. Los principales aminoácidos del gluten de trigo son el ácido glutámico (33 %) y la prolina (12 %), ambos no esenciales. Todos los glútenes de trigo tienen propiedades variables y poseen elasticidad.

⁴Se cree que esta propiedad del gluten es la que hace que el trigo finalmente molido no sea apetecible para los animales cuando se da en cierta cantidad. El trigo, sobre todo si está muy molido, forma una masa pastosa en la boca, que puede originar trastornos digestivos. La composición del grano de trigo consta de un 77 % de harina y un 23 % de los llamados subproductos del trigo, semitín (harina de baja calidad) y afrechillo.

El afrecho de trigo es una mezcla de la cubierta externa gruesa del grano de trigo, harina y algunas semillas de malezas finamente molidas. El aspecto del afrecho es el de un material marrón laminado. Mientras que, el afrechillo de trigo representa la capa externa del grano que se encuentra por debajo de la cubierta externa (aleurona), el endospermo y algunas partículas de afrecho.

Otro componente importante en las distintas variedades de alimento balanceado es el maíz del cual hablaré a continuación.

⁴ Material extraído de MC Donald, P; Edwards, R.A., y Greehalgh (1993). Nutrición animal (4ª Edición). Editorial Acribia. Zaragoza (España).

Maíz

⁵El maíz, como los demás cereales, tiene ciertas limitaciones cuando se emplea como alimento para los animales de granja. Aunque es una excelente fuente de energía digestible, es pobre en proteína y la que posee es de baja calidad. Contiene un 65 % de almidón, tiene muy poca fibra y un valor elevado de energía metabolizable. El contenido en proteína bruta del maíz es muy variable y generalmente oscila entre 8 y 13 %.

Basándose en los fundamentos químicos-biológicos de las fórmulas elegidas, el afrechillo es el insumo predominante en las de tambos mientras que en la otra es el maíz.

Cuando se habla de los fundamentos químicos-biológicos de las fórmulas elegidas, se hace referencia al valor químico y nutricional que cada componente aporta a las fórmulas consideradas para las dos categorías de animales contempladas.

Este alimento balanceado está desarrollado para cubrir las necesidades nutricionales de los animales a los cuales está dirigido, teniendo en cuenta que deben suministrarse en bajos volúmenes, a temprana edad, para asegurar una ingestión adecuada por parte del animal. La argumentación anterior es de gran importancia para los terneros, ya que no disponen de gran capacidad digestiva cuando son jóvenes, pues prácticamente carecen de rumen funcional.

Al apreciar el afrechillo de trigo y maíz, están teniendo en cuenta el aporte de proteína bruta + proteína digerible. Todo esto podría pensarse que es fácilmente

⁵ Material extraído de MC Donald, P; Edwards, R.A., y Greehalgh (1993). Nutrición animal (4ª Edición). Editorial Acribia. Zaragoza (España).

suministrable a campo o a silo, pero es necesario el requerimiento de calcio, las vitaminas y las sales de suplementación en las cuales considerarían los aportes necesarios de fósforo, potasio y sodio para que se cumpla la cadena fisiológica de asimilación de compuestos nitrogenados que serán convertidos en leche o músculo de acuerdo a la categoría de animal considerada.

El afrechillo de trigo, les brinda los aportes nutricionales nitrogenados necesarios para acrecentar la producción de leche o aumentar el kilo vivo/día en función de la materia seca aportada; mientras que el maíz, les hace el aporte energético necesario para catalizar las funciones de asimilación. Además, de estos aportes se debe suplementar también, con las dosis de calcio, fósforo y vitaminas necesarias para poder así, completar el crecimiento lechero o de engorde.

Por último, a los efectos de hacer comprensible la lectura del presente informe se procederá a explicar la organización de la misma. De ahora en adelante se mencionará como *“Instalaciones o Procesos Existentes”* a todo material, maquinaria, proceso, etc. que se observó en el Molino Cañuelas al momento de ingresar al territorio de investigación, y como *“Proyecto”* a toda nueva instalación, modificación, propuesta de mejoramiento o simplemente sugerencia técnica que se haga referida a lo encontrado en el predio.

En el apartado *“Anexo B”* encontrarán los planos que ilustran con mayor claridad lo expresado en este trabajo.

MEMORIA DESCRIPTIVA

Como se mencionó anteriormente el “Molino Cañuelas”, Planta Industrial Pigüé cuenta con equipamiento que ha estado inactivo durante un tiempo prolongado, el cual puede ser utilizado para formar parte del proceso de fabricación del balanceado.

1 - Infraestructura existente

Los equipos e instalaciones existentes en el “Molino Cañuelas”, Planta Industrial Pigüé que serán utilizados para la producción de alimento balanceado, son los siguientes:

- Elevadores a cangilones E3 y E4.
- Prensa peletizadora con capacidad de compresión de 1500 a 5000 kg/h.
- Columna enfriadora.
- Instalación de cañería de vapor (inclusive cuadro de vapor).
- Rosca transportadora helicoidal ROS2 y ROS3.
- Depósito metálico aéreo sobre prensa peletizadora.

2 - Descripción del proceso con las instalaciones existentes

Lo que se describirá a continuación es el proceso que se puede implementar desde las instalaciones ya existentes en el “Molino Cañuelas”.

El proceso comienza a partir del elevador 3 (E-3) que será el encargado de transportar el alimento en polvo ya mezclado, proveniente del receptor bajo la mezcladora, con los aditivos necesarios a una prensa peletizadora (ver *Anexo B*, plano

2, referencia 8) con una capacidad de compresión de 1500 a 5000 kg/h y una potencia necesaria de 60 a 75 CV. Con la ayuda de un consumo de vapor de agua de aproximadamente entre 200 a 400 kg/h según la mezcla, se da forma al producto final.

La prensa peletizadora descarga a una columna enfriadora (ver *Anexo B*, plano 2, referencia 9) cuya misión es reducir la humedad y la temperatura del pelet para su mejor conservación. En el enfriador vertical los gránulos fluyen por gravedad y el aire es aspirado a través de las dos columnas de pelets por medio de un ventilador centrífugo que forma parte del equipo enfriador y ha sido diseñado para el mismo. Actualmente como se puede ver en la Figura 6, se encuentra instalado con otro propósito en la planta.



Figura 6: Columna enfriadora.

El vapor que utiliza la prensa es regulado por una válvula, a la entrada de la misma, que se encuentra en un by-pass típico (ver *Anexo B*, plano 8) o también llamado

“cuadro de vapor”, este permite el acceso tanto manual o automático del fluido. El propósito secundario del by-pass es el de facilitar la reparación aislando (desviación del vapor) el problema en cuestión mediante el cierre manual de determinadas válvulas esféricas.



Figura 7: Cuadro de vapor existente.

Luego de la columna enfriadora, el balanceado es guiado por la rosca transportadora 3 (ROS3) al elevador 4 (E-4) el cual vuelca su carga en los 4 silos que finalizan el proceso y se ubican según se muestra en el plano correspondiente (ver *Anexo B*, plano 1). El equipo que une el E-3 con la prensa peletizadora es una nueva rosca helicoidal (ROS2) que deposita la materia prima en un depósito aéreo el cual abastece la prensa como se observa en la *Figura 8*.



Figura 8: Vista de la rosca transportadora ROS2.

El proceso industrial culmina con la carga a granel del producto final proveniente de los silos contenedores a los camiones, con el uso de roscas transportadoras dispuestas con un adecuado grado de inclinación respecto de la horizontal para facilitar la descarga.

3 - Recepción y almacenamiento de la materia prima

El proceso de producción del alimento balanceado que de ahora en adelante será parte del proyecto, comienza con el arribo de las materias primas, tales como el maíz y el pellets de girasol. Estos llegan en camiones, los cuales son pesados en la balanza (ver *Anexo B*, plano 1) que se encuentra a la entrada de la Planta Industrial Pigüé, para ser ingresados posteriormente a la planta de silos número 4 (ver *Anexo B*, plano 1), donde son descargados a través de un volquete hidráulico. Tanto el maíz en el silo 1 (ver

Anexo B, plano 1, S1) como el pellets de girasol en el silo 2 (ver *Anexo B*, plano 1, S2) son trasladados mediante transporte neumático a 4 de las 6 tolvas disponibles de aproximadamente 25 m³ cada una, con el fin de dosificar los distintos componentes macro dependiendo de las fórmulas a producir. Las 2 restantes serán usadas para el almacenaje de afrechillo que proviene del sector del molino harinero, trasladado de la misma manera que las materias primas a las cuales antes se hizo mención.

La balanza tolva que recibirá las materias primas mencionadas en el párrafo anterior posee una capacidad de carga de 600 kg con una puerta de inspección en cuerpo. Se encontrará colgada sobre 2 caballetes con sus respectivas celdas de carga, posee una boca de descarga con extractor helicoidal incorporado de aproximadamente 8 m de largo, con mando por moto reductor y motor incorporado de 2 CV y sistema de control de peso por celda de carga y visor digital electrónico (ver *Anexo B* plano 7).

4 - Molienda

Una vez dosificadas las principales materias primas son transportadas mediante un elevador o también llamado noria, identificado como E-1 (ver *Anexo B*, plano 2, E-1), a un depósito metálico aéreo. Su contenido es enviado mediante un dosificador helicoidal (ver *Anexo B*, plano 2, ROS1) para la correcta alimentación del molino triturador a martillos (ver *Anexo B*, plano 2, referencia 5). Para esto, consta de velocidad variable controlada por un variador electrónico de frecuencia, con seguidor amperométrico incorporado. Antes de que la carga dosificada pase al moedor debe recorrer una trampa magnética con un imán permanente adaptado. El objetivo del separador de imán es sacar cualquier material ferromagnético o lo que se conoce en la industria como hierro “vagabundo”.

El molino tiene como función moler la carga, sobre una zaranda perforada que cubre el 90 % de la superficie del rotor, mediante martillos (planchas de acero) tratados térmicamente los cuales se encuentran sujetos al mismo y balanceados electrónicamente. Debajo de este molino triturador se encuentra lo que se denomina

un plénum con forzador, para el transporte de los productos del molino al pie del elevador 2 (ver *Anexo B*, plano 2, E-2). Este tipo de equipo permite el acople de una campana de aspiración, que con el uso de una bandeja de carga incorporada, facilitarán el acceso de productos menores o aditivos, impulsados por un ventilador industrial. El equipo de aspiración y descompresión optimizan el rendimiento del molino a martillos sacando el producto molido con menor temperatura y evitando el polvillo en zonas de molienda.

5 - Mezclado

Mediante E-2 da comienzo la siguiente etapa que consiste en el mezclado de la composición final del producto. La misma es fundamental para obtener la mejor calidad del alimento balanceado porque es en este proceso donde las materias primas deben lograr una consistencia homogénea.

El trabajo parte de la descarga del elevador a un depósito metálico aéreo (ver *Anexo B*, plano 2, referencia 4) que se utiliza como pulmón sobre una mezcladora horizontal de 1100 l de capacidad de carga. Este tipo de maquinaria posee una cámara de mezclado 100 % cilíndrica (diseño favorable a la limpieza) que garantiza la no existencia de zonas quietas durante el mezclado. También posee un cerramiento de frente fijo y otro (lado opuesto al mando) totalmente desmontable para retirar o incorporar el eje completo con rayos y palas mezcladoras. Incluye una tapa superior (de montaje abulonado) con espacio suficiente en el tercio central para recibir la carga de llenado; además contiene una puerta de inspección abisagrada, con cierres rápidos, que permite el acceso de personal para realizar tareas de mantenimiento.

La parte inferior del mezclador presenta en todo su perímetro una terminación bridada para acoplamiento totalmente estanco. El rotor está compuesto por 6 paletas mezcladoras postizas con registro para ajustar la separación respecto de la cámara de mezclado. El eje porta paletas se construye con un tubo de pared gruesa Schedule 160 montado sobre rodamientos de doble hilera de rodillos a rótula, con manguitos de

desmontaje del lado del motor y manguito de montaje del lado opuesto al mando. En ambos extremos se instalan sellos tipo “prensaestopas” para garantizar la estanqueidad de la cámara de mezclado. También contiene una compuerta de vaciado de fondo de apertura radial abisagrada en toda la longitud de la cámara, garantizando el vaciado total en un tiempo máximo de 10 segundos. Bajo este equipo, se sitúa un depósito receptor de 800 l de capacidad, con una tolva y un extractor helicoidal encargado de llevar la mezcla homogénea al próximo elevador (E-3), haciendo uso de una transmisión adecuada.

6 - Servicios necesarios

Los servicios necesarios para el correcto desempeño de la planta de alimento balanceado como la que estamos tratando son:

- a) Energía eléctrica.
- b) Aire comprimido.
- c) Vapor de agua.

6.a - Energía eléctrica

Para el suministro de la energía eléctrica tanto del molino harinero existente en el predio como de la nueva planta de alimento balanceado proyectada, esta empresa cuenta con dos transformadores de 1000 kva de potencia, en los cuales el bobinado primario está conectado internamente en triángulo y el secundario en estrella con una diferencia de fase entre las tensiones primaria y secundaria de 11 grados, lo que se representa con las siglas DY11 y especifican una tensión de cortocircuito del 5 % (ver *Anexo B*, plano 9).

También cuentan con un sistema automático de bancos de capacitores que se acoplan cuando es necesario el aporte de la potencia reactiva, para corregir el factor de potencia, impuesto por la empresa suministradora de energía.

El sistema de puesta a tierra utilizado por quien suministra la energía es conocido como TT, en donde la primera letra indica la condición de puesta a tierra de la fuente de energía (el centro de estrella de los transformadores) y la segunda letra indica las condiciones de la puesta a tierra de las masas de la instalación eléctrica (en el usuario).

Con este tipo de sistema las masas de las instalaciones están interconectadas y puestas a tierra en un solo punto.

En cuanto a la alimentación de energía eléctrica propuesta en el presente proyecto, se colocará una nueva línea trifásica que alimentará el sector de embolse del afrechillo, del semitín y las nuevas instalaciones. Esta decisión tiene como fin evitar la sobrecarga de los conductores de otros sectores del molino y poder visualizar claramente la entrada del conductor principal.

Se desmontará el tablero de comandos e indicadores que se encuentra parcialmente funcionando. El término parcialmente explica las condiciones actuales del mismo, ya que se utiliza para dar energía a la parte destinada a la carga de afrechillo en polvo a camiones. Más adelante se calculará la línea de alimentación, teniendo en cuenta que habrá un consumo estimado de 392 A tomando consideraciones que se describirán en el avance de este informe.

Tanto para la sección del embolse antes mencionado como para la del nuevo producto de la empresa se determinará la potencia reactiva necesaria para compensar el factor de potencia.

6.b - Aire comprimido

Con respecto al aire comprimido se plantea en este proyecto el cálculo del transporte neumático que tiene como objetivo trasladar el maíz y el pellets de girasol, desde los silos que los contiene, ubicados en la planta de silos número 4, hacia las tolvas utilizadas para la dosificación de los distintos componentes macro que se utilizarán para la composición de las diversas fórmulas de alimento balanceado.

6.c - Vapor de agua

Se determinará la aislación térmica conveniente para el tramo de tuberías que se encuentra en este momento desacoplado a la instalación existente.

7 - Verificación de capacidad en equipos existentes

Se realizará una verificación de las capacidades de los equipos tanto nuevos como existentes para que el acoplamiento de los mismos, teniendo en cuenta el volumen de producción, sea incompatible.

MEMORIA TÉCNICA

A continuación se listan los temas a tratar, en donde en cada uno de ellos se explicará las consideraciones y parámetros a tener en cuenta para el posterior cálculo de cada uno de los ítems enumerados.

- 1) Demanda de potencia.
- 2) Línea trifásica principal.
- 3) Corrección del factor de potencia.
- 4) Capacidad de carga del elevador E-3.
- 5) Aislamiento térmico en cañerías de vapor.
- 6) Transporte neumático.

1 - Demanda de potencia

La potencia total demandada por la planta de balanceado se determina, considerando que el molino triturador a martillos, uno de los componentes principales de la planta, se encuentra operando el 100 % del tiempo a partir de la puesta en marcha de la producción. En cuanto a la participación del resto de los equipos lo hace en un 80 %. A estas potencias se le debe sumar las ya existentes como las del E-3, E-4, ROS2 y ROS3 y la prensa respectivamente, con un $\cos \varphi$ de 0,9. Por lo tanto se concluye a la tabla 1 como puede verse a continuación.

Parámetro	Valor
DPMSSES	58 kva
DPMSPAB	150 kva
DPMST	208 kva
TENSION DE SUMINISTRO	380/220 V
FRECUENCIA	50 Hz.

Tabla 1: Parámetros eléctricos.

DPMSSES: Demanda de Potencia Máxima Simultánea por Sector de Embalse de Subproductos.

DPMSPAB: Demanda de Potencia Máxima Simultánea por Planta de Alimento Balanceado.

DPMST: Demanda de Potencia Máxima Simultánea Total.

2 - Línea trifásica principal

La línea que alimentará al tablero principal se posicionará sobre bandejas porta cables tipo escalera que ya se encontraban emplazadas para el funcionamiento de la planta en el presente. El tablero principal se ubicará en el lugar donde se encontraba aquel que alimentaba a todo lo concerniente a la producción de pellets de afrechillo. La conexión desde el transformador hasta el tablero principal, se realizará a partir de un interruptor termomagnético Siemens regulable en cuanto a su disparo de desconexión, que abarca desde los 350 A a 630 A con un conductor unipolar por fase. Cada uno de dichos conductores dispuestos en forma de trébol será de Cu con una sección de 240 mm², la cual fue seleccionada teniendo en cuenta la disposición y consumo de la planta a instalar y verificada analizando la caída de tensión en el conductor, la cual debe cumplir determinados requerimientos detallados más adelante. Dicho conductor se conectará al tablero principal mediante un seccionador

tripolar modelo LTL 2 de una tensión nominal de 660 V y una corriente nominal de 400 A de la empresa “Semikron”, en el cual se colocarán fusibles NH-2 clase gl de 400 A.

Las características principales extraídas de tabla del conductor antes mencionado son:

- Resistencia Máxima en CA a 80 °C (Cu): $0.0935 [\Omega/km]$.
- Reactancia Inductiva por fase a 50 Hz: $0.072 [\Omega/km]$.
- Corriente Admisible Máxima en aire (Cu): 461 A.

Luego a la salida de este interruptor irán dos seccionadores de menor capacidad, uno destinado a la sección de embalse de subproductos ya existente y el otro a la planta de alimento balanceado. El primero será un seccionador de 160 A, al cual se le colocarán fusibles NH-00 gl de 40 A, en cambio la otra área llevará un seccionador de 400 A con fusibles NH-2 gl de 355 A.

La temperatura ambiente adoptada para el proceso de cálculo eléctrico, teniendo en cuenta que se hará uso de bandejas perforadas para la disposición de los conductores es de 30 °C.

Así mismo el factor de potencia utilizado en líneas trifásicas es de $\cos \varphi = 0.9$.

