



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE GUAYAQUIL
CARRERA DE MECATRÓNICA

**REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA DE GRANULACIÓN DE
FERTILIZANTES SEMIAUTOMÁTICO UTILIZANDO PLATOS
ROTATORIOS Y TOLVA DE DOSIFICACIÓN CONTINUA PARA EL
SECTOR AGRÍCOLA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTORES: Santiago Xavier Arciniegas Ayala
Marcos Santiago Solorzano Mendez
TUTOR: Ing. Ricardo Patricio Manzano Puente Mg.

Guayaquil - Ecuador
2023

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, **Santiago Xavier Arciniegas Ayala** con documento de identificación N° **0924318884** y **Marcos Santiago Solorzano Mendez** con documento de identificación N° **1206511139**; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo.

Guayaquil, 8 de septiembre del año 2023

Atentamente,

Santiago Xavier Arciniegas Ayala
0924318884

Marcos Santiago Solorzano Mendez
1206511139

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, **Santiago Xavier Arciniegas Ayala** con documento de identificación N° **0924318884** y **Marcos Santiago Solorzano Mendez** con documento de identificación N° **1206511139**, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del **Dispositivo Tecnológico: REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA DE GRANULACIÓN DE FERTILIZANTES SEMIAUTOMÁTICO UTILIZANDO PLATOS ROTATORIOS Y TOLVA DE DOSIFICACIÓN CONTINUA PARA EL SECTOR AGRÍCOLA**, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo a final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana

Guayaquil, 8 de septiembre del año 2023

Atentamente,

Santiago Xavier Arciniegas Ayala
0924318884

Marcos Santiago Solorzano Mendez
1206511139

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, **Ricardo Patricio Manzano Puente**, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA DE GRANULACIÓN DE FERTILIZANTES SEMIAUTOMÁTICO UTILIZANDO PLATOS ROTATORIOS Y TOLVA DE DOSIFICACIÓN CONTINUA PARA EL SECTOR AGRÍCOLA**, realizado por **Santiago Xavier Arciniegas Ayala** con documento de identificación N° **0924318884** y por **Marcos Santiago Solorzano Mendez** con documento de identificación N° **1206511139**, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción **Dispositivo Tecnológico** que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 8 de septiembre del año 2023

Atentamente,

Ing. Ricardo Patricio Manzano Puente, Mg.
1803850187

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mi padre Edison Arciniegas, y a la persona que me cuidó como si fuera mi madre Flor Yanez, por siempre haberme guiado y empujado a ser la mejor versión de mí. Siempre me han enseñado que no siempre debes hacer lo que te guste, sino lo que es correcto, y la vida te lo recompensará. A ellos les dedico todos los logros que alcancé en mis estudios y todos los que vendrán posteriormente.

Santiago Xavier Arciniegas Ayala

Dedico este trabajo de titulación a mis padres, Marcos Solorzano y Maria Mendez que fueron un gran modelo a seguir con perseverancia en aquellos momentos difíciles dentro de mi carrera. A mi hermano Said Solorzano, que siempre mostró afecto y apoyo en aquellos días largos. A mi abuela Zoila Gonzalez, que ha sido como una madre par mí y me mostró un apoyo incondicional. A mis amigos y compañeros de carrera que prestaron su ayuda y conocimiento . A mi querida compañera de vida, Kayla Maa que supo brindarme compañía en aquellas noches largas con mucha paciencia y cariño. Y por último, pero no menos importante, a mis profesores dentro de mi carrera universitaria que con mucha paciencia supieron guiarme y compartir sus grandes conocimientos para mi desarrollo profesional.

Marcos Santiago Solorzano Mendez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi madre Mercedes Ayala, así como a mis hermanos Andrea, Jr, Marlon y Andrés por estar pendientes siempre de mí y darme su apoyo en esta etapa de mi vida. A todos mis amigos que estuvieron desde el principio, dentro y fuera de la universidad, y con las personas que pude conocer y compartir más a fondo en esta última etapa de la carrera. También agradezco a mi compañero de tesis por cumplir con sus responsabilidades y trabajar en equipo, con el cual recordaremos este logro.