3 - Corrección del factor de potencia

Para el cálculo de la potencia reactiva necesaria se hizo la suposición de un factor de potencia inicial de 0.87 considerando para los motores un 75 % de su potencia nominal.

Para la parte actual del embalse de los subproductos es necesario poner capacitores equivalentes a 10 kvar y para la de alimentos en polvo 40 kvar de acuerdo a los cálculos que se verán a continuación. Para la primera de las potencias reactivas se pondrán porta fusibles y fusibles respectivamente de 25 A en cambio para la segunda

serán de 100 A de acuerdo con el fabricante de los capacitores “Elecond”. Dichos capacitores serán del tipo INTERPERIE “FT” servicio exterior y se usarán para su conexión contactores tripolares para condensadores de la empresa “Schneider Electric” modelos LC1DTK12M5 (40 kvar) y LC1DFK11M5 (10 kvar) respectivamente.

4 - Capacidad de carga del elevador E-3

Elevadores a cangilones

⁶Los elevadores a cangilones o norias son los transportadores normalmente usados para elevar materiales a granel. Son seguros, de buen rendimiento y bajo mantenimiento.

Consisten en un elemento de tracción que puede ser una cinta de tela y goma, o bien una o dos cadenas que cumplen un recorrido sin fin entre ruedas, poleas o tambores. Las mismas se dividen en superiores que siempre se desempeñan como motrices y excepcionalmente como tensores, y en inferiores, que normalmente se desempeñan como tensores y son de eje fijo (no desplazable).

A intervalos regulares van fijos sobre el elemento de tracción unos recipientes o cangilones que son los encargados de transportar el material a granel. Éstos pueden ir uno al lado del otro, casi tocándose, o bien con una cierta separación. La carga se realiza en la parte inferior, ya sea por dragado realizado por los cangilones dentro de un recipiente envolvente inferior de forma cilíndrica denominada bota al cual llega el

⁶ Material extraído del Ing. Mecánico Carlos Pelegrino. Curso 1987. Transportes Industriales. Departamento de Ingeniería Universidad Nacional del Sur.

material por un canal de carga, o bien el material es cargado directamente por el canal de carga dentro de los cangilones.

La descarga se efectúa luego de que los cangilones superan el punto superior de la rueda superior o de cabeza, ya sea por la acción de la fuerza centrífuga o por gravedad, saliendo el material en ambos casos por un canal de descarga.

Todo el conjunto va encerrado en un envoltorio metálico que además de impedir el escape de polvo y la pérdida del material derramado, sirve como estructura de sostén. Cuando el ancho del elevador es grande, para dar una estructura de sostén más rígida, cada ramal ascendente y descendente va encerrado en una caja envolvente propia llamada “pierna o pantalón”. Véase *Figura 9*.

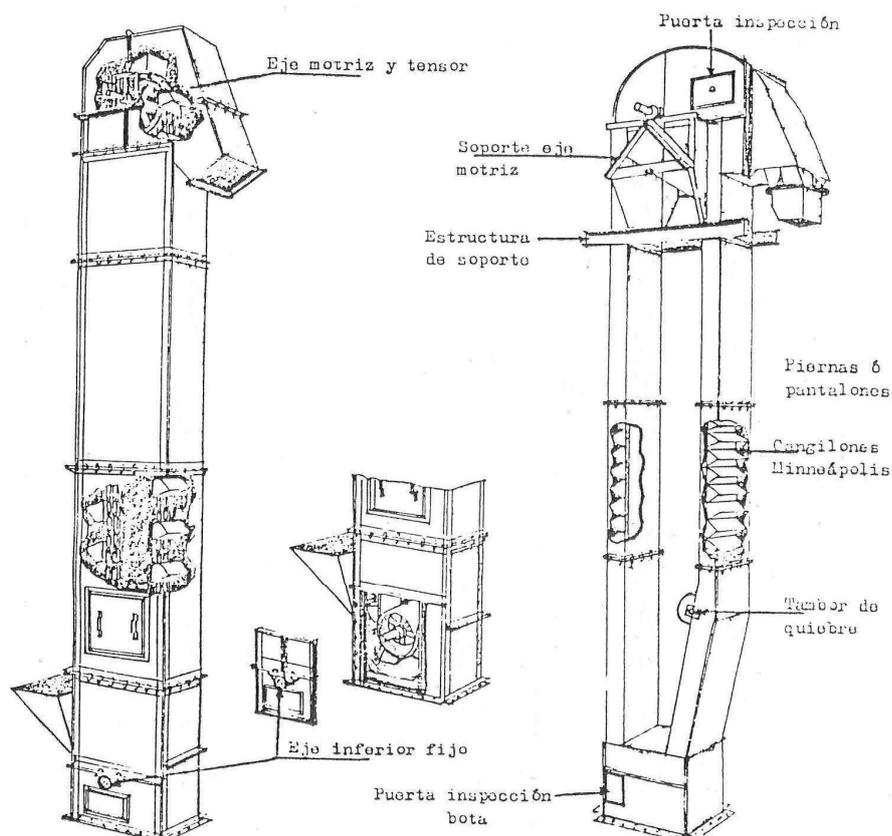


Figura 9: Elevador discontinuo de descarga centrifuga de 2 piernas.

Tipos de elevadores

En la tabla 2 se clasifican las diferentes clases de elevadores a cangilones que pueden encontrarse en la industria.

Verticales	
Discontinuos	Continuos
De descarga centrífuga	Continuo Simple
De descarga perfecta	De supercapacidad
Inclinados	
Continuo simple	De supercapacidad

Tabla 2: Clasificación de elevadores

A modo ilustrativo en las Figuras 10, 11 y 12 se observan algunas de las variedades enunciadas en la tabla anterior.

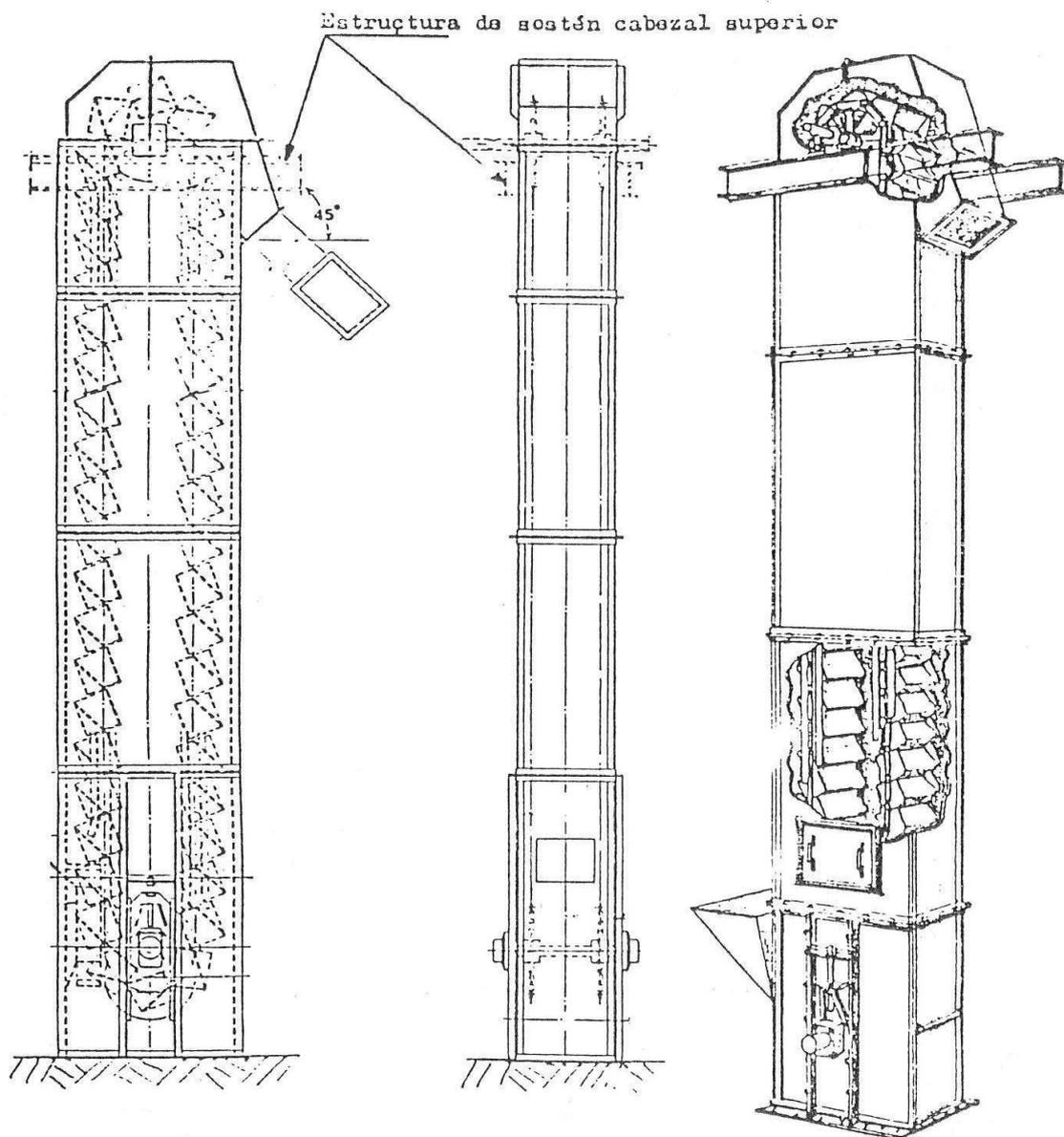


Figura 10: Elevador continuo de supercapacidad.

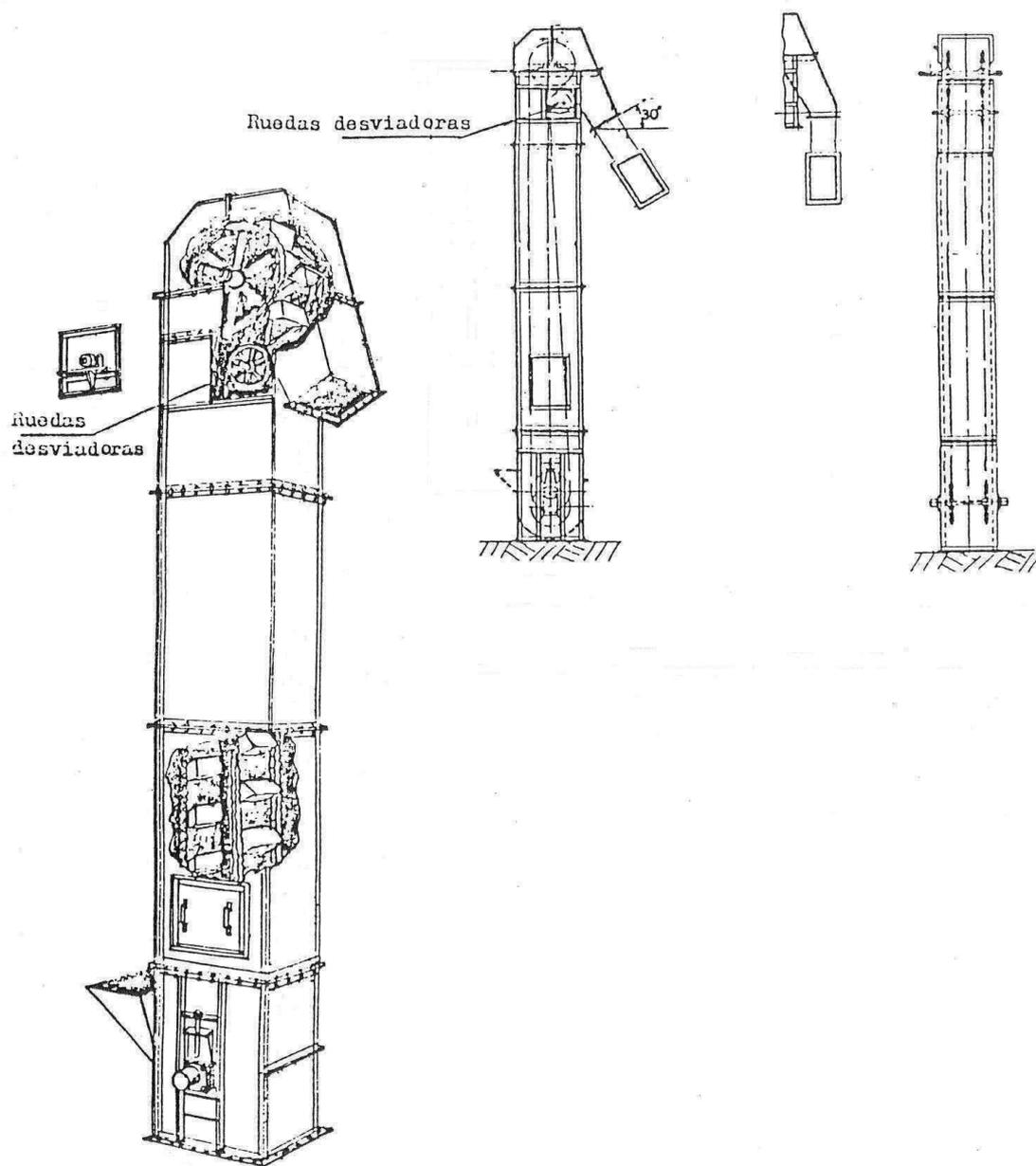


Figura 11: Elevador discontinuo de descarga perfecta.

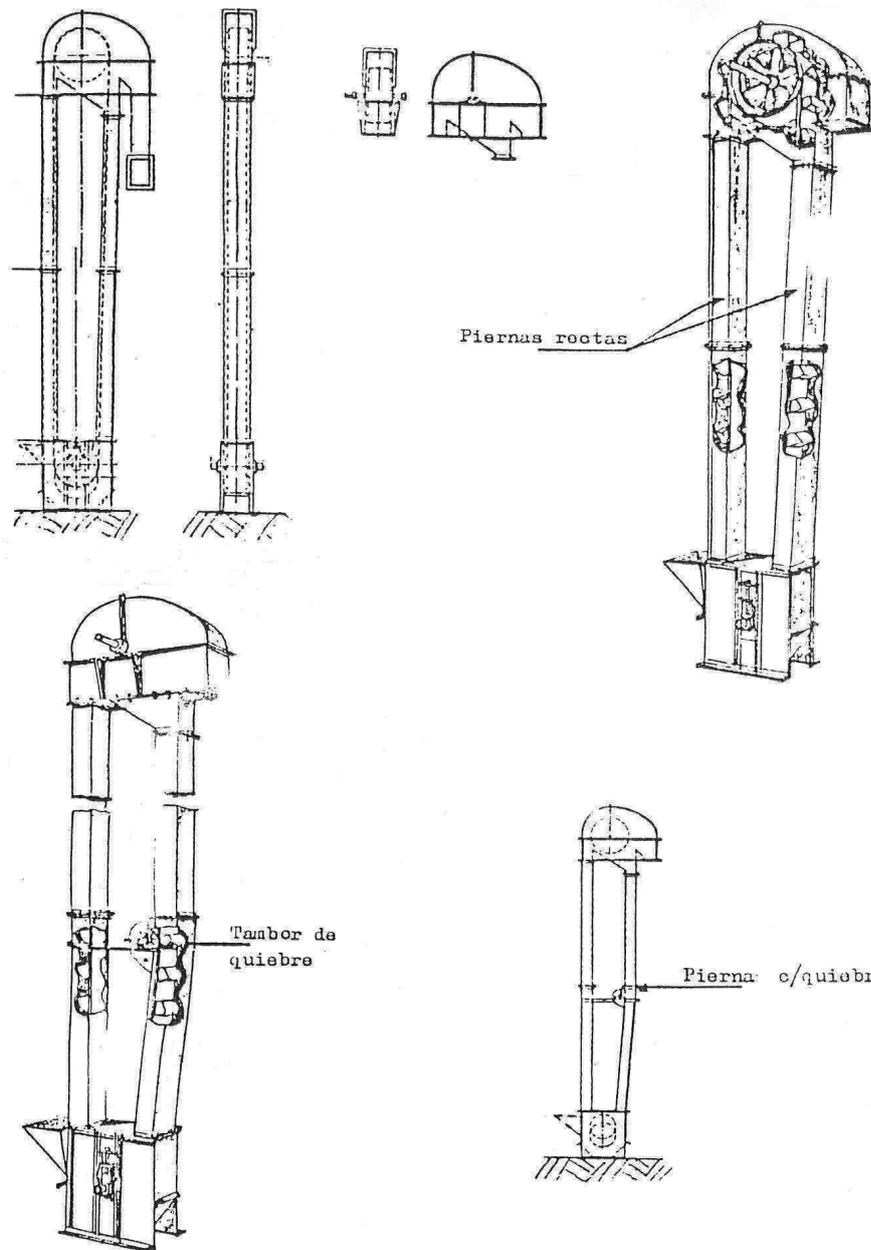


Figura 12: Arriba: Elevador discontinuo de descarga centrífuga de 2 piernas rectas; Abajo: Elevador discontinuo de descarga centrífuga de 2 piernas con quiebre.

El elevador existente E-3, que va a ser usado para transportar el alimento en polvo a la prensa peletizadora número 8 pasando por la rosca transportadora ROS2, es un elevador vertical de descarga centrífuga.

Como elemento de tracción posee una cinta formada por una combinación de tela y goma en la cual están sujetos los cangilones del tipo “Salem”, ver *Figura 13*, los cuales tienen un peso propio de 817 g cada uno.

Dichos cangilones se construyen por plegado a partir del desarrollo en chapa, en este desarrollo se procede a doblar en forma cilíndrica y luego se pliegan las tapas extremas que en la parte externa terminan en aletas triangulares que al plegarse sobre el dorso del cangilón formado permite la colocación de dos remaches para el armado del cangilón. Como estos remaches están sobre el dorso no sufren desgaste por corrosión del material cuando dragan, como ocurriría de ubicarlos en el frente.

El borde superior del dorso está reforzado por una aleta replegada de manera de dar mayor cuerpo para la fijación de los tornillos con los cuales quedan sujetos al elemento de tracción.

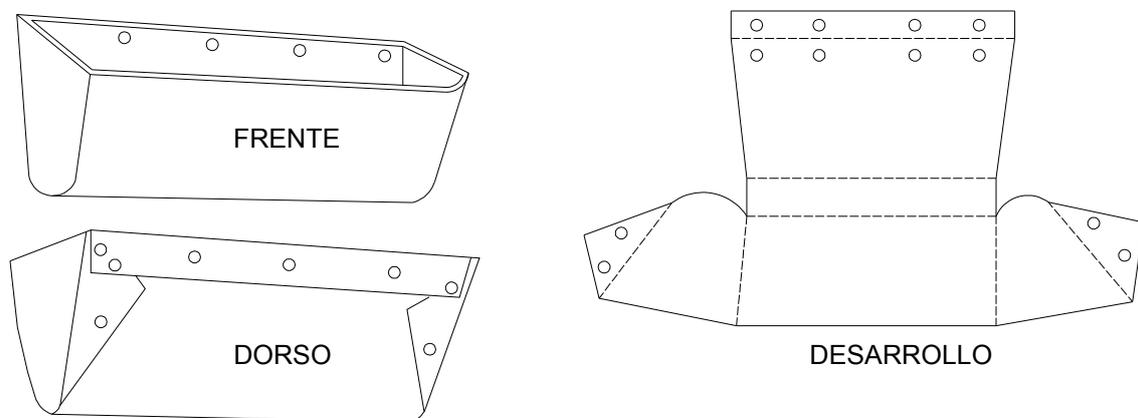


Figura 13: Cangilón tipo salem.

El elevador que nos compete posee una caja de acero de doble pierna, por razones antes detalladas.

El cabezal superior es el encargado de suministrar la fuerza motriz mientras que el inferior es el tensor.

Los datos técnicos más importantes del mismo que serán de utilidad para realizar los cálculos posteriores son los siguientes:

Datos del motor	
Potencia	3 CV
r.p.m. (n1)	1420
Datos concernientes a la transmisión de potencia del elevador	
Diámetro de la polea del motor (d1)	120 mm. (3 canales en V)
Diámetro de la polea de contramarcha (d2)	485 mm. (3 canales en V)
Diámetro del eje de la polea de contramarcha	40 mm.
Diámetro del eje del rotor	50 mm.
Cantidad de dientes de la corona (z3)	60
Cantidad de dientes del piñón (z2)	17

Tabla 3: Datos técnicos del elevador a cangilón E-3.

Para determinar la capacidad del balde de la noria existente en planta se extrajo este de la misma y con la ayuda de una probeta de 1000 ml se comprobó que el volumen es de aproximadamente de 0.72 l.

5 - Aislamiento térmico en cañerías de vapor

Para la aislación del tramo de cañería de vapor destinada a la planta de alimento en polvo se emplearán colchonetas de lana mineral, de un espesor aproximado de 50mm con una cobertura de chapa galvanizada nro. 24.

⁷La lana mineral es una materia formada por una infinidad de fibras muy finas que se cruzan en todos los sentidos, fijándose en su interior aire quieto. Su color varia pasando del amarillo al gris.

La escoria se obtiene por medio de los altos hornos y la mineral por medio de una piedra blanda porosa y fusible.

En ambos casos se funde en un cubilote a 1500 °C, se deja correr el líquido resultante lentamente y sobre él se dirige un chorro de vapor, así se obtiene una nube de filamentos más o menos tenues que se van depositando según peso y grado de finura.

Es un aislante térmico, absorbente acústico y da protección contra fuego. Se aglomera en forma de colchoneta, paneles, caños premoldeados o se suministra a granel cortada y modulada.

Propiedades de la lana mineral

Aislación térmica: por su baja conductividad térmica conservando energía y garantizando confort térmico con bajos costos.

⁷ <http://www.aplitemica.com.ar/Lana_mineral.html>. Fecha desconocida. Lana mineral de rocas o escorias. [web en línea]. [con acceso el 13 de septiembre de 2009].

Inalterabilidad: no pierde sus características fijas con el paso del tiempo, es imputrescible, químicamente neutro, inodoro, no corrosivo e insoluble en agua debido a los aditivos adicionados al producto. No conduce electricidad y no contiene azufre, álcalis ni cloro.

Estabilidad física: resiste fuerte vibraciones sin perder su cohesión interna, aún con altas temperaturas. Tampoco sufre variaciones dimensionales, recuperando el espesor original luego de retirada la fuerza que causó deformación.

Flexibilidad: las fibras minerales extra finas utilizadas permiten obtener un material de consistencia esponjosa y suave que se adapta fácilmente a las superficies.

Incombustibilidad: debido a su origen mineral es incombustible y no inflamable por lo tanto es un retardador del fuego. Además no emite gases tóxicos, aún en caso de incendio.

Temperatura máxima de operación: 800 °C proporcionando seguridad en lugares potencialmente sujetos a incendios tales como refinerías, plantas petroquímicas, etc.

Resistente a hongos y bacterias.

Fácil manejo, corte e instalación.

Permite cualquier tipo de **recubrimiento adicional**.

Características técnicas de la caldera

La caldera que suministra el servicio de vapor es una caldera automática de tres pasos, marca IFI – ARAOZ de alto rendimiento. Esta es de una capacidad de 50 m² de superficie de calefacción a una presión de trabajo de 7 a 8 kg/cm².

La unidad es de horno cilíndrico, tipo horizontal humo tubular con tubos sin costura, mandrilados a sus placas. La caldera está construida por soldadura eléctrica sobre chapa de acero.



Figura 14: Caldera humo tubular IFI-ARAOZ de alto rendimiento.

6 - Transporte neumático

Para el cálculo del transporte neumático que incluye la cañería, un motosoplador, una válvula esclusa con su correspondiente relación de transmisión y dos válvulas Mayf, se tiene en cuenta el consumo diario máximo de maíz que es de 52 t ya que el de pellets de girasol es de tan solo de 19 t, con esta consideración la conducción del material se diseñó para 10 t/h de maíz y lograr en 5 horas transportar a las tolvas sobre balanza desarrollada el consumo diario.

Las pérdidas de carga de los accesorios, en metros lineales, que están comprometidas son:

Accesorio	Cantidad	Metros
Curvas	3	9
Esclusa	1	5
Válvula Mayf	2	6

Tabla 4: Pérdidas de carga en accesorios.

En la determinación del caudal total horario se tuvo en cuenta el caudal de pérdida en la esclusa que es de $1 \text{ m}^3/\text{min}$.

Para la elección de un modelo de soplador de lóbulos rotativos que se ajuste a las condiciones de operación especificadas, se ha adoptado un sistema de curvas o gráficos, que permite una rápida selección como se podrá ver en el cálculo más adelante.

Las curvas se basan en las siguientes condiciones de entrada del aire al soplador:

Presión	$p_1 = 1 \text{ bar}$
Temperatura	$t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$
Densidad	$d_1 = 1,2 \text{ kg/m}^3$

Tabla 5: Condiciones de entrada del aire al soplador.

Estas máquinas rotativas de desplazamiento volumétrico positivo trabajan en un rango de presiones que van desde 0.2 a 1 kg/cm^2 . En nuestro caso se pretenderá que dicha maquinaria trabaje a una presión de aproximadamente 0.6 kg/cm^2 de acuerdo a lo especificado por el fabricante para un correcto desempeño de la misma.

En cuanto a la válvula rotativa “esclusa” es del tipo MPSE fabricada por la empresa suiza Bühler, constan de un rotor con alabes que descargan el material en un canal de paso del transporte neumático. Véase *Figura 15*.

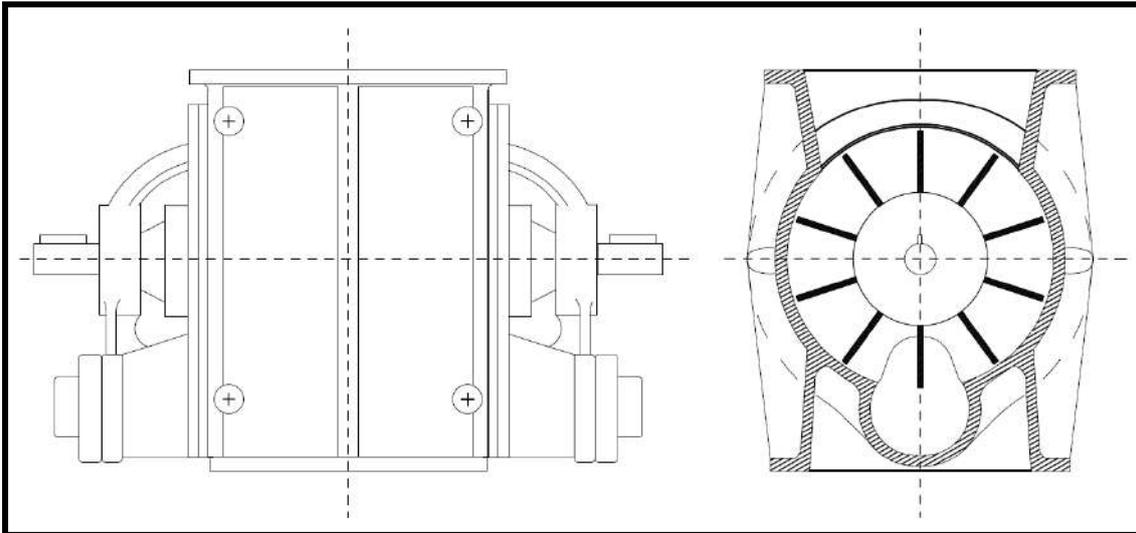


Figura 15: Válvula rotativa MPSE para transporte neumático.

Estos tipos de esclusas tangenciales sirven tanto para la introducción como para la extracción de productos desde grano fino a granulados.

Las mismas se caracterizan por reunir las siguientes condiciones:

- Robustas, potentes y económicas.
- Amplia gama de aplicación, incluso con materiales a altas temperaturas.
- Bajo consumo de energía gracias a la construcción optimizada.
- Estructura compacta para un saneamiento excelente.

MEMORIA DE CÁLCULO

En este apartado se realizarán los cálculos necesarios para la instalación y proyección de la planta que se está estudiando, los cuales tienen vinculación directa con los temas desarrollados en la memoria técnica.

Seguidamente haré mención de los temas sobre los cuales se efectuarán los cálculos antes mencionados:

- 1) Sección del conductor.
- 2) Velocidad de la cinta perteneciente al E-3.
- 3) Capacidad de carga del E-3.
- 4) Potencia reactiva.
- 5) Capacidad de transporte de ROS2.
- 6) Aislamiento térmico.
- 7) Transporte neumático.
- 8) Transmisión por correas de la bomba de desplazamiento positivo.
- 9) Selección de la válvula rotativa.

1 - Determinación de la sección del conductor

La máxima caída de tensión para el circuito de fuerza motriz a instalar es de un 5 % en régimen y de un 15 % en el arranque de los motores.

Las fórmulas utilizadas para el cálculo de caída de tensión son:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot I \cdot Z \quad (1.1)$$

$$Z = R \cdot \cos(\varphi) + X \cdot \sin(\varphi) \quad (1.2)$$

Donde l es la longitud del conductor en km.; I la corriente que circula por el conductor en A; Z la impedancia del conductor en (Ω/km); X la reactancia del conductor en (Ω/km) y R la resistencia del conductor en (Ω/km).

A continuación se procede al cálculo de la línea de alimentación al tablero principal, mediante el uso de las Ecs. 1.1 y 1.2.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 392 \text{ A} \cdot 0.18 \text{ km} \cdot 0.1155 \text{ } \Omega/\text{km} = 14.12 \text{ V.} \quad (1.3)$$

$$\Delta U(\%) = \frac{\Delta U}{U} \cdot 100 = 3.7 \% \quad (1.4)$$

Conclusión: se adopta la sección mencionada en la memoria técnica (240 mm^2) ya que la caída de tensión resultante de la Ec. (1.4) no sobrepasa el 5 % que tiene estipulada la instalación.

2 - Cálculo de la velocidad de la cinta del elevador E-3

Antes de comenzar con el cálculo de la capacidad del elevador a cangilones (E-3) se calculará la velocidad de la cinta haciendo uso de los datos técnicos del mismo especificados en la tabla 3.

$$n_2 \cdot d_2 = n_1 \cdot d_1 \Rightarrow n_2 = \frac{n_1 \cdot d_1}{d_2} \quad (2.1)$$

donde n_1 son las revoluciones por minuto del motor eléctrico encargado de impulsar la cinta del elevador; d_1 el diámetro de la polea montada en el motor eléctrico; d_2 el diámetro de la polea montada en el eje de contramarcha (eje que transmite las revoluciones del motor eléctrico al tambor donde está montada la cinta

del elevador) y n_2 son las revoluciones por minuto de la polea que está montada en el eje de contramarcha.

Introduciendo los valores correspondientes en la Ec. (2.1) obtenemos como resultado las revoluciones n_2 de la siguiente manera:

$$n_2 = \frac{1420 \text{ r.p.m.} \cdot 120 \text{ mm}}{485 \text{ mm}} = 351 \text{ r.p.m.} \quad (2.2)$$

La siguiente etapa es el cálculo de las revoluciones con que gira el tambor, sobre el cual se monta la cinta con los cangilones. Para ello utilizaremos la siguiente fórmula:

$$n_3 \cdot z_3 = n_2 \cdot z_2 \Rightarrow n_3 = \frac{n_2 \cdot z_2}{z_3} \quad (2.3)$$

donde z_2 es la cantidad de dientes del engranaje montado en el lado opuesto de la polea cuyo diámetro es el d_2 ; z_3 la cantidad de dientes del engranaje montado en el mismo eje que el tambor del elevador (ver *Figura 16*).

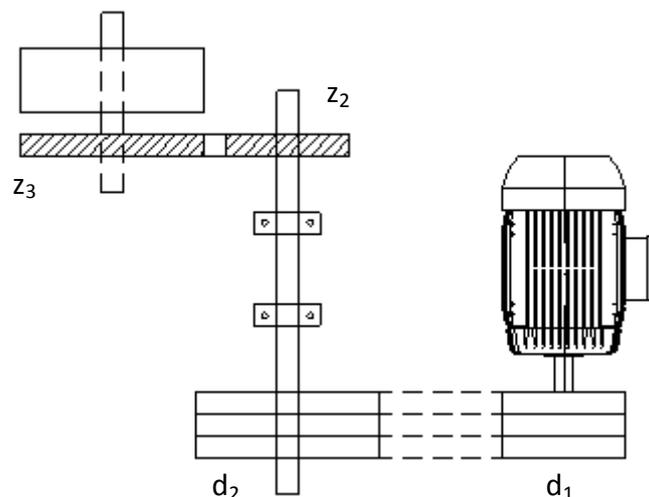


Figura 16: Esquema de transmisión del autoelevador E-3.

Colocando los datos en la Ec. 2.3, obtenemos las revoluciones del tambor de la siguiente manera:

$$n_{tambor} = n_3 = \frac{351 \text{ r.p.m.} \cdot 17}{60} = 99.54 \text{ r.p.m.} \quad (2.4)$$

con este número de vueltas que es con el cual gira el tambor portador de la cinta se prosigue a calcular la velocidad de la misma:

$$v_{cinta} = n_{tambor} \cdot \pi \cdot d_{tambor} \cdot \frac{1}{60} \quad (2.5)$$

$$v_{cinta} = 99.54 \frac{\text{rev.}}{\text{min.}} \cdot \pi \cdot 0.4 \text{ m} \cdot \frac{1}{60} = 2.08 \text{ m/s.} \quad (2.6)$$

3 - Cálculo de la capacidad del elevador E-3

La fórmula utilizada para el cálculo de la capacidad de la noria o elevador a cangilones E-3, Q_e , es la siguiente:

$$Q_e = C_b \cdot \gamma \cdot C_{ab} \cdot v \quad (3.1)$$

donde:

C_b : es la capacidad del balde (l);

γ : peso específico del material a transportar (kg/l);

C_{ab} : cantidad de baldes (unidades/m);

v : velocidad de la cinta en (m/s).

$$Q_e = 0.72 \text{ (l)} \cdot 0.45 \left(\frac{\text{kg}}{\text{l}} \right) \cdot 1.98 \left(\frac{\text{baldes}}{\text{m}} \right) \cdot 2.08 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = 4.78 \frac{\text{t}}{\text{h}} \quad (3.2)$$

Nota: como se requiere que la capacidad de este elevador sea como mínimo de 5 t/h, se deberá variar algunos de los parámetros que afectan directamente a la capacidad de este elevador, como por ejemplo la cantidad de baldes o cangilones por metro de cinta.

4 - Determinación de la potencia reactiva

Para circuitos trifásicos que por razones técnicas-económicas son los que se usan en la distribución de energía eléctrica y en las instalaciones industriales, dichas potencias se expresan mediante:

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad (4.1)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (4.2)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sen \varphi \quad (4.3)$$

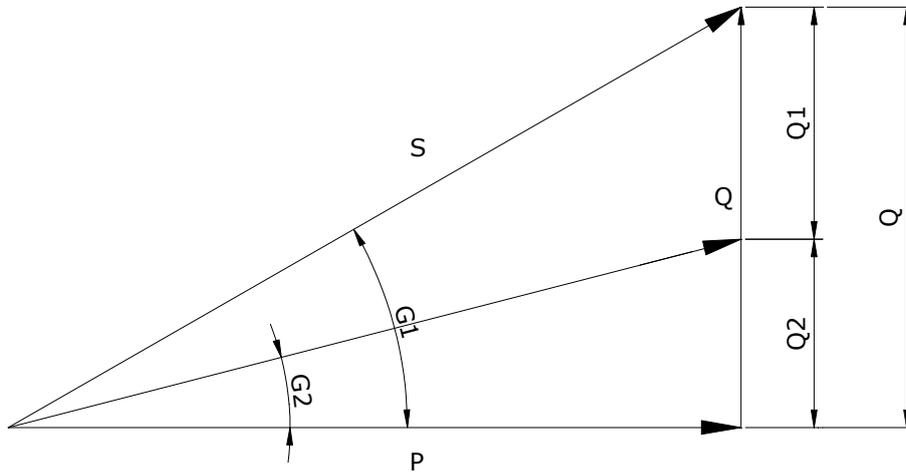


Figura 17: Triángulo de potencia.

donde la Ec. 4.1 es la potencia aparente; la Ec. 4.2 la potencia activa y la Ec. 4.3 la potencia reactiva.

El factor de potencia inicial considerado para realizar los siguientes cálculos es de 0.87.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi_1 = 181 \text{ kW} \quad (4.4)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sen \varphi_1 = 102.55 \text{ kvar} \quad (4.5)$$

Se desea llevar el factor de potencia a 0.93 con lo cual la potencia reactiva necesaria para tal fin será calculada de la siguiente manera:

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{Q_2}{P} \Rightarrow Q_2 = 181 \text{ kW} \cdot \operatorname{tg} \varphi_2 = 71.535 \text{ kvar} \quad (4.6)$$

$$Q_1 = Q - Q_2 = 102.55 \text{ kvar} - 71.535 \text{ kvar} = 31 \text{ kvar} \quad (4.7)$$

Corrección del factor de potencia para la planta de subproductos

$$S = \sqrt{3} \cdot U \cdot I = \sqrt{3} \cdot 380 \text{ V} \cdot 40 \text{ A} = 26.32 \text{ kva} \quad (4.8)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi_1 = 26.32 \text{ kva} \cdot 0.87 = 22.90 \text{ kW} \quad (4.9)$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \operatorname{sen} \varphi_1 = 26.32 \text{ kva} \cdot 0.493 = 12.97 \text{ kvar} \quad (4.10)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{Q_2}{P} \Rightarrow Q_2 = 22.90 \text{ kW} \cdot 0.395 = 9.04 \text{ kvar} \quad (4.11)$$

$$Q_1 = Q - Q_2 = 12.97 \text{ kvar} - 9.04 \text{ kvar} = 3.93 \text{ kvar} \cong 4 \text{ kvar} \quad (4.12)$$

Esta potencia reactiva calculada es la mínima necesaria para obtener el factor antes mencionado.