Santiago Xavier Arciniegas Ayala

Agradezco, en primer lugar, a mis padres, mi hermano, mi abuela y familiares cercanos por acompañarme en esta larga travesía para convertirme en un profesional. A mis compañeros y amigos dentro del campus que mostraron un apoyo constante. A mi mejor amiga, mi confidente y compañera de vida por alentarme a no rendirme hasta cumplir mis metas. A mi compañero de tesis, quien fue perenne y demostró ser más que un compañero, un amigo de vida. Por último, a mi Tutor y demás profesores por su ayuda y apoyo durante el desarrollo de mi carrera.

Marcos Santiago Solorzano Mendez

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo la repotenciación de un sistema de granulación de fertilizantes en la industria del sector agrícola. Este sistema comprende el diseño de elementos adicionales a la línea de producción como bandas transportadoras, elevador de cangilones, y el rediseño de platos granuladores basados en una unidad previamente adquirida.

Para la repotenciación del sistema, se toma en cuenta disposiciones que tiene la empresa como: usar elementos en inventario para que su mantenimiento y reemplazo sea acorde al resto de elementos de otras líneas de producción, utilizar las áreas de trabajo delimitadas por la empresa estableciendo parámetros como distancias horizontales y verticales máximas según el proceso, elegir los elementos que sean necesarios de catálogos predefinidos por proveedores, cumplir con la demanda de aumento de producción, y hacer que el presupuesto sea moderado con el fin de recuperar la inversión en tiempos pertinentes.

Se debe comprobar que los cálculos mecánicos estén correctamente realizados para poder realizar una correcta recomendación en la instalación de equipos eléctricos para asegurar la funcionalidad y seguridad de la línea de producción, siendo esto una implementación de conocimientos adquiridos de las ramas de la mecánica, diseño y electricidad.

Palabras claves: repotenciación de sistema, plato granulador, banda transportadora, elevador de cangilones, cálculo de potencia mecánica, elementos de tablero eléctrico, SOLIDWORKS, AUTOCAD.

ABSTRACT

The objective of this project is the repowering of a fertilizer granulation system in the agricultural industry. This system includes the design of additional elements to the production line such as conveyor belts, bucket elevator, and the redesign of granulator plates based on a previously acquired unit.

For the repowering of the system, provisions that the company has are taken into account, such as: using elements in inventory so that their maintenance and replacement is consistent with the rest of the elements of other production lines, using the work areas delimited by the company, establishing parameters such as maximum horizontal and vertical distances according to the process, choose the elements that are necessary from catalogs predefined by suppliers, meet the demand for increased production, and make the budget moderate in order to recover the investment in relevant times.

It must be verified that the mechanical calculations are correctly carried out in order to make a correct recommendation in the installation of electrical equipment to ensure the functionality and safety of the production line, this being an implementation of knowledge acquired from the branches of mechanics, design and electricity.

Keywords: system repowering, granulator plate, conveyor belt, bucket elevator, mechanical power calculation, electrical panel elements, SOLIDWORKS, AUTOCAD.

Índice

I INTRODUCCIÓN	15
II PROBLEMA	16
III OBJETIVOS	17
III-A Objetivo general	17
III-B Objetivos específicos	17
IV FUNDAMENTOS TEÓRICOS	18
IV-A La agricultura	18
IV-B Los fertilizantes	18
IV-C Métodos para realizar fertilizantes	19
IV-D Tipos de granulación	19
IV-E Granulador de plato giratorio	22
IV-F Elementos de potencia y control	25
IV-F1 Interruptores	25
IV-F2 Relés y contactores	25
IV-F3 Transformadores	25
IV-F4 Motores trifásicos	25
IV-F5 Fuentes de Alimentación	25
IV-G Elementos mecánicos	25
IV-G1 Piñones y ruedas dentadas	25
IV-G2 Ejes de transmisión	26
IV-G3 Poleas	26
IV-G4 Cadenas y bandas	26
IV-G5 Chumaceras y rodamientos	26
IV-G6 Pernos	26
IV-H Softwares de diseño	26
IV-H1 SOLIDWORKS y AUTOCAD	26
V MARCO METODOLÓGICO	28
V-A Funcionamiento del sistema actual	28
V-B Planteamiento de la repotenciación	30
V-B1 Mejoras en el sistema de alimentación	32
V-B2 Transporte del material hacia los platos granuladores	33
V-B3 Granuladores adicionales	34
V-B4 Banda transportadora para trabajo en serie	34
V-B5 Tablero eléctrico	34
V-B6 Concepto final	34
V-C Tolva de alimentación y banda alimentadora	35
V-C1 Esquematización	35
V-C2 Cálculos y análisis	39
V-C3 Diseño CAD	58
V-C4 Implementación de tolva de alimentación y banda alimentadora	60
V-D Elevador de cangilones	62
V-D1 Esquematización	62
V-D2 Cálculos y análisis	62
V-D3 Diseño CAD	66

V-D4	Implementación de elevador de cangilones	66
V-E	Tolva dosificadora	69
V-E1	Esquematación	69
V-E2	Cálculos y análisis	69
V-E3	Diseño CAD	71
V-E4	Implementación tolva dosificadora	71
V-F	Platos granuladores	73
V-F1	Esquematación	75
V-F2	Cálculos y análisis	76
V-F3	Diseño CAD	81
V-F4	Análisis estático	83
V-F5	Implementación de platos granuladores	94
V-G	Banda de salida	97
V-G1	Esquematación	97
V-G2	Cálculos y análisis	97
V-G3	Diseño CAD	99
V-G4	Implementación banda de salida	100
V-H	Tableros eléctricos	101
V-H1	Relé térmico	103
V-H2	Contactores	104
V-H3	Interruptor termomagnético	105
V-H4	Interruptor termomagnético principal	106
V-H5	Fuente de alimentación	106
V-H6	Implementación de tablero eléctrico	110
V-I	Análisis de la rentabilidad del sistema repotenciado	112
V-I1	Incremento de producción	113
V-I2	Utilidad del producto	114
V-I3	Retorno de inversión	114
VI	RESULTADOS	116
VI-A	Resultados de problemas	116
VI-B	Sistema de alimentación semiautomático	116
VI-C	Diseño de elementos para repotenciación	119
VI-D	Análisis financiero	121
VII	CRONOGRAMA	122
VIII	PRESUPUESTO	123
IX	CONCLUSIONES	124
X	RECOMENDACIONES	124