5 - Rosca transportadora

Para estudiar y/o verificar que la capacidad y la potencia de accionamiento de la rosca existente (ROS2) sea la adecuada para transportar la cantidad de materia prima, como el alimento en polvo en este caso, se relevaron datos de la misma en planta, donde se encuentra emplazada actualmente. Dichos datos son los siguientes:

Datos del motor

Potencia: 0.75 kW.

r.p.m.: 915.

Datos concernientes a la transmisión de potencia de la rosca

Diámetro de la polea del motor: 70 mm. (2 canales en V).

Diámetro de la polea de mando: 550 mm.

Diámetro del eje de la polea de mando: 38 mm.

Datos de la espira o caracol

Paso: 180 mm.

Diámetro del eje de la espira: 48 mm.

Alto: 60 mm.

Teniendo los datos de la rosca existente y haciendo uso de la fórmula siguiente se prosigue a calcular la capacidad de la misma:

$$C = 0.47 \cdot F \cdot d^2 \cdot P \cdot \gamma \cdot A \quad (5.1)$$

C = capacidad (t/h).

F = relleno (45%).

d = diámetro del caracol o espira (m).

P = paso del caracol (m).

N = rotación del caracol.

γ = peso específico del producto (t/m³).

A = factor de corrección conforme la inclinación (*Tabla 6*).

	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°
A	1	0.96	0.92	0.88	0.82	0.76	0.7

Tabla 6: Factores de corrección de capacidad.

El peso específico utilizado es el de afrechillo ya que es uno de los componentes con más porcentaje de participación dentro de las tres clases de alimento balanceado a producir.

Antes de reemplazar los valores directamente en la ecuación 5.1 se prosigue a calcular la rotación del caracol usando los datos obtenidos en planta.

$$n_2 \cdot d_2 = n_1 \cdot d_1 \Rightarrow n_2 = \frac{n_1 \cdot d_1}{d_2} \quad (5.2)$$

$$n_2 = \frac{915 \text{ r.p.m.} \cdot 70 \text{ mm}}{550 \text{ mm}} = 116.45 \text{ r.p.m.} \quad (5.3)$$

$$C = 0.47 \cdot 0.45 \cdot (0.168)^2 \cdot 0.18 \cdot 116.45 \cdot 0.45 \cdot 1 \quad (5.4)$$

$$C = 0.056305 \text{ (t/min)} = 3.37 \text{ (t/h)} \quad (5.5)$$

Nota: con esta capacidad la rosca transportadora tendrá que ser modificada para estar de acorde con la de la noria E-3 y no ser una limitante para el proceso.

6 - Cálculo del transporte neumático

En este caso se hace uso de los datos del maíz que es la materia prima más consumida a la cual se debe transportar desde la recepción de la misma al acopio ubicado en la elaboración del balanceado (ver *Anexo B*, plano 1).

Consumo diario máximo de maíz: 52 t/d.

Con este consumo la cañería será proyectada para 10 t/h de maíz, con lo cual el largo calculado teniendo en cuenta las pérdidas de carga es:

Distancia a transportar: 80 m.

Pérdidas de carga en metros de cañería (curvas, esclusa, válvulas): 20 m.

Largo calculado: 100 m.

Con estos datos de producción y con el uso de la tabla 2.A del Anexo A podemos seleccionar el diámetro mínimo de la cañería. Esto se logra haciendo uso de la capacidad de transporte antes definida de 10 t/h e interceptando la recta representativa de los metros de cañería correspondientes a la instalación. De esta manera se extraen los siguientes datos de los ejes verticales a ambos extremos del gráfico:

Diámetro interior de cañería: 125 mm.

Caudal de aire: 16.25 m³/min.

A este caudal de aire se le agrega el caudal de pérdida perteneciente a la esclusa, al cual se hizo mención en la memoria técnica, que es de 1 m³/min con lo cual el caudal total horario es de 1035 m³/h. Luego con este caudal y la presión de trabajo aconsejada por el fabricante y adoptada para este montaje neumático de 0.6 kg/cm², de la figura que se puede ver a continuación, podemos saber las características que debe tener el soplador de lóbulos rotativos. La misma pertenece al modelo R1.5 de la

empresa "Repicky S.A." proveedora de sopladores y bombas de vacío para prestaciones de máxima eficiencia. Por lo tanto, utilizando el gráfico mencionado podemos saber el número de revoluciones de la bomba de desplazamiento positivo de 2250 r.p.m. y una potencia de 30 HP.

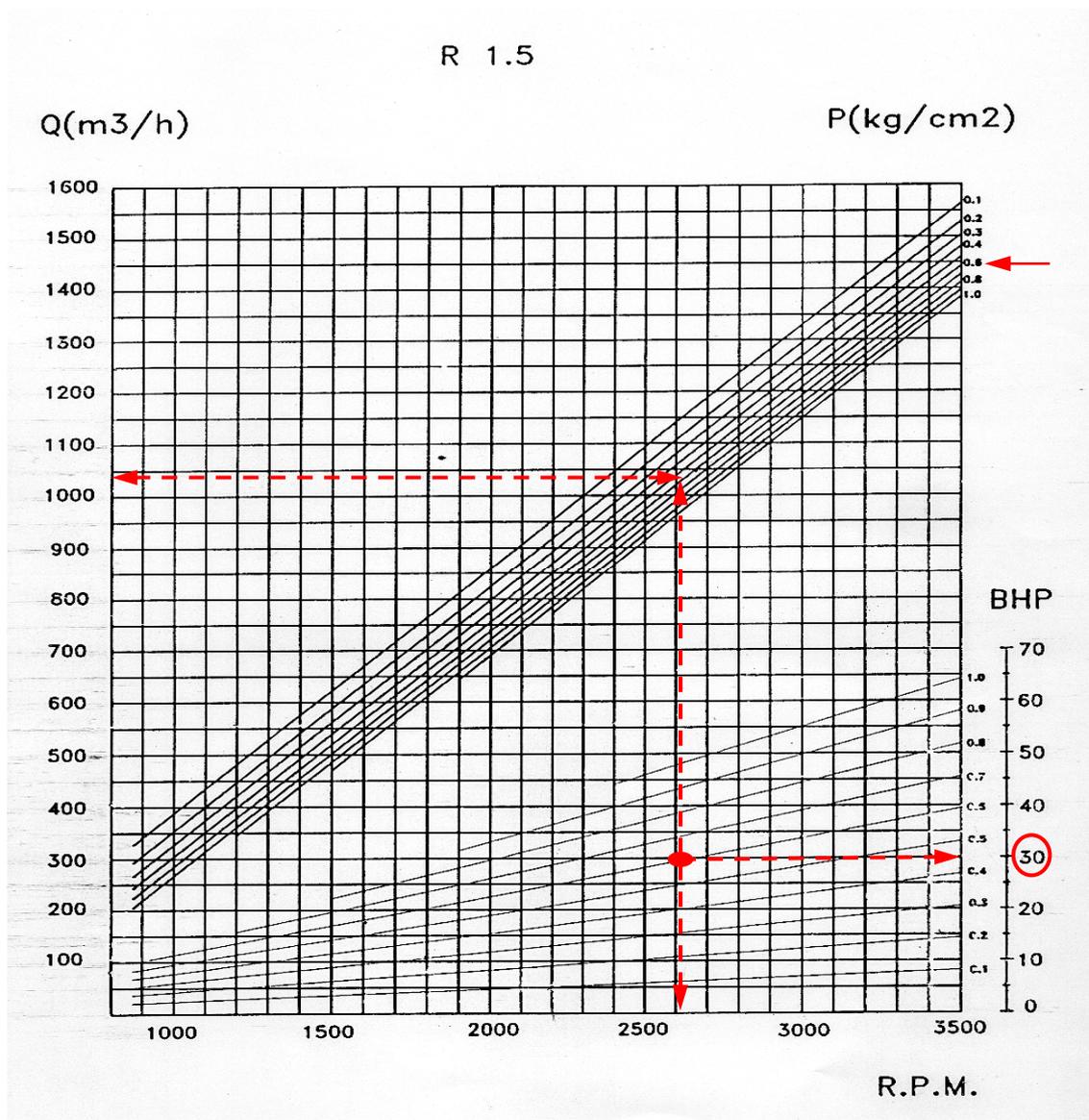


Figura 18: Gráfico de la bomba correspondiente a la empresa Repicky S.A.

Con estos datos obtenidos de la Figura 18 se determina colocar un motor de 30 HP con 1470 r.p.m., este estará acoplado al soplador mediante una transmisión a correas cuya cantidad y diámetros de las poleas serán calculados a continuación.

7-Cálculo de la transmisión por correas del motosoplador

Cuando se habla de correas se deben definir algunos términos técnicos, que se hacen presentes en el cálculo.

Se llama longitud primitiva de una correa trapezoidal, a la longitud medida en correspondencia con su diámetro primitivo. Diámetro primitivo es aquel en que la velocidad de la correa y la velocidad de la polea acanalada teóricamente son iguales.

En los casos en que resulte un número con fracción, se debe adoptar el entero inmediato superior. Un pequeño exceso aumenta la duración de las correas en forma que compensa con creces el mayor gasto de instalación y mantenimiento. Por el contrario la reducción del número de correas disminuye fuertemente su vida útil y es por lo tanto técnica y económicamente desaconsejable.

Datos:

Máquina conducida:

- Bomba de desplazamiento positivo de lóbulos rotativos.
- Horas de trabajo: 5 por día.
- Revoluciones por minuto: 2250.
- Diámetro polea menor: 137 mm.

Máquina conductora:

- Motor eléctrico: potencia, 30 HP.
- Revoluciones por minuto: 1470.
- Diámetro de la polea: a determinar.
- Distancia entre ejes: 600 mm.

1) Coeficiente de corrección de la potencia

Este coeficiente considera los siguientes factores: tipo de motor, tipo de máquina conducida y las horas de servicio que va a estar funcionando la misma.

$$P_c = P \cdot F_{cp} \quad (7.1)$$

P_c : Potencia corregida.

P : Potencia a transmitir.

F_{cp} : Factor de corrección de la potencia (ver tabla 7).

Tipo de máquina conductora	Motores de corriente alternada torque normal, a jaula de ardilla, sincrónicos; fase partida. Motores de corriente continua; bobinado en shunt. Máquina a combustión interna. Cilindros múltiples.			Motores de corriente alternada alto torque, alto deslizamiento, bobinado en serie y anillo colector. Motores de corriente continua; bobinado en serie y bobinado compound. Máquina de combustión interna monocilíndrica. Ejes en línea. Arranques directo y con embrague.		
	Serv. intermedio hasta 7 hrs. diarias	Servicio normal de 8 a 15 hrs. diarias	Servicio continuo más de 16 hrs. diarias	Serv. intermedio hasta 7 hrs. diarias	Servicio normal de 8 a 15 hrs. diarias	Servicio continuo más de 16 hrs. diarias
Agitador para líquidos y semilíquidos, ventiladores y aspiradores, compresores y bombas centrífugas. Sopladores hasta 10 HP. Transportadores livianos.	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
Cintas transportadoras para arena, granos, etc. Mezcladores de panadería. Sopladores más de 10 HP, generadores. Línea a ejes (ejes principales), máquinas de lavaderos, máquinas herramientas, punzadoras- prensas-guillotinas, bombas rotativas positivas. Máquinas de rotativas positivas. Máquinas de imprenta. Zaranda vibradoras y giratorias.	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
Máquinas de ladrillos y cerámicas, elevadores a cangilones. Generadores y excitatrices. Compresores a pistón, transportadores, molinos a martillos, molinos batidores para papel, bombas a pistón, sopladores positivos. Pulverizadores-desmenuzadora, sierras y máquinas para elaboración de madera, máquinas textiles.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Trituradoras (giratorias-mandíbulas-bolas). Molinos (bolas-laminadores-barras). Calandras para goma-Bambury-extrusoras.	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Tabla 7: Coeficiente de corrección de la potencia.

$$P_c = 30 \text{ HP} \cdot 1.1 = 33 \text{ HP} \quad (7.2)$$

2) Sección de la correa

Se determina mediante la figura 19 en función de la potencia a transmitir corregida, y las revoluciones por minuto de la polea menor.

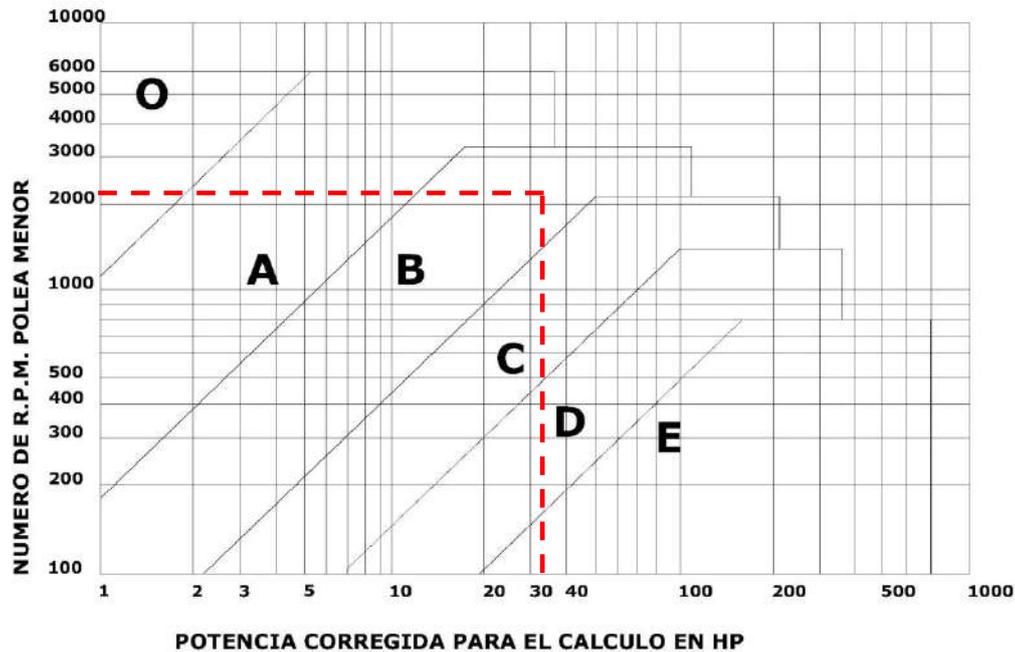


Figura 19: Gráfico para la selección de la sección de la correa.

Sección a utilizar: B, este tipo de sección posee las características que se pueden observar en la tabla 8 e ilustradas en la figura 20 a continuación de la misma.

Sección	a		h	
	mm	pulg.	mm	pulg.
O	10	0,391	6	0,236
A	13	0,512	8	0,315
B	17	0,669	11	0,433
C	22	0,866	14	0,551
D	32	1,260	19	0,748
E	38	1,496	25	0,984

Según normas IRAM 113 113 y RMA.

Tabla 8

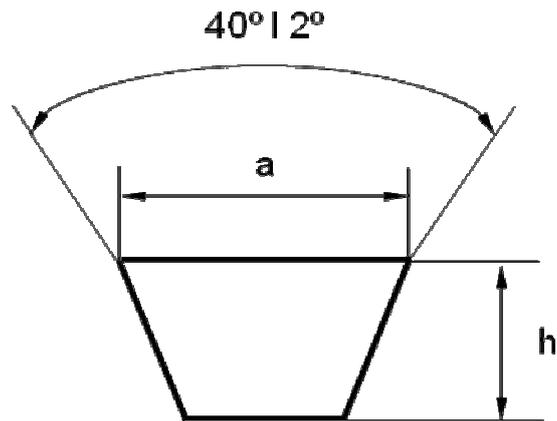


Figura 20: Sección de la correa.

3) Relación de transmisión

Se calcula de la siguiente manera:

$$K = \frac{N}{n} = \frac{D}{d} \quad (3.1)$$

K : Relación de transmisión.

N : Revoluciones por minuto de la polea menor.

n : Revoluciones por minuto de la polea mayor.

D : Diámetro de la polea mayor.

d : Diámetro de la polea menor.

$$K = \frac{2250}{1470} = 1.53 \quad (3.2)$$

4) Elección de los diámetros primitivos de las poleas

Diámetro primitivo, polea menor: ver la tabla 9 a continuación.

Sección de correa	Diámetro primitivo (mm)			Ranuras normales					Ranuras profundas				
	Mínimo recomendado	Rango	Angulo de ranura	W	D	X	S	E	W	D	X	S	E
0	60	50 a 80 Mayor de 80	34° 36°	10	9,5	2,5	12	8	-	-	-	-	-
A	75	66 a 137 Mayor de 137	34° 38°	12,6 12,8	12,5	3,2	15,9	9,5	15 15,5	16,4	7,1	19	11,1
B	137	117 a 178 Mayor de 178	34° 38°	16,2 16,5	14,7	4,4	19	12,7	19 19,7	19,3	9	22,2	14,3
C	229	178 a 203 203 a 305 Mayor de 305	34° 36° 38°	23,3 22,5 22,7	19,8	5,1	25,4	17,5	27 27,6 28,1	27,6	12,8	31,7	20,6
D	330	305 a 330 330 a 432 Mayor de 432	34° 36° 38°	32 32,3 32,6	26,7	7,6	36,5	22,2	38,4 39,1 39,8	37,2	18,2	44,4	27
E	533	457 a 609 Mayor de 609	36° 38°	38,8 39,2	33	10,2	44,5	28,6	46,1 47	44,3	21,5	52,4	33,3

Tabla 9

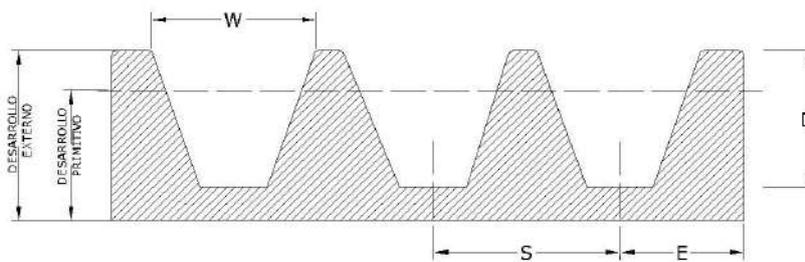


Figura 21

Conociendo el diámetro primitivo de la polea menor (d) se obtiene el diámetro primitivo de la polea mayor con la fórmula siguiente:

$$D = K \cdot d \quad (4.1)$$

$$d = 137 \text{ mm}$$

$$D = 1.53 \cdot 137 = 210 \text{ mm}$$

5) Distancia entre ejes

Cuando la distancia entre ejes no esta establecida, se puede determinar con el siguiente criterio:

Para K comprendido entre 1 y 3

$$l \geq \frac{(K+1) \cdot d}{2} + d \quad (5.1)$$

$$l \geq \frac{(1.53+1) \cdot 137}{2} + 137 = 310.30 \text{ mm} \quad (5.2)$$

Es correcta, pues 600 mm. > 310.30 mm.