Índice de figuras

1	Granulador de tipo tambor [25]	20
2	Granulador de tipo disco [24]	20
3	Granulador de tipo extrusor [27]	21
4	Granulador de tipo compactador [40]	22
5	Tolva de alimentación [32]	23
6	Elevador de cangilones [26]	23
7	Platos rotatorios [29]	24
8	Tablero eléctrico [13]	24
9	Sistema de granulación de un solo plato [12]	28
10	Producto ingresado en el plato [12]	29
11	Producto ingresando al secador [12]	29
12	Producto saliendo para su clasificación [12]	30
13	Línea de producción del sistema actual [12]	30
14	Plano del secador [12]	31
15	Características del secador [12]	32
16	Elevador de cangilones de otra línea de producción [12]	33
17	Nueva línea de producción [12]	35
18	Comparación de diseños de tolvas [10]	36
19	Concepto de tolva y banda [10]	36
20	Masa del envase con el material [10]	37
21	Masa del envase sin material [10]	37
22	Diámetro del envase [10]	38
23	Altura del envase [10]	38
24	Variables de banda transportadora [5]	42
25	Factor de fricción en equipos [21]	45
26	Constante terminal de fricción [21]	45
27	Masa de las partes móviles [21]	46
28	Longitud de rodillos según configuración [21]	46
29	Factores de fricción estándar [21]	48
30	Volumen de pirámide truncada [10]	50
31	Fórmula para la velocidad del transportador [3]	55
32	Despiece tolva de alimentación [10]	59
33	Lista de elementos tolva de alimentación [10]	59
34	Despiece banda alimentadora [5]	60
35	Lista de elementos banda alimentadora [5]	60
36	Tolva de alimentación espacio principal [10]	60
37	Tornillo sin fin tolva de alimentación.	61
38	Tolva de alimentación soldada [10]	61
39	Bastidor banda alimentadora [5]	61
40	Estación de rodillos banda alimentadora [5]	62
41	Factores de fricción especiales [21]	63
42	Capacidad del cangilón [38]	64
43	Masa del cangilón vacío [7]	65
44	Despiece tolva de alimentación [7]	66
45	Lista de elementos tolva de alimentación [7]	66
46	Segmento de elevador de cangilones [7]	67
47	Colocación de tambor en elevador de cangilones [7]	67
48	Ensamble de segmentos de elevador de cangilones [7]	67

49	Ensamble parcial de elevador de cangilones [7]	68
50	Colocación de cangilones en caucho de banda [7]	68
51	Instalación de banda con cangilones en elevador [7]	69
52	Despiece tolva de alimentación [11]	71
53	Lista de elementos tolva de alimentación [11]	71
54	Compartimiento principal tolva dosificadora [11]	72
55	Acoplamiento de tubos para material [11]	72
56	Instalación de tornillos sin fin en tubos [11]	72
57	Instalación de tolva dosificadora [11]	73
58	Ficha técnica del plato granulador [23]	73
59	Motor del plato granulador [23]	74
60	Modelo y factor de reducción [23]	75
61	Esquema de sistema de transmisión [8]	75
62	Catálogo de piñón conductor [36]	77
63	Catálogo de piñón conducido [36]	77
64	Cálculos de momento de inercia en Solidworks [8]	80
65	Plano del motorreductor [23]	82
66	Unidad actual vista trasera [8]	82
67	Despiece tolva de alimentación [8]	83
68	Lista de elementos tolva de alimentación [8]	83
69	Conjunto 1 [8]	84
70	Conjunto 2 [8]	84
71	Conjunto 3 [8]	85
72	Conjunto 4 [8]	85
73	Conjunto 5 [8]	86
74	Conjunto 6 [8]	86
75	Esquema referencial de la ubicación de los centros de masa de cada conjunto [8]	87
76	Diagrama de Cuerpo Libre de parte superior del Sistema Granulador [8]	87
77	Diagrama de Cuerpo Libre de parte inferior del Sistema Granulador [8]	88
78	Separación de la estrucutra en eslabones [8]	91
79	Separación de la estrucutra en eslabones [28]	94
80	Construcción de base de concreto por parte de la empresa [8]	94
81	Corte de planchas para plato granulador [8]	95
82	Parte curva del plato unida [8]	95
83	Inserción de eje motriz plato granulador.	96
84	Caja reductora plato granulador colocada [8]	96
85	Sistema de poleas colocado [8]	97
86	Base de motor plato granulador implementado [8]	97
87	Despiece tolva de alimentación [6]	100
88	Lista de elementos tolva de alimentación [6]	100
89	Construcción bastidor banda de salida [6]	100
90	Banda de salida colocada [6]	101
91	Ajustes banda de salida [6]	101
92	Tablero B por fuera [9]	102
93	Tablero B por dentro [9]	102
94	Corriente en motores trifásicos según voltaje [31]	103
95	Modelos de relés elegidos [16]	104
96	Corriente en motores trifásicos según voltaje [16]	104
97	Catálogo de contactores [34]	105
98	Modelo de contactores elegidos [34]	105

99	Catálogo de interruptores termomagnéticos [41]	106
100	Interruptor termomagnético seleccionado [41]	106
101	Interruptor termomagnético principal seleccionado [41]	106
102	Fuente de alimentación eléctrica [9]	107
103	Plano eléctrico tablero A hoja 1 [9]	108
104	Plano eléctrico tablero A hoja 2 [9]	109
105	Reubicación tablero B [9]	110
106	Implementación tablero A [9]	110
107	Instalación parcial tablero A [9]	111
108	Prueba de tablero A [9]	111
109	Señalización de tablero A [9]	112
110	Tablero A terminado [9]	112
111	Capital mensual recuperado [4]	114
112	Proyección de rentabilidad [4]	115
113	Despiece tolva de alimentación [10]	116
114	Tolva de alimentación implementada [10]	117
115	Banda alimentadora CAD [5]	117
116	Banda alimentadora implementada [5]	117
117	Banda alimentadora CAD [7]	118
118	Tolva dosificadora CAD [11]	118
119	Elevador de cangilones y tolva dosificadora implementados [11]	119
120	Ensamble del sistema repotenciado [8]	119
121	Vista frontal de sistema repotenciado [11]	119
122	Vista lateral del sistema repotenciado [8]	120
123	Banda de salida implementada [6]	120
124	Platos granuladores implementados [8]	120
125	Comparación entre sistema inicial y repotenciado [8]	121

Índice de tablas

I	Parámetros iniciales para la densidad de la zeolita [10]	39
II	Parámetros iniciales para la banda alimentadora [5]	40
III	Tabla de magnitudes para la banda alimentadora [5]	41
IV	Parámetros para la potencia de la banda [5]	42
V	Inclinación máxima de materiales según densidad [30]	43
VI	Magnitudes de la banda alimentadora [5]	48
VII	Eficiencia de mecanismos de reducción [30]	49
VIII	Valores normalizados para motores trifásicos [15]	49
IX	Parámetros de potencia real de un motor [5]	49
X	Magnitudes para motor de banda alimentadora [5]	50
XI	Parámetros para el volumen de una pirámide truncada [10]	51
XII	Magnitudes para el volumen de una pirámide truncada [10]	51
XIII	Parámetros para la tolva de alimentación [10]	52
XIV	Código de clasificación de material [3]	53
XV	Características de los materiales [3]	54
XVI	Capacidad para transportadores helicoidales [3]	54
XVII	Factor del buje para colgante [3]	55
XVIII	Factor del diámetro del transportador [3]	56
XIX	Factor del helicoidal [3]	56

XX	Factor de paletas [3]	56
XXI	Eficiencia de transmisiones [3]	57
XXII	Tabla de magnitudes para la tolva de alimentación [10]	57
XXIII	Factor de sobrecarga [3]	58
XXIV	Parámetros del elevador de cangilones [7]	63
XXV	Magnitudes del elevador de cangilones [7]	63
XXVI	Tabla de magnitudes para la tolva dosificadora [11]	70
XXVII	Parámetros sistema de transmisión [8]	76
XXVIII	Magnitud sistema de transmisión [8]	76
XXIX	Factor de casquillo según diámetros y canales [8]	78
XXX	Masa de poleas según diámetro y factor de casquillo [8]	78
XXXI	Masa de casquillos [8]	79
XXXII	Magnitudes para cálculo de momento de inercia [8]	80
XXXIII	Conjuntos con respectivas masas y distancias [8]	88
XXXIV	Parámetros banda de salida [6]	98
XXXV	Parámetros banda de salida [6]	99
XXXVI	Cronograma [4]	122
XXXVII	PRESUPUESTO [4]	123

I. INTRODUCCIÓN

Una solución al alza de precios en los fertilizantes importados y de los productos resultantes es procesarlos en diferentes métodos y proporciones. En los tipos de los fertilizantes se encuentran los: químicos, orgánicos, inorgánicos, minerales, aminoácidos, algas marinas y extractos húmicos. Como se sabe que los fertilizantes importados tienen un costo elevado para el productor y para el estado que los subsidia se propone la mezcla de estos mismos en bajas proporciones con otros minerales que funcionarán como catalizadores, insumos y aditivos que se encuentran en Ecuador o en Perú.