6) Longitud primitiva de la correa

La longitud primitiva (L) de la correa se determina con:

$$L = 2 \cdot L + 1.57 \cdot (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4 \cdot L} \quad (6.1)$$

En la siguiente tabla se elige la longitud primitiva nominal de la correa más próxima al valor calculado.

$$L = 2 \cdot 600 + 1.57 \cdot (210 + 137) + \frac{(210 - 137)^2}{(4 \cdot 600)} = 1747.01 \text{ mm} \quad (6.2)$$

Correa N°	"0"		"A"		"B"		"C"		"D"		"E"	
	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
15			16,3	414								
16			17,3	439								
17			18,3	465								
18			19,3	490								
19			20,3	516								
20	19,5	495	21,3	541								
21			22,3	566								
22	21,5	546	23,3	592								
23	22,5	571	24,3	617								
24	23,5	596	25,3	643								
25			26,3	668								
26	25,5	647	27,3	693								
27			28,3	719								
28	27,5	698	29,3	744								
29	28,5	724	30,3	770	30,8	782						
30	29,5	749	31,3	795	31,8	808						
31	30,5	774	32,3	820	32,8	833						
32	31,5	800	33,3	846	33,8	859						
33	32,5	825	34,3	871	34,8	884						
34	33,5	851	35,3	897	35,8	909						
35	34,5	876	36,3	922	36,8	935						
36	35,5	901	37,3	947	37,8	960						
37	36,5	927	38,3	973	38,8	986						
38	37,5	953	39,3	998	39,8	1.011						
39	38,5	978	40,3	1.024	40,8	1.036						
40	39,5	1.003	41,3	1.049	41,8	1.062						
41	40,5	1.028	42,3	1.074	42,8	1.087						
42	41,5	1.054	43,3	1.100	43,8	1.113						
43	42,5	1.080	44,3	1.125	44,8	1.138						
44	43,5	1.104	45,3	1.151	45,8	1.163	46,9	1.191				
45			46,3	1.176	46,8	1.189	47,9	1.217				
46	45,5	1.155	47,3	1.201	47,8	1.214	48,9	1.242				
47			48,3	1.227	48,8	1.240	49,9	1.267				
48	47,5	1.206	49,3	1.252	49,8	1.265	50,9	1.293				
49			50,3	1.278	50,8	1.290	51,9	1.318				
50			51,3	1.303	51,8	1.316	52,9	1.344				
51			52,3	1.328	52,8	1.341	53,9	1.369				
52			53,3	1.354	53,8	1.367	54,9	1.394				
53			54,3	1.379	54,8	1.392	55,9	1.420				
54			55,3	1.405	55,8	1.417	56,9	1.445				
55			56,3	1.430	56,8	1.443	57,9	1.471				
56			57,3	1.455	57,8	1.468	58,9	1.496				
57			58,3	1.481	58,8	1.494	59,9	1.521				
58			59,3	1.506	59,8	1.519	60,9	1.547				
59			60,3	1.532	60,8	1.544	61,9	1.572				
60			61,3	1.557	61,8	1.570	62,9	1.598				
61			62,3	1.582	62,8	1.595	63,9	1.623				
62			63,3	1.608	63,8	1.621	64,9	1.648				
63			64,3	1.633	64,8	1.646	65,9	1.674				
64			65,3	1.659	65,8	1.671	66,9	1.699				
65			66,3	1.684	66,8	1.697	67,9	1.725				
66			67,3	1.709	67,8	1.722	68,9	1.750				
67			68,3	1.735	68,8	1.748	69,9	1.775				
68			69,3	1.760	69,8	1.773	70,9	1.801				
69			70,3	1.786	70,8	1.798	71,9	1.826				
70			71,3	1.811	71,8	1.824	72,9	1.852				
71			72,3	1.836	72,8	1.849	73,9	1.877				
72			73,3	1.862	73,8	1.875	74,9	1.902				
73			74,3	1.887	74,8	1.900	75,9	1.928				

Tabla 10: Longitud nominal de las correas.

De acuerdo a la tabla 10 corresponde una correa sección "B" N° 67.

7) Factor de corrección en función de la longitud de la correa

Siendo la frecuencia con que flexiona la correa sobre las poleas inversamente proporcional a su longitud, se debe establecer un factor de corrección del largo (Fcl) que compense la prestación base ($Fcl = 1$). Para determinar el factor de corrección (Fcl) se recurre a la siguiente tabla.

Long. Correa	SECCION DE LA CORREA					
	0	A	B	C	D	E
16	0,80					
24	0,83					
26	0,84	0,81				
31	0,89	0,84				
35	0,92	0,87	0,81			
38	0,93	0,88	0,83			
42	0,95	0,90	0,85			
46	0,97	0,92	0,87			
51	0,99	0,94	0,89	0,80		
55	1,00	0,96	0,90	0,81		
60		0,98	0,92	0,82		
68		1,00	0,95	0,85		
75		1,02	0,97	0,87		
80		1,04	0,98	0,89		
81		1,04	0,98	0,89		
85		1,05	0,99	0,90		
90		1,06	1,00	0,91		
96		1,08	1,02	0,92		
97		1,08	1,02	0,92		
105		1,10	1,04	0,94		
112		1,11	1,05	0,95		
120		1,13	1,07	0,97	0,86	
128		1,14	1,08	0,98	0,87	
144			1,11	1,00	0,90	
158			1,13	1,02	0,92	
173			1,15	1,04	0,93	
180			1,16	1,05	0,94	0,91
195			1,18	1,07	0,96	0,92
210			1,19	1,08	0,98	0,94
240			1,22	1,11	1,00	0,96
270			1,25	1,14	1,03	0,99
300			1,27	1,16	1,05	1,01
330				1,19	1,07	1,03
360				1,21	1,09	1,05
390				1,23	1,11	1,07
420				1,24	1,12	1,09
480					1,16	1,12
540					1,18	1,14
600					1,20	1,17
660					1,23	1,19

Tabla 11: Tabla para determinar el factor de corrección en función de la longitud de la correa.

$$F_{cl} = 0.95$$

8) Determinación del arco de contacto

El arco de contacto (α) de la correa sobre la polea menor se determina con la siguiente fórmula:

$$\alpha^{\circ} = 180 - 57 \cdot \frac{(D - d)}{l} \quad (8.1)$$

Si reemplazamos nos queda:

$$\alpha = 180 - 57 \cdot \frac{(210 - 137)}{600} = 173^{\circ} \quad (8.2)$$

9) Factor de corrección del arco de contacto

Con un arco de contacto de 180° sobre la polea menor se obtiene la prestación óptima de la correa, pero como en la práctica éste es normalmente menor y afecta la vida útil de la correa, para mantener un correcto nivel de prestación, se debe disminuir la prestación base multiplicándola por un factor de corrección del arco de contacto ($F_{c\alpha}$) menor que 1, según la siguiente tabla.

Arco de contacto sobre polea menor	FACTOR DE CORRECCION	
	Poleas acanaladas	Poleas acanaladas / planas
180°	1,00	0,75
175°	0,99	0,76
170°	0,98	0,77
167°	0,97	0,78
164°	0,96	0,79
160°	0,95	0,8
157°	0,94	0,81
154°	0,93	0,81
150°	0,92	0,82
147°	0,91	0,83
144°	0,90	0,83
140°	0,89	0,84
137°	0,88	0,85
134°	0,87	0,85
130°	0,86	0,86
127°	0,85	0,85
124°	0,84	0,84
120°	0,82	0,82
118°	0,81	0,81
115°	0,80	0,8
113°	0,79	0,79
110°	0,78	0,78
108°	0,77	0,77
106°	0,77	0,77
104°	0,76	0,76
102°	0,75	0,75
100°	0,74	0,74
98°	0,73	0,73
96°	0,72	0,72
94°	0,71	0,71
92°	0,70	0,7
90°	0,69	0,69

Tabla 12: Factor para corregir el arco de contacto (conociendo el ángulo).

$$F_{ca} = 0.99$$

10) Velocidad de la correa

La velocidad tangencial, expresada en metros por segundo, se obtiene de la siguiente ecuación:

$$V_t = \frac{\pi \cdot d \cdot N}{60 \cdot 1000} \quad (10.1)$$

La velocidad de la correa no debe sobrepasar los 30 m/s; en caso de ser necesarias velocidades superiores se deberán usar poleas especiales.

$$V_t = \frac{(\pi \cdot 137 \cdot 2250)}{(60 \cdot 1000)} = 16.13 \text{ m/s.} \quad (10.2)$$

11) Prestación base

La prestación base (Pb) en HP por correa para arco de contacto de 180°, se obtiene de la tabla 1.A. Además se debe agregar una prestación adicional por relación de transmisión que se extrae de la misma tabla.

$$P_{bk} = P_b \oplus \text{Prestación adicional por relación de transmisión.} \quad (11.1)$$

$$P_{bk} = 4.71 \text{ HP} \oplus 0.94 \text{ HP} = 5.65 \text{ HP} \quad (11.2)$$

12) Potencia efectiva por correa

Se obtiene con la fórmula:

$$P_e = P_{bk} \cdot F_{cl} \cdot F_{c\alpha} \quad (12.1)$$

$$P_e = 5.65 \text{ HP} \cdot 0.95 \cdot 0.99 = 5.3138 \text{ HP}$$

13) Cantidad de correas

$$\text{Cantidad de correas} = \frac{\text{Potencia corregida (total a transmitirse)}}{\text{Potencia efectiva (por correa)}}$$

$$\text{Cant. Correas} = \frac{P_c}{P_e} = \frac{33}{5.3138} = 6.21$$

Resultados del cálculo

Tipo de correa: B 67.

Cantidad de correas: 6.

Diámetro polea conductora: 210 mm.

Selección de la válvula rotativa

Siguiendo con el cálculo del transporte neumático, queda pendiente seleccionar la válvula rotativa “esclusa” encargada de transferir la materia prima que se encuentra en el silo alimentador al transporte neumático por donde circula el aire aportado por el soplador (ver *Figura 22*).



Figura 22: Esclusa de soplado para transporte neumático.

Esta selección se realiza mediante el uso de la *Figura 23*, utilizando como parámetro de entrada la capacidad de extracción en m^3/h que en este caso es la del maíz con 10 t/h con un peso específico de 0.88 t/m^3 aproximadamente.

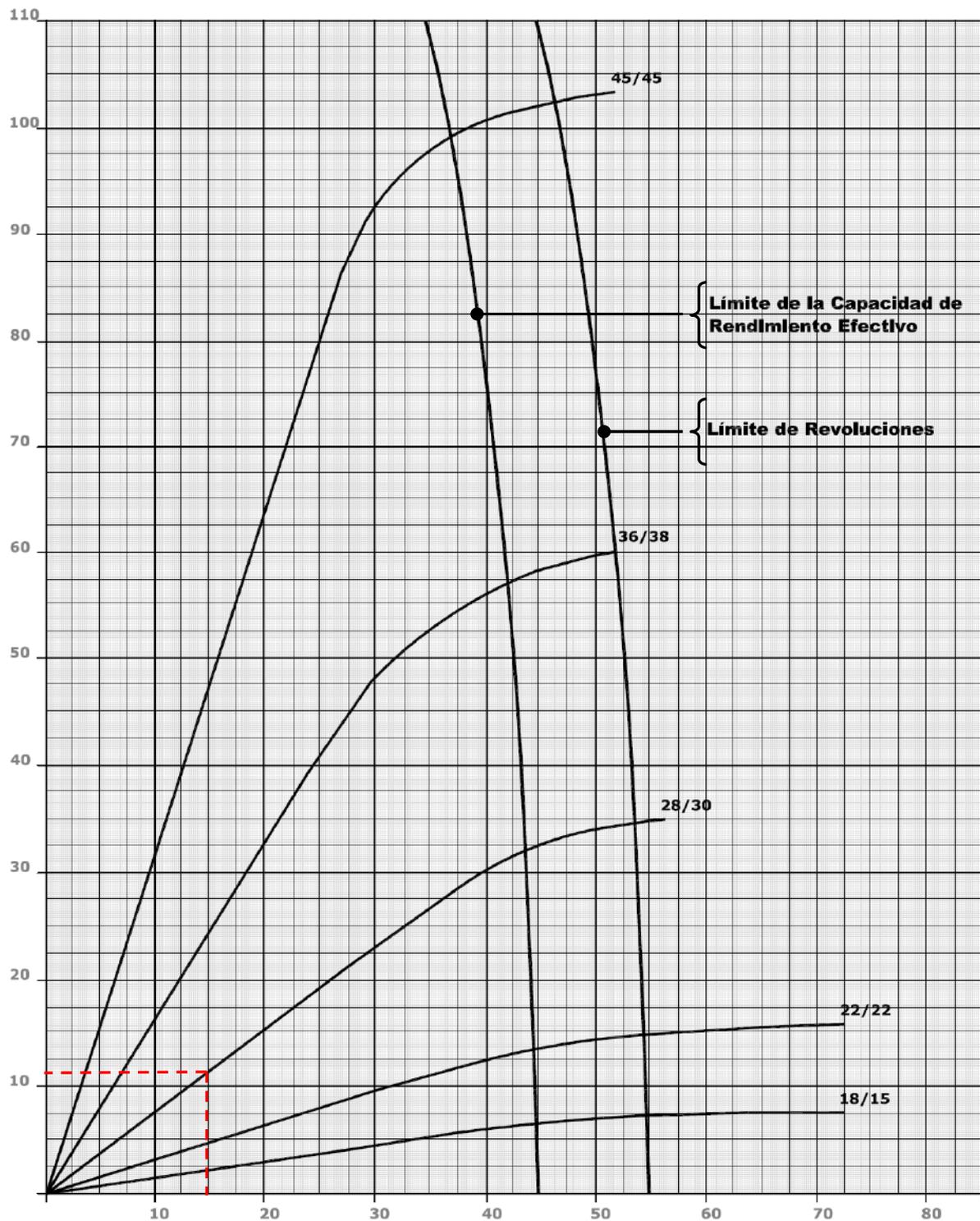


Figura 23: Gráfica para selección de válvula rotativa MPSE. Eje vertical: capacidad de extracción en m^3/h . Eje horizontal: velocidad de operación en r.p.m.

De acuerdo a la *Figura 21* se selecciona una válvula MPSE 28/30 con una velocidad de operación de 15 rpm ya que el tamaño 22/22 se encuentra muy próximo al límite de rendimiento efectivo.

Cálculo del costo total de la obra

PLANTA DE BALANCEADOS DE CAPACIDAD 5.000 Kg/h	
Giuliani con reparación de GH1	
RECIBO Y ACOPIO EN PLANTA 4	
Silo de recibo 137 Ton BASE Maiz;para Pellets de girasol u otra materia prima (en Planta de Silos 4) Diametro 5,20 mts y alto 10,44 mts. 171 mts ³ . Con patas y salida en cono.	\$ 26.000
Silo de recibo de Maiz capacidad 286 ton (en Planta de Silos 4) Diametro 7,33 mts y alto 12,79 mts. 357,5 mts ³ . Con patas y salida en cono.	\$ 38.500
Flete, obra civil plateas patas, servicio de grua para montaje, alimentacion desde elevadores	\$ 12.450
Resumen obra eléctrica y aislación térmica (ver costos)	\$ 31.643
Resumen de transporte neumatico desde recibo a acopio en elaboracion(ver Detallescostos)	\$ 36.643
SECCION Acopio de materias primas en Deposito de Subproductos SECCION ELABORACION DE ALIMENTO EN HARINAS AUTOMATIZACION para dosificacion, molienda y mezcla MONTAJE ELECTRICO Y MECANICO DE TODOS LOS EQUIPOS (tablero de Seccionadores) REPARACION GENERAL DE PRENSA GH1 Y NUEVOS ACONDICIONADOR Y MEZCLADORA	\$ 405.000
SECCION DOSIFICACION DE MICRO INGREDIENTES	\$ 14.120
Desmontar silos de aglomerado COMPLETO y rosca + hacer acometida de Aire comprimido	\$ 5.500
Desmontar Prensa GH1 y montar nuevamente luego de su reparacion	\$ 2.500
Obra civil para patas silos, norias, etc(10m ³)	\$ 6.000
Fletes varios	\$ 6.000
COSTO TOTAL	\$ 584.356*

* Valor perteneciente al año de proyecto. (2006)

Tabla 13

Conclusión

Mediante este trabajo de proyección de planta industrial de alimento balanceado se logró estudiar la compatibilidad, con el mínimo costo posible, a través de cálculos, de los equipos existentes (elevador a cangilones E3 - E4, prensa peletizadora de 1500 a 5000 kg/h, columna enfriadora, rosca transportadora helicoidal ROS 2 - ROS 3 y depósito metálico aéreo sobre prensa peletizadora) dentro de la planta industrial molinera con los equipos restantes que actualmente se ofrecen en el mercado.

Los siguientes ítems que a continuación se enumeran corresponden a los cálculos que contribuirán al correcto desempeño de la planta proyectada y que responden a la infraestructura necesaria:

- Demanda de potencia máxima simultánea.
- Sección del conductor de la línea trifásica principal para la alimentación de la nueva planta.
- Velocidad de la cinta del elevador a cangilones E3.
- Potencia reactiva necesaria para la corrección del factor de potencia.
- Capacidad de transporte de material de la rosca transportadora ROS 2.
- Transporte neumático.
- Transmisión del motosoplador.

En cuanto a las principales modificaciones que se deberían realizar para ensamblar los nuevos equipos a los ya existentes son las siguientes:

1. El elevador E3 debe ser modificado teniendo en cuenta los parámetros que afectan a su capacidad de transporte, ya que la misma no responde al mínimo valor esperado.

2. La rosca transportadora ROS2 también debe ser alterada en sus dimensiones físicas para que no sea una limitante en el proceso para el tonelaje que se pretende producir.

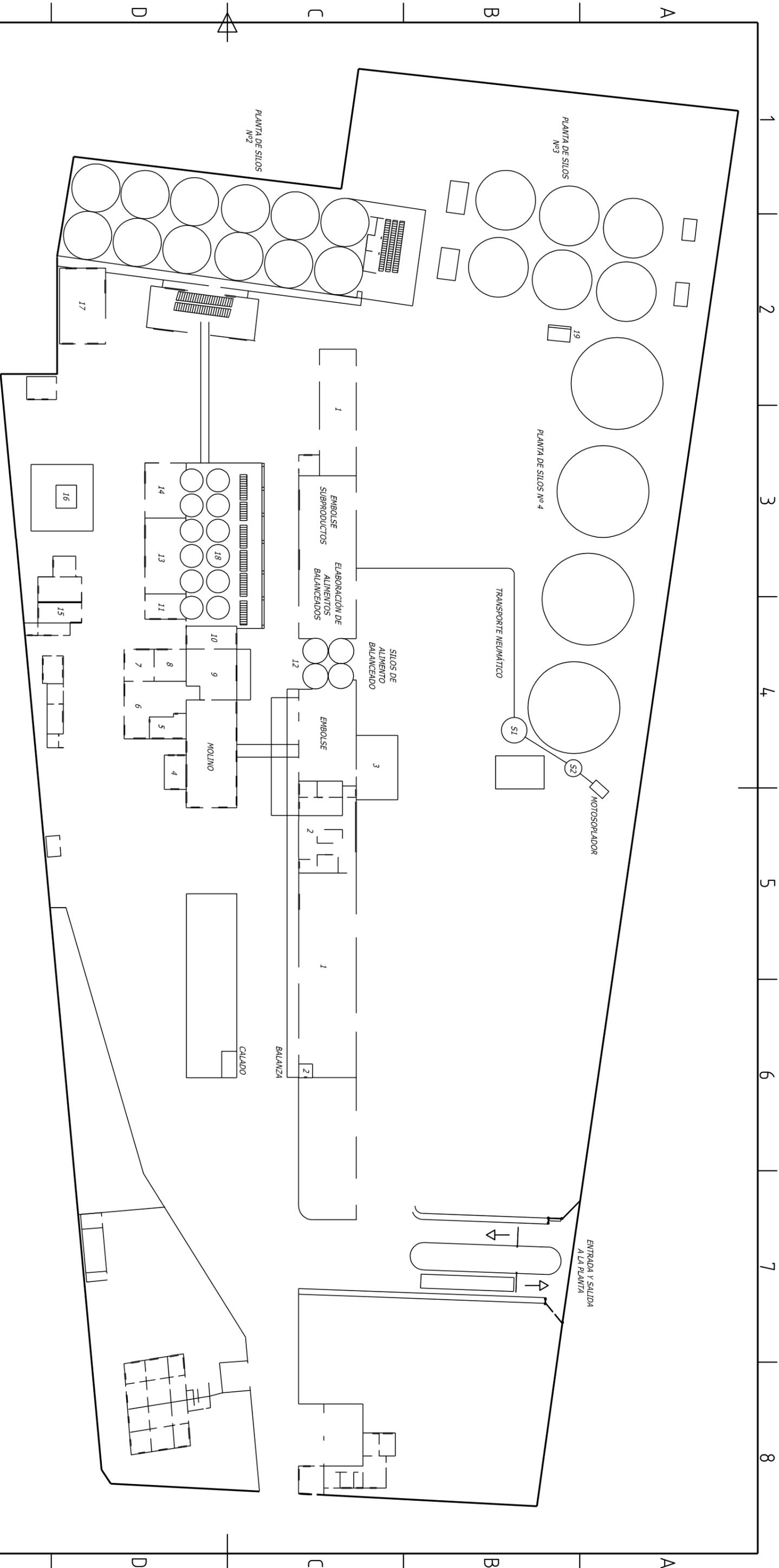
Bibliografía

1. **P. Mc Donald, R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh**, Nutrición Animal, Segunda Edición Editorial Acribia.
2. **Curso de Molinería. Comité de Educación de la AOM (Association of Operative Millers)**. Departamento de Ciencias e Industria de los Cereales de la Universidad del Estado de Kansas.
3. **Ing. Mecánico Carlos Pelegrino**. Curso 1987. Transportes Industriales. Departamento de Ingeniería Universidad Nacional del Sur.

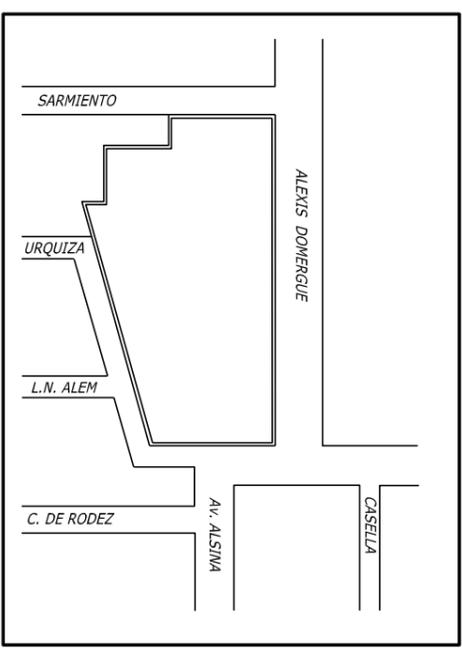
ANEXO A

N° revoluciones por minuto de la polea menor	PRESTACION BASE (en HP)														PRESTACION ADICIONAL POR RELACION DE TRANSMISION (en HP)													
	DIAMETRO PRIMITIVO DE LA POLEA MENOR (mm)																											
	117	122	127	132	137	142	147	152	157	162	168	173	178	183	188	193	198	203	1,00 al 1,01	1,02 al 1,04	1,05 al 1,08	1,09 al 1,12	1,13 al 1,18	1,19 al 1,24	1,25 al 1,34	1,35 al 1,51	1,52 al 1,99	2,00 y sobre
870	1,74	1,93	2,12	2,31	2,49	2,58	2,87	3,05	3,24	3,60	3,79	3,97	4,15	4,33	4,50	4,68	4,86	0,00	0,04	0,09	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30	0,34	0,38	
1160	2,12	2,36	2,61	2,85	3,09	3,32	3,56	3,80	4,03	4,26	4,49	4,72	4,94	5,17	5,39	5,61	5,83	6,05	0,00	0,06	0,11	0,17	0,23	0,28	0,34	0,40	0,45	0,51
1750	2,72	3,06	3,39	3,72	4,05	4,37	4,69	5,01	5,32	5,62	5,92	6,22	6,51	6,80	7,08	7,36	7,63	7,90	0,00	0,09	0,17	0,26	0,34	0,43	0,51	0,60	0,77	
200	0,57	0,62	0,67	0,72	0,77	0,82	0,87	0,92	0,97	1,02	1,07	1,12	1,17	1,22	1,27	1,32	1,36	1,41	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
400	0,97	1,07	1,16	1,26	1,35	1,45	1,54	1,64	1,73	1,82	1,91	2,01	2,10	2,19	2,28	2,37	2,47	2,56	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18
600	1,32	1,46	1,60	1,73	1,87	2,01	2,14	2,28	2,41	2,54	2,68	2,81	2,94	3,07	3,20	3,33	3,46	3,59	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26
800	1,63	1,81	1,99	2,16	2,34	2,51	2,69	2,86	3,03	3,20	3,37	3,54	3,71	3,88	4,05	4,21	4,38	4,54	0,00	0,04	0,08	0,12	0,16	0,20	0,24	0,27	0,31	0,35
1000	1,91	2,13	2,34	2,56	2,77	2,98	3,19	3,40	3,61	3,81	4,02	4,22	4,42	4,62	4,82	5,02	5,22	5,41	0,00	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,29	0,34	0,39	0,44
1200	2,17	2,42	2,67	2,92	3,16	3,41	3,65	3,89	4,13	4,37	4,60	4,84	5,07	5,30	5,53	5,75	5,98	6,20	0,00	0,06	0,12	0,18	0,24	0,29	0,35	0,41	0,47	0,53
1400	2,39	2,68	2,96	3,24	3,52	3,79	4,07	4,34	4,61	4,87	5,13	5,39	5,65	5,91	6,16	6,41	6,66	6,90	0,00	0,07	0,14	0,21	0,27	0,34	0,41	0,48	0,55	0,62
1600	2,59	2,91	3,22	3,53	3,84	4,14	4,44	4,74	5,03	5,32	5,61	5,89	6,17	6,44	6,72	6,98	7,25	7,51	0,00	0,08	0,16	0,24	0,31	0,39	0,47	0,55	0,63	0,71
1800	2,76	3,11	3,45	3,78	4,12	4,45	4,77	5,09	5,40	5,71	6,02	6,32	6,61	6,90	7,19	7,47	7,74	8,01	0,00	0,09	0,18	0,26	0,35	0,44	0,53	0,62	0,71	0,79
2000	2,90	3,28	3,64	4,00	4,36	4,71	5,05	5,39	5,72	6,04	6,36	6,68	6,98	7,28	7,57	7,86	8,14	8,41	0,00	0,10	0,20	0,23	0,39	0,49	0,59	0,69	0,78	0,88
2200	3,02	3,41	3,80	4,18	4,56	4,92	5,28	5,63	5,98	6,31	6,64	6,96	7,27	7,57	7,87	8,15	8,42	8,69	0,00	0,11	0,22	0,32	0,43	0,54	0,65	0,75	0,86	0,97
2400	3,11	3,52	3,93	4,32	4,71	5,09	5,46	5,82	6,17	6,51	6,84	7,16	7,47	7,77	8,05	8,33	8,59	8,84	0,00	0,12	0,24	0,35	0,47	0,59	0,71	0,82	0,94	1,06
2600	3,16	3,59	4,01	4,42	4,82	5,21	5,58	5,95	6,30	6,64	6,96	7,28	7,58	7,86	8,13	8,39	8,63	8,86	0,00	0,13	0,26	0,38	0,51	0,64	0,76	0,89	1,02	1,15
2800	3,19	3,63	4,06	4,48	4,88	5,27	5,66	6,01	6,35	6,68	7,00	7,30	7,58	7,85	8,10	8,33	8,54	8,73	0,00	0,14	0,27	0,41	0,55	0,69	0,82	0,96	1,10	1,24
3000	3,16	3,63	4,06	4,48	4,89	5,28	5,66	6,00	6,33	6,65	6,95	7,23	7,48	7,72	7,94	8,13	8,31	8,46	0,00	0,15	0,29	0,44	0,59	0,74	0,88	1,03	1,18	1,32
3200	3,13	3,59	4,02	4,44	4,84	5,22	5,58	5,92	6,24	6,53	6,80	7,05	7,27	7,47	7,65	7,80			0,00	0,16	0,31	0,47	0,63	0,78	0,94	1,10	1,25	1,41
3400	3,05	3,51	3,94	4,35	4,74	5,11	5,45	5,76	6,05	6,32	6,55	6,77	6,95	7,10					0,00	0,17	0,33	0,50	0,67	0,83	1,00	1,17	1,33	1,50
3600	2,93	3,38	3,81	4,21	4,58	4,92	5,24	5,53	5,78	6,01	6,21	6,37							0,00	0,18	0,35	0,53	0,71	0,88	1,06	1,24	1,41	1,59
3800	2,77	3,21	3,62	4,00	4,35	4,67	4,96	5,21	5,42	5,60									0,00	0,19	0,37	0,56	0,75	0,93	1,12	1,30	1,49	1,68
4000	2,57	3,00	3,39	3,74	4,07	4,35	4,60	4,80	4,96										0,00	0,20	0,39	0,59	0,78	0,98	1,18	1,37	1,57	1,76
4200	2,33	2,73	3,10	3,42	3,71	3,95	4,15												0,00	0,21	0,41	0,62	0,82	1,03	1,24	1,44	1,65	1,85
4400	2,04	2,42	2,75	3,04	3,28	3,47													0,00	0,22	0,43	0,65	0,85	1,08	1,29	1,51	1,73	1,94
4600	1,70	2,05	2,34	2,59															0,00	0,23	0,45	0,66	0,90	1,13	1,35	1,58	1,80	2,03
4800	1,32	1,63	1,86																0,00	0,24	0,47	0,71	0,94	1,18	1,41	1,65	1,88	2,12
5000	0,88	1,15																	0,00	0,25	0,49	0,73	0,98	1,23	1,47	1,72	1,96	2,21
5200	0,40																		0,00	0,28	0,51	0,76	1,02	1,27	1,53	1,76	2,04	2,29

Tabla 1.A: Prestación base por correa para la sección B.



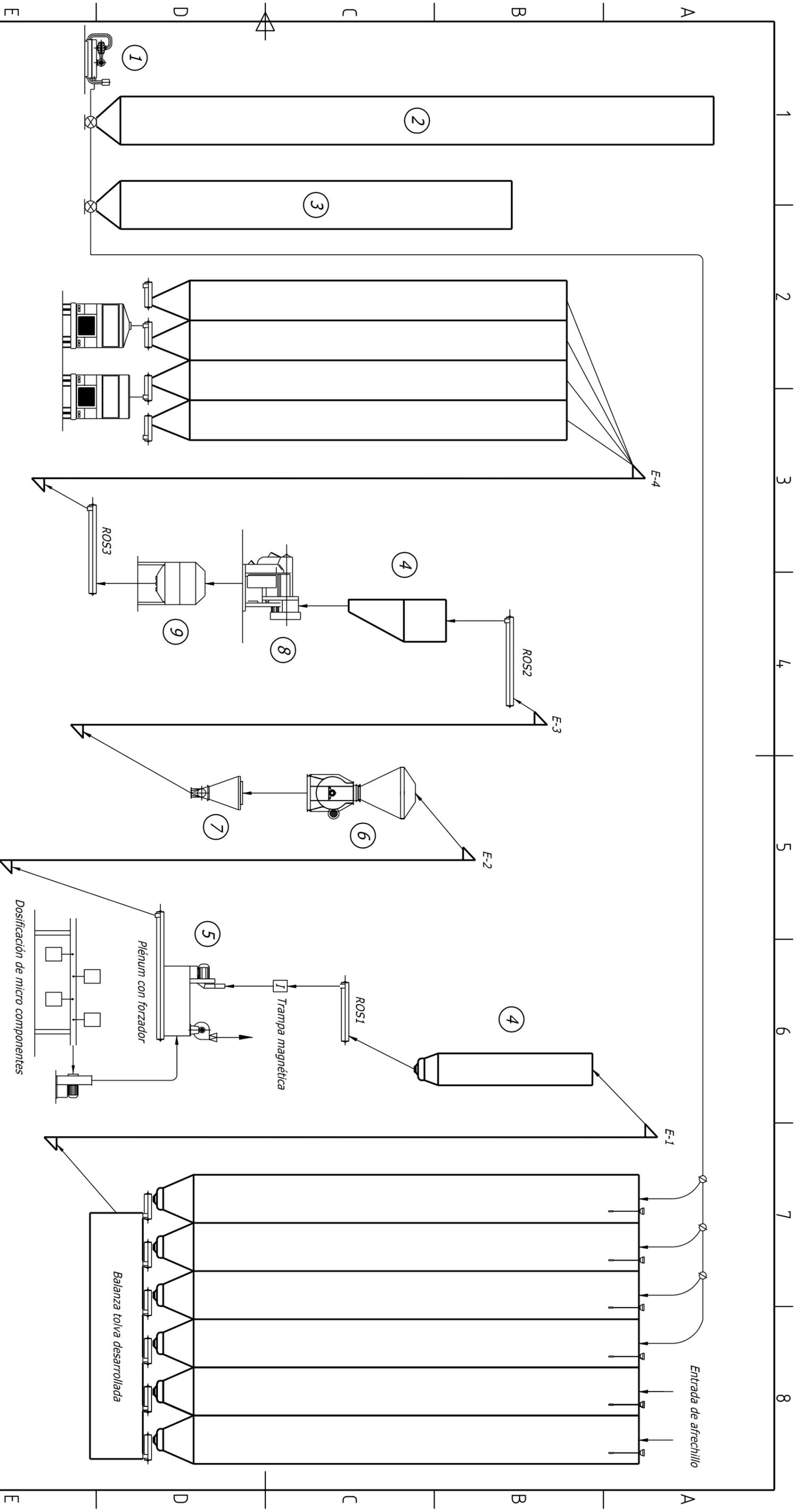
CROQUIS DE UBICACIÓN



Nº	DESIGNACIÓN
1	Depósito
2	Oficinas
3	Carga a Granel
4	Sala de Bombas
5	Sala de Aditivos
6	Depósito de Aditivos
7	Taller de Mantenimiento
8	Sala de Bombas
9	Limpieza
10	Pre-Limpieza
11	Sala de Compresores
12	Silos de Almacenamiento Balanceado

Nº	DESIGNACIÓN
13	Depósito de Repuestos
14	Taller Eléctrico
15	Sala de Caldera
16	Torre de Enfriamiento
17	Usina de Planta y Transformador
18	Planta de Silos Nº1
19	Sala de Termometris P.S.3

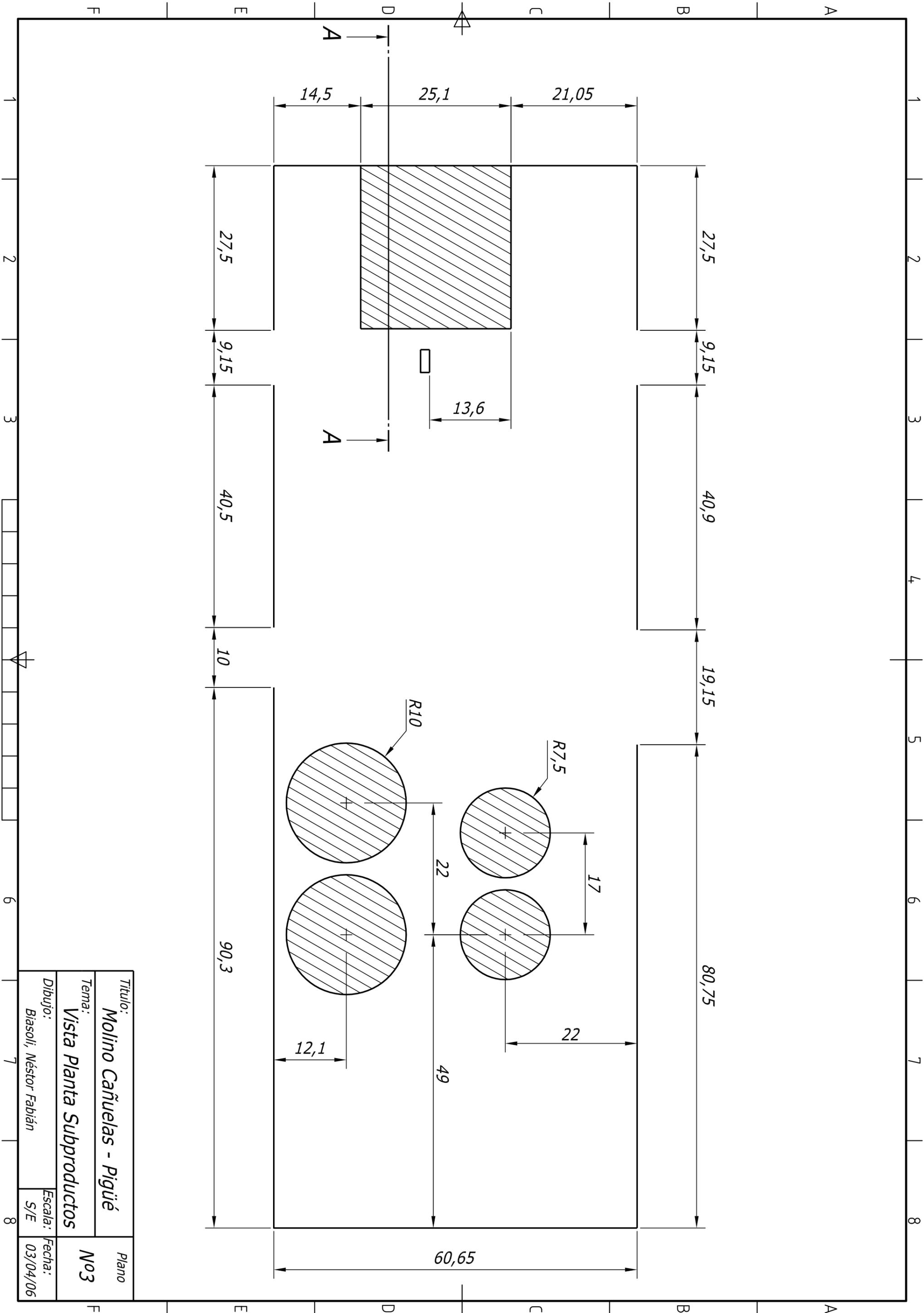
Título: Molino Cañuelas - Pigiúé		Plano No1
Tema: Vista de Planta Completa		
Dibujo: Biasoli, Néstor Fabián	Escala: S/E	Fecha: 03/04/06