De esta manera se podrá reducir significativamente los costos y mejorar la rentabilidad de los productos en los mercados. Para este fin será necesario procesar nuevamente los fertilizantes ya terminados junto a los minerales que se encuentran recientemente triturados y pasados por un molino para reducir el tamaño de sus partículas por procesos físicos y luego juntados para obtener una mezcla que entrará por un proceso de granulación en donde, entre sus beneficios serán de:

- Homogenización al ser mezclados antes y durante el proceso de granulación garantizando el producto será igual en todos los casos.
- Facilidad de su manejo y aplicación gracias a su formato.
- Liberación de los nutrientes más lenta en el suelo.
- Minimización en las pérdidas por volatilización por polvo.

Se estima que la pérdida por volatilización cuando la urea se aplica en el suelo es de un 43,73 % por lo tanto su rentabilidad se ve disminuida a casi la mitad, para contrarrestar este fenómeno que ocurre en la aplicación de fertilizantes en polvo o fácil volatilización es el concepto de la granulación que gracias a su proceso en el que se aplica un aglomerante y a su vez agua para compactar la mezcla de fertilizantes reduce la cualidad que tienen algunos compuestos químicos de perder nitrógeno aumentando así su eficacia [19].

Se ha demostrado que mezclar Nitratos y sulfatos junto a la Urea para luego ser utilizados en fertilizantes granulados aumenta la eficiencia de recuperación de nitrógeno en un 60,36 % comparado al uso de urea sola tomando en cuenta diferentes factores como la presencia de fósforo en el suelo, aumenta de manera significativa la eficiencia de usar fertilizantes granulados a usarlos directamente. Para esto existen muchos métodos de granulación que van desde lo alimenticio, lo farmacéutico y los de fertilizantes, que es tema de interés. Por los motivos previamente expuestos, en el presente proyecto se dará énfasis en ellos para diseñar un sistema que permita obtener la mayor rentabilidad en costo eficiencia y que se pueda prestar para la automatización parcial de su proceso.

II. PROBLEMA

En el mundo una de las problemáticas que más influyen a la hora de elegir un producto fertilizante es el costo en base a su eficiencia, dado que muchos de estos productos que luego se emplearán en los denominados “fertilizantes químicos” tienen un costo elevado por el hecho que son importados principalmente de Estados Unidos, Rusia y Chile. El Ecuador es un país líder en la exportación de productos agrícolas, acuícolas y florícolas siendo estos: cacao, banano, plátanos, pitahayas, piñas, granadillas, mangos, tomate de árbol, aguacates, camarones y flores de diferentes tipos. Solo el sector agrícola en 2022 superó los USD 20.000 millones, el sector florícola USD 1.000 millones y los camarones del sector acuícola USD 7.289 millones. [18] Esto hace al Ecuador un país atractivo para la comercialización de fertilizantes y aditivos tanto orgánicos e inorgánicos, al haber tanta variedad en los productos que requieren fertilizantes para suelos el mercado es cada vez más competitivo ya que existen muchas opciones que tendrán sus ventajas y desventajas.

En 2022 Ecuador importó 84.137 toneladas de agroquímicos con contenido de potasio. En 2021 se importaron más de un millón de toneladas métricas de fertilizantes entre la más común la urea constituyendo el 56.4 % proviniendo de países como: Rusia, Finlandia, Estonia, China e Indonesia. [22] Debido al conflicto entre Rusia y Ucrania los fertilizantes subieron de precio como, por ejemplo: la urea incrementó un 124 % de USD 25 a USD 55, el valor del muriato de potasio de USD 22 a USD 25 siendo un 152 % y el fosfato di amónico de USD 34 a USD 56 representando un 66 % todos en presentación de sacos de 50 kg. El estado toma medidas respecto a este tema subsidiando hasta el 50 % del costo de los sacos de fertilizantes equivalente a USD 27 millones ayudando a 100.000 agricultores.

Teniendo estos datos como referencia también se puede observar como el precio mínimo de la caja de banano (caja tipo 22XU) sube de USD 6,25 a USD 6,50 en 2023 y tomando en consideración que en 2022 se vendieron 354,60 millones de cajas se puede concluir que el costo para el consumir final aumentó en USD 88.650.000 y también en pérdidas proporcionales a la utilidad del productos, con la ayuda de las mezclas de granulados con otros productos minerales de bajo costo se puede reducir este impacto en ambas partes para que la rentabilidad no sea menor y a que su vez el producto no se encarezca para los mercados nacionales e internacionales.

III. OBJETIVOS

III-A. Objetivo general

Repotenciar un sistema manual de granulación de fertilizantes utilizando platos rotatorios para el incremento de su productividad.

III-B. Objetivos específicos

- Diseñar los elementos para la repotenciación del sistema utilizando un software CAD.
- Desarrollar un sistema de alimentación semiautomático con tolvas de dosificación continuas y bandas transportadoras para el producto.
- Realizar un análisis financiero evaluando la rentabilidad del sistema repotenciado.

IV. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

IV-A. *La agricultura*

La agricultura es una de las actividades básicas de las que los seres humanos han dependido durante miles de años. La historia de la agricultura comenzó hace unos 10.000 años cuando la sociedad humana pasó de ser cazadores-recolectores a cultivar plantas y criar animales. La agricultura comenzó de forma independiente en diferentes partes del mundo. El llamado Creciente Fértil, ubicado en el Medio Oriente, desarrolló los primeros métodos agrícolas, como la domesticación de plantas como el trigo, la cebada y los frijoles, y la domesticación de animales como ovejas, cabras y cabras. Esto condujo al surgimiento de las primeras comunidades agrícolas asentadas [39].

A medida que la agricultura se extendió, aparecieron diferentes técnicas y avances en diferentes partes del mundo. En el antiguo Egipto, se desarrollaron elaborados sistemas de riego para utilizar el agua del Nilo para la agricultura. En el valle del Indo del subcontinente indio, se desarrollaron métodos agrícolas intensivos, incluidos sistemas de drenaje y control de inundaciones. Con el tiempo, las técnicas agrícolas como la rotación de cultivos, la selección de semillas, el uso de herramientas y la cría de animales han mejorado. Estos avances aumentaron la productividad y permitieron un aumento de la población. Durante la Revolución Agrícola en Europa entre los siglos XVIII y XIX, las prácticas agrícolas cambiaron significativamente con la introducción de nuevas tecnologías como la invención de maquinaria agrícola y el uso de fertilizantes sintéticos. Esto contribuye a una mayor productividad y al aumento de la producción agrícola. En el siglo XX, la agricultura experimentó cambios rápidos con la introducción de la Revolución Verde. Se implementan prácticas intensivas utilizando productos químicos, maquinaria y mejoramiento genético de cultivos para aumentar los rendimientos. A pesar de los beneficios de una mayor producción de alimentos, existen preocupaciones sobre el impacto ambiental y social de esta práctica.

Hoy en día, la agricultura enfrenta desafíos como el cambio climático, la degradación del suelo, la escasez de agua y la necesidad de mejorar la sostenibilidad. Se fomentan métodos agrícolas más sostenibles, como la agricultura orgánica, la agroecología y el uso de tecnologías más avanzadas, como la agricultura de precisión y la biotecnología. [20] La historia de la agricultura es un testimonio del ingenio humano en la adaptación y el uso de los recursos naturales para alimentarse y prosperar. La agricultura ha crecido a lo largo de los siglos y sigue siendo una parte esencial de nuestra sociedad y existencia.