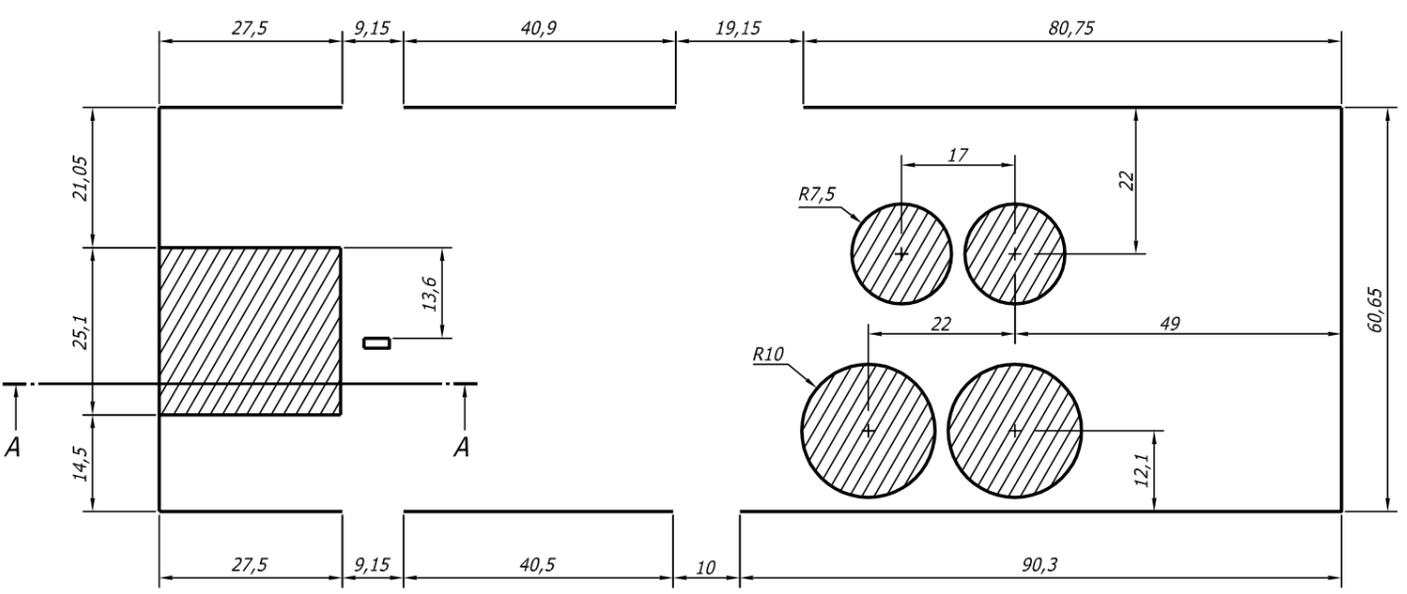
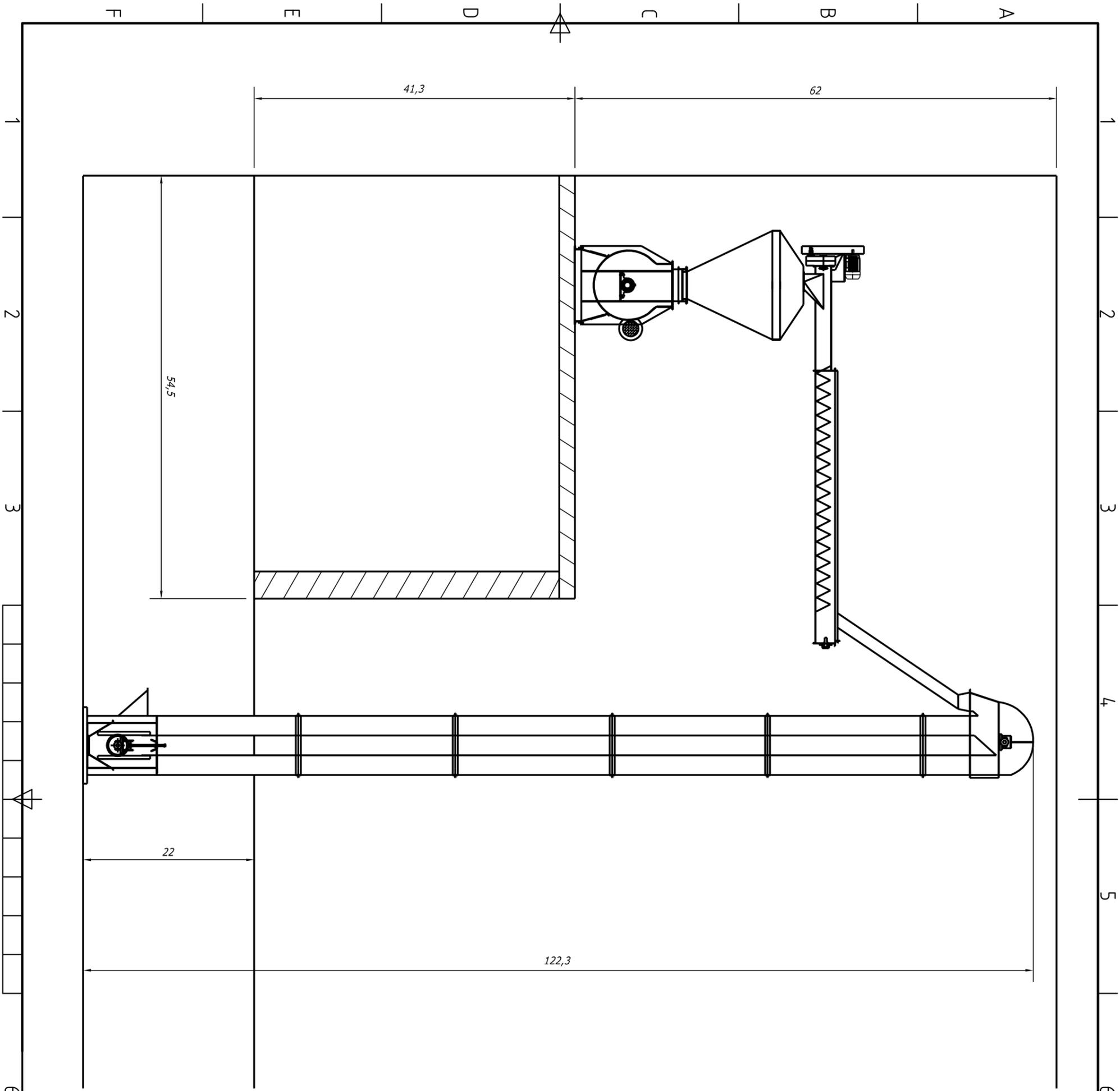
Nº	DESIGNACIÓN	CANT.
1	Motosoplador	1
2	Silo de recibo de maíz.	1
3	Silo de recibo de pellets de girasol.	1
4	Depósito metálico aéreo.	2
5	Molino triturador a martillos.	1
6	Mezcladora horizontal.	1
7	Depósito receptor bajo mezcladora.	1
8	Prensa.	1
9	Columna enfriadora.	1

Título: Molino Cañuelas - Pigué
Tema: Diagrama de Flujos
Plano: No2

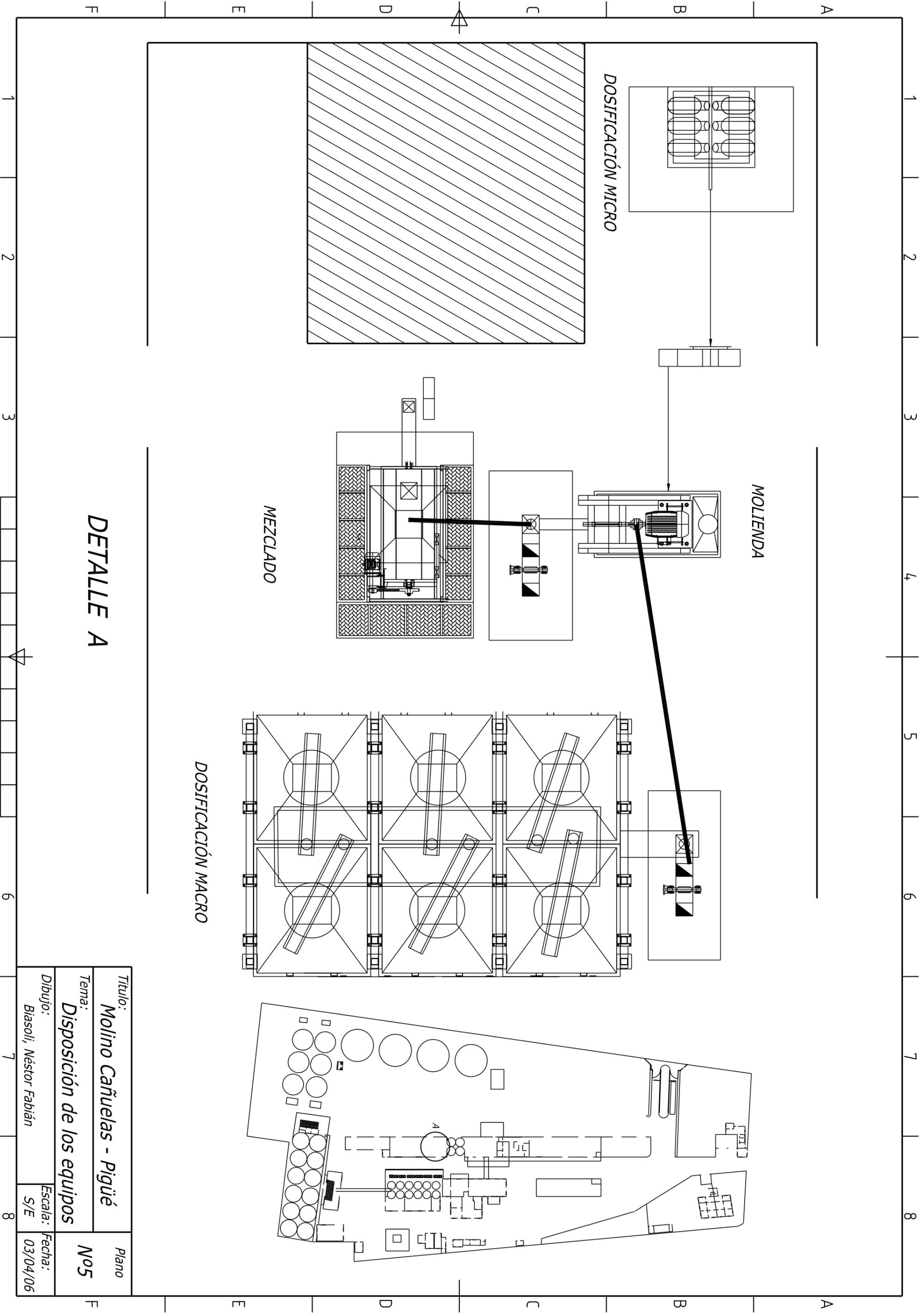
Dibujo: Biasoli, Néstor Fabián
Escala: S/E
Fecha: 03/04/06



Título: Molino Cañuelas - Pigué		Plano Nº3
Tema: Vista Planta Subproductos		
Dibujo: Biasoli, Néstor Fabián	Escala: S/E	Fecha: 03/04/06

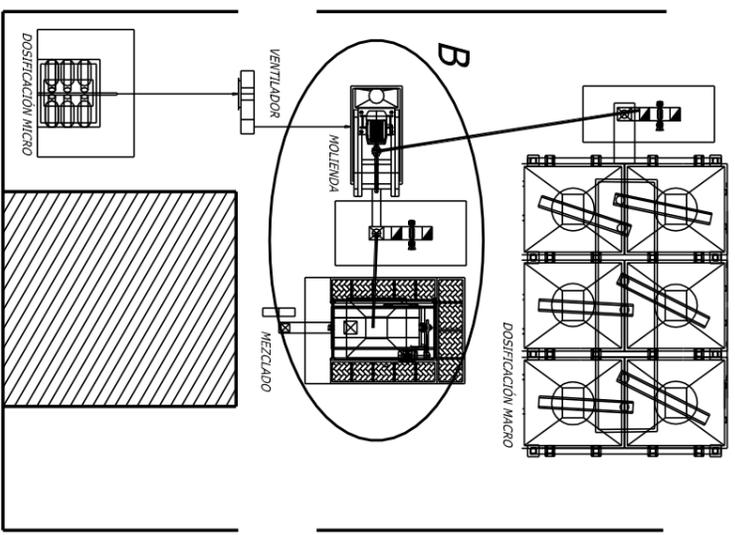
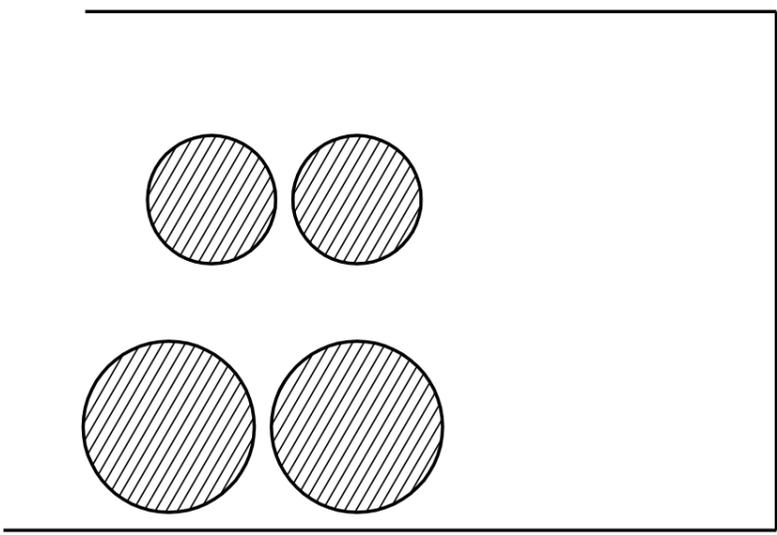
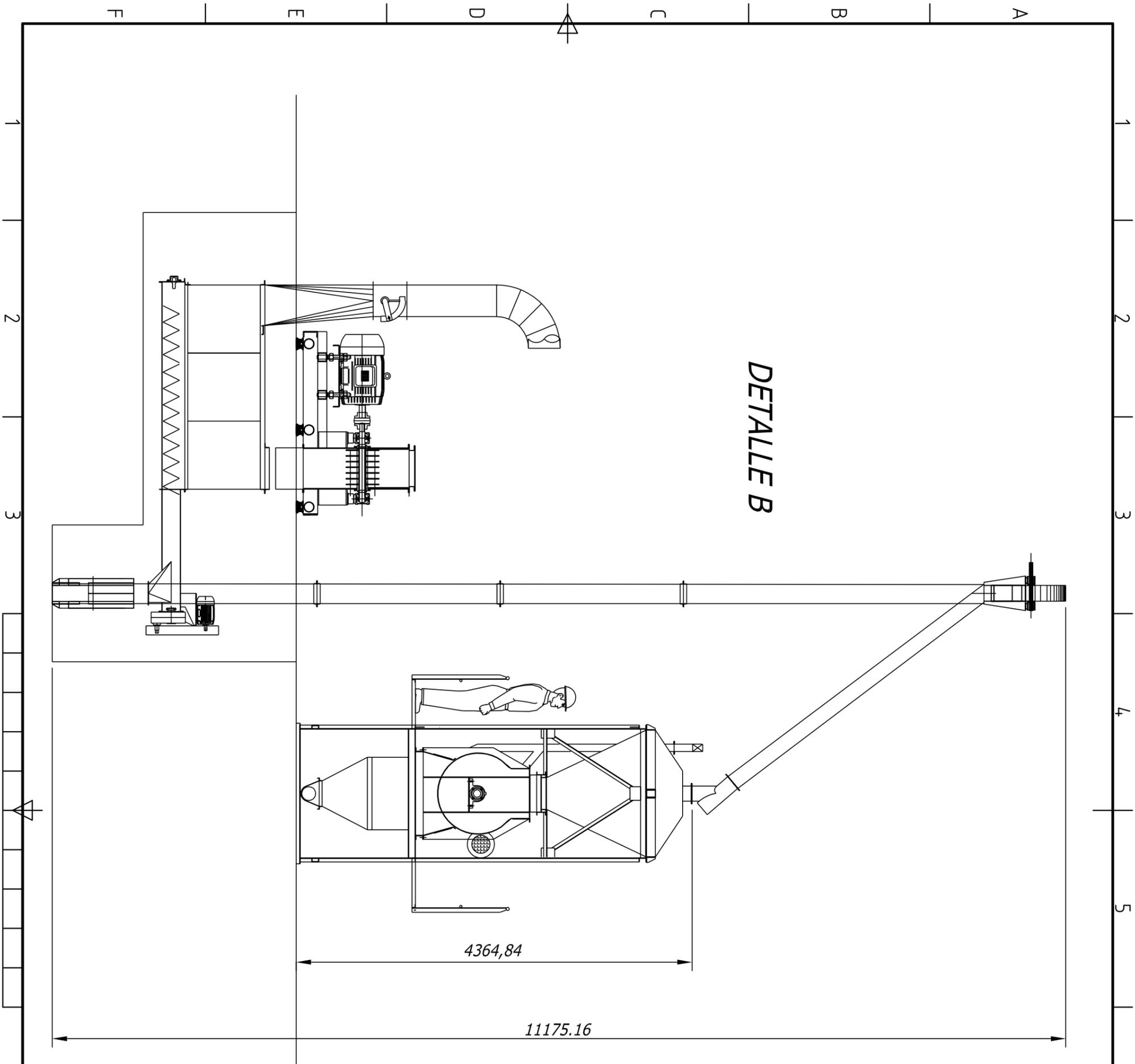


Título: <i>Molino Cañuelas - Pigüé</i>		Plano Nº4	
Tema: Corte A-A		Fecha: 03/04/06	
Dibujó: Biasoli, Néstor Fabián		Escala: S/E	

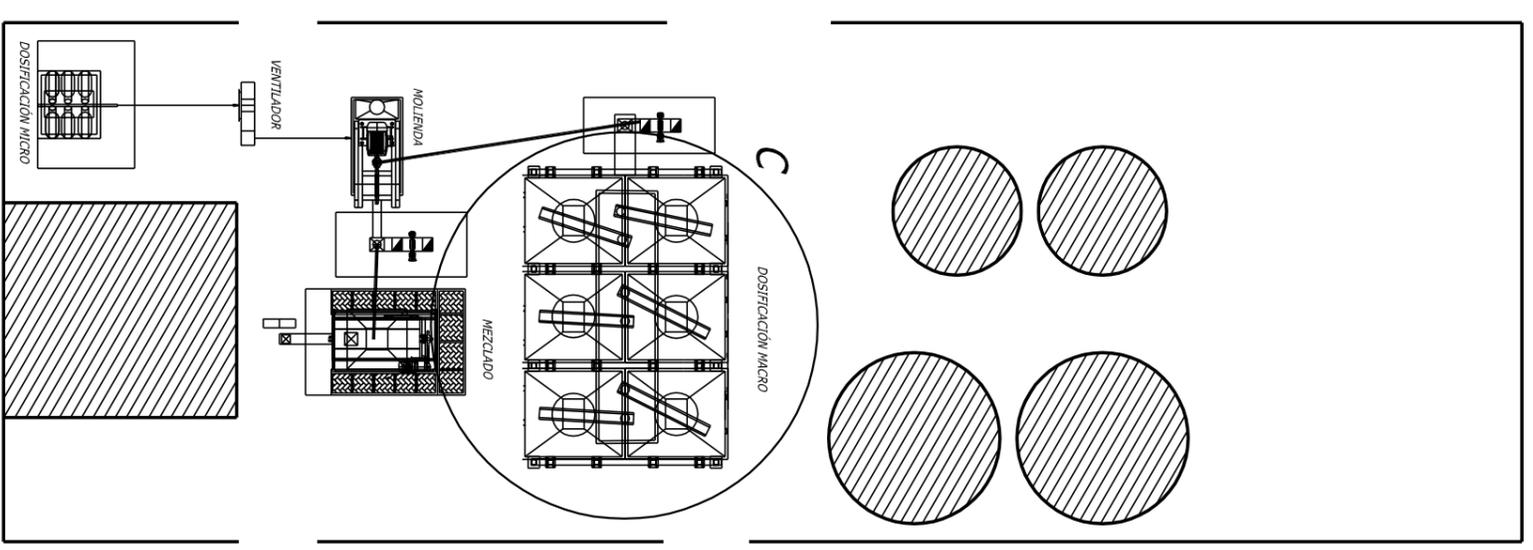
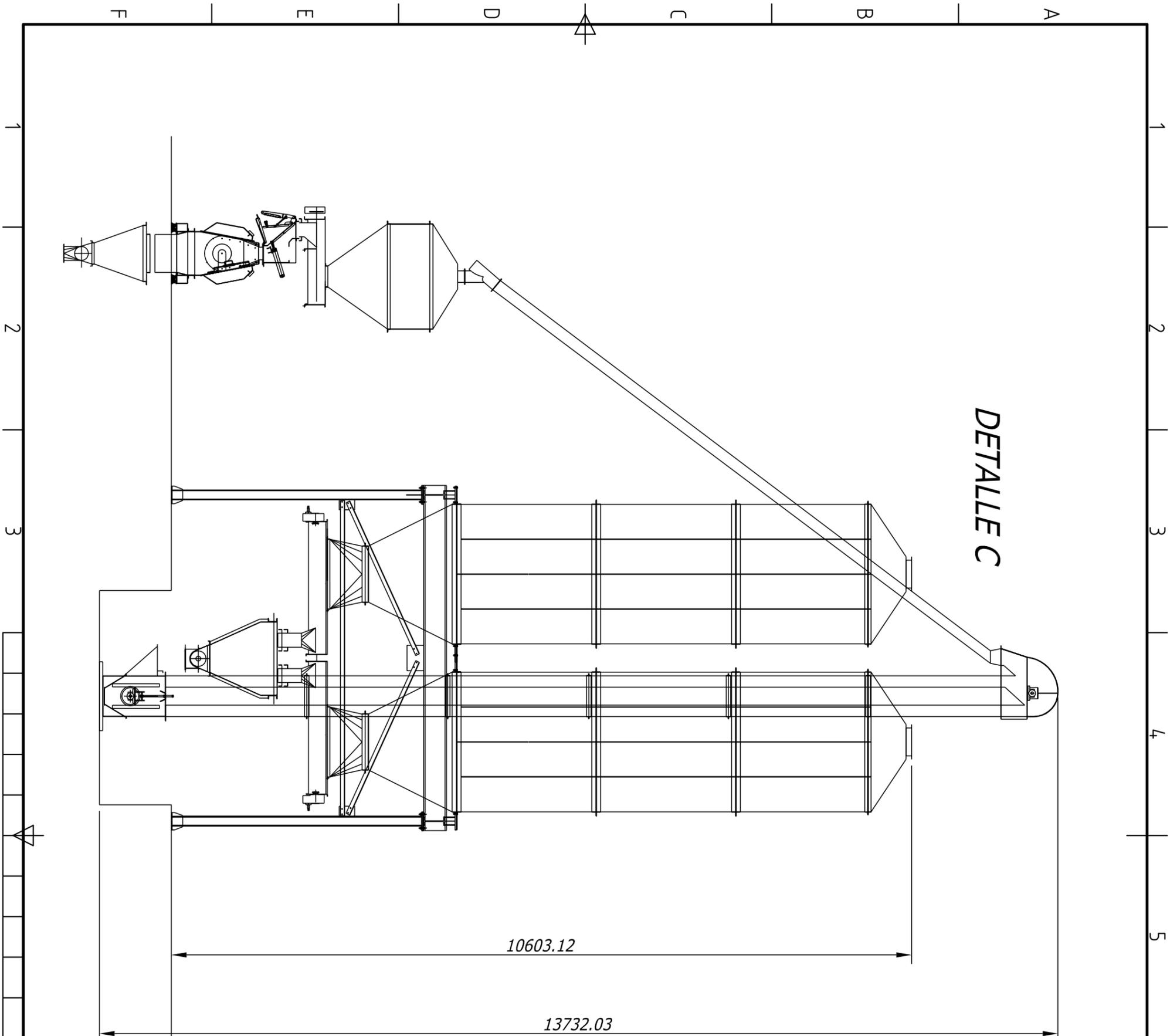


DETALLE A

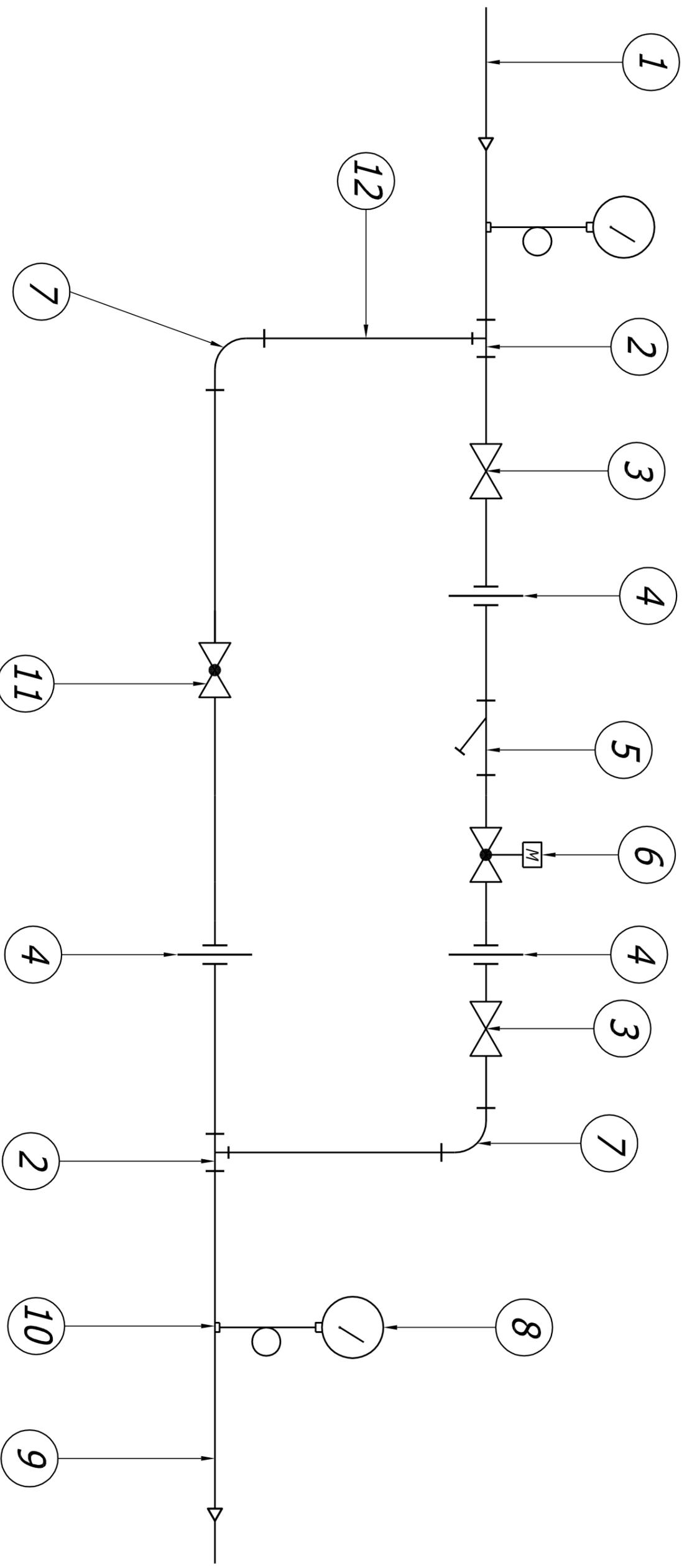
Título: <i>Molino Cañuelas - Pigué</i>	Plano Nº5
Tema: <i>Disposición de los equipos</i>	
Dibujó: <i>Biasoli, Néstor Fabián</i>	Escala: S/E
	Fecha: 03/04/06



Título: <i>Molino Cañuelas - Pigué</i>		Plano Nº6
Tema: <i>Detalle B</i>		
Dibujó: <i>Biasoli, Néstor Fabián</i>	Escala: <i>S/E</i>	Fecha: <i>03/04/06</i>

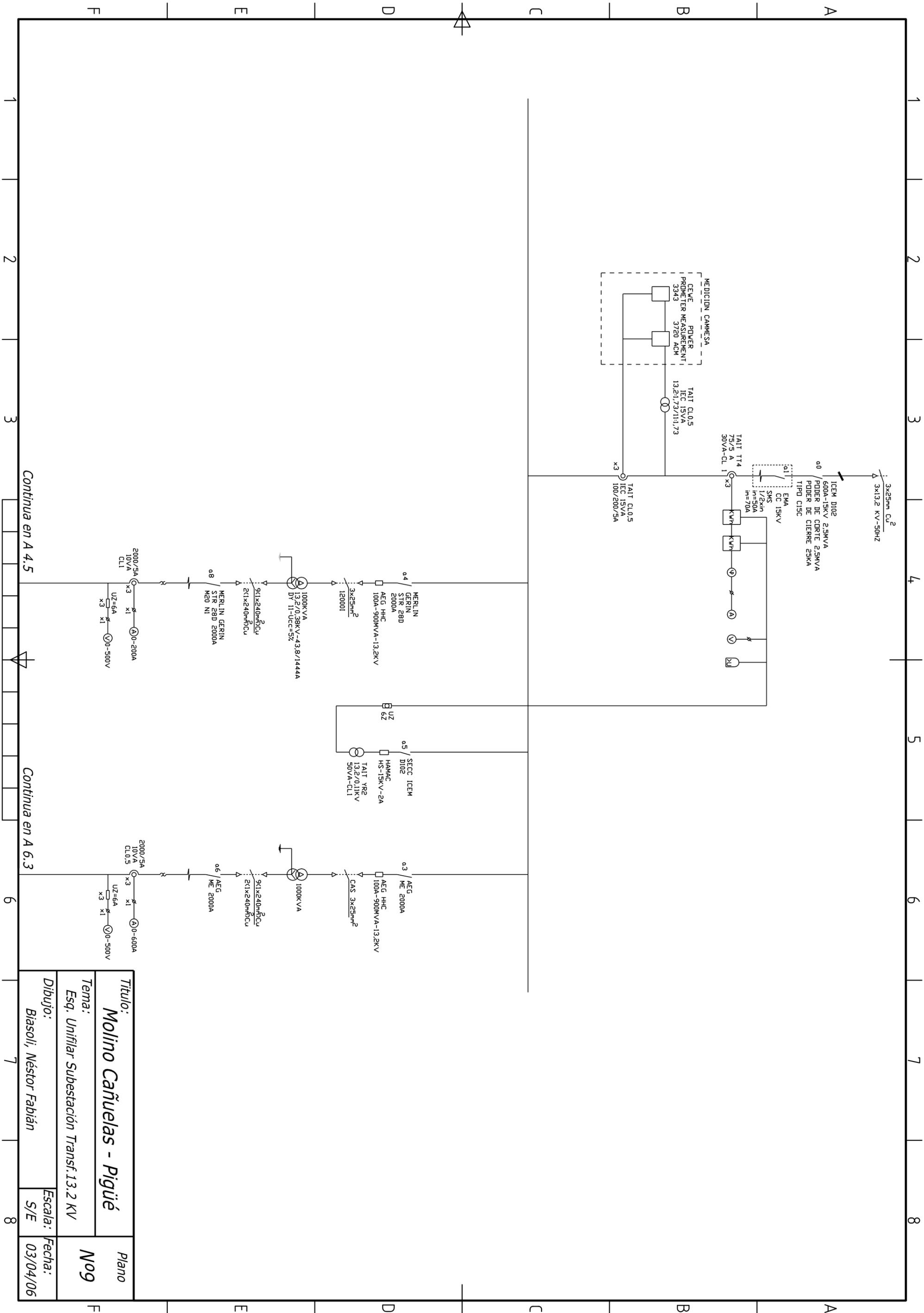


Título: <i>Molino Cañuelas - Pigué</i>		Plano No7
Tema: <i>Detalle C</i>		
Dibujó: <i>Biasoli, Néstor Fabián</i>	Escala: S/E	Fecha: 03/04/06



Nº	DESIGNACIÓN	CANT.
1	CAÑO DE ENTRADA	-
2	TE NORMAL	2
3	VÁLVULA ESCLUSA	2
4	UNIÓN DOBLE	3
5	FILTRO "Y "	1
6	VÁLVULA REDUCTORA	1
7	CODDO 90°	2
8	MANÓMETRO	2
9	CAÑO DE SALIDA	-
10	1/2 CUPLA	2
11	VÁLVULA GLOBO	1
12	CAÑO	-

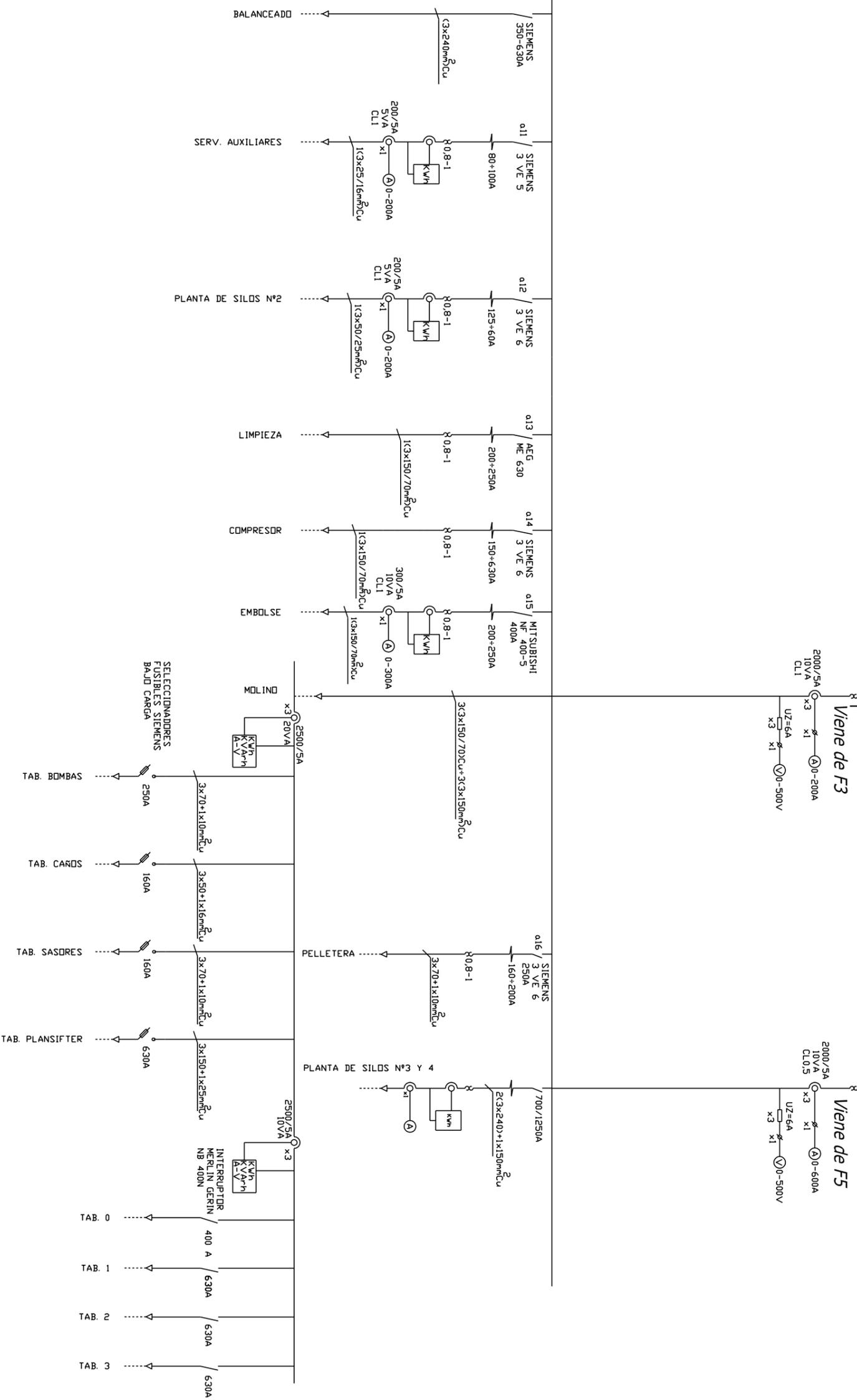
Título: Molino Cañuelas - Pigüé		Plano
Tema: Cuadro de Vapor		Nº8
Dibujó: Biasoli, Néstor Fabián	Escala: S/E	Fecha: 03/04/06



Continua en A 4.5

Continua en A 6.3

Título: Molino Cañuelas - Pigué		Plano Nº9
Tema: Esq. Unifilar Subestación Transf. 13.2 KV		
Dibujó: Biasoli, Néstor Fabián	Escala: S/E	Fecha: 03/04/06



Título:
Molino Cañuelas - Piquié

Tema:
Esq. Unifilar Subestación Transf. 13.2 KV

Dibujó:
Biasoli, Néstor Fabián

Plano
Nº9 A

Escala:
S/E

Fecha:
03/04/06