IV-B. *Los fertilizantes*

La historia de los fertilizantes está entrelazada con la historia de la agricultura, ya que los seres humanos han buscado formas de mejorar la fertilidad del suelo y aumentar los rendimientos durante miles de años. Aquí hay una descripción general de la historia de los fertilizantes:

- **Abono orgánico:** Los primeros agricultores descubrieron que el uso de materia orgánica como estiércol, residuos de plantas y compost mejoraba la fertilidad del suelo. Estos fertilizantes orgánicos proporcionan nutrientes esenciales y mejoran la estructura del suelo, mejorando así el crecimiento de los cultivos.

- **Fertilizantes naturales:** a lo largo de la historia, los agricultores también han utilizado fuentes naturales de nutrición, como el guano (excrementos de aves marinas), cenizas de madera y rocas ricas en nutrientes. Por ejemplo, en algunas culturas antiguas, como la civilización Inca en América del Sur, el guano se usaba como fuente de nitrógeno para fertilizar los cultivos.

- **Descubrimiento de nutrientes esenciales:** a medida que avanza la comprensión científica, los investigadores identifican nutrientes esenciales para las plantas, como nitrógeno, fósforo y potasio. A finales del siglo XIX se descubrió que los cultivos necesitan una cantidad equilibrada de estos nutrientes para un crecimiento óptimo.

- **Fertilizantes sintéticos:** a principios del siglo XX, se desarrollaron fertilizantes sintéticos que se producen químicamente en lugar de obtenerse de fuentes naturales. Uno de los hitos más importantes

fue el desarrollo del proceso Haber-Bosch para la producción de amoníaco a partir del nitrógeno atmosférico. Esto permitió la producción masiva de fertilizantes nitrogenados, que revolucionaron la agricultura al proporcionar a los cultivos una fuente abundante de nitrógeno.

• Fertilizantes de liberación controlada: Recientemente se han desarrollado fertilizantes de liberación controlada que entregan nutrientes con el tiempo. Estos fertilizantes cuentan con un recubrimiento especial que regula la liberación gradual de nutrientes, aumentando así la eficiencia del fertilizante y reduciendo la lixiviación y la contaminación ambiental. Fertilizantes específicos para plantas: Los avances en ciencia y tecnología han desarrollado fertilizantes específicos para satisfacer las necesidades nutricionales de diferentes cultivos. Estos fertilizantes están formulados para proporcionar los nutrientes y las proporciones adecuadas para un cultivo en particular, teniendo en cuenta sus necesidades nutricionales específicas. Los fertilizantes juegan un papel clave en la agricultura moderna al proporcionar nutrientes esenciales para el crecimiento saludable de los cultivos. Sin embargo, es importante utilizarlos de forma correcta y sostenible, teniendo en cuenta el equilibrio nutricional, la protección del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales [1].

IV-C. Métodos para realizar fertilizantes

Existen diferentes métodos de fertilización natural y sintética. Estos son algunos ejemplos de métodos de preparación de fertilizantes:

- Compostaje: El compostaje es un método para controlar la descomposición de materiales orgánicos como desechos de alimentos, desechos de plantas, estiércol y hojarasca. El proceso de compostaje convierte estos materiales en compost, un abono orgánico rico en nutrientes y materia orgánica que beneficia al suelo ya las plantas.
- Vermicompostaje: Vermicompostaje es similar al compostaje, pero utiliza lombrices para acelerar el proceso de descomposición. Las lombrices descomponen los desechos orgánicos y producen un fertilizante rico en nutrientes llamado vermicompost o excrementos de lombrices.
- Fermentación anaeróbica: La fermentación anaeróbica, también conocida como digestión anaeróbica, implica la descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno. El proceso produce biogás y fermenta desechos orgánicos, que se pueden utilizar como fertilizante rico en nutrientes, como los residuos de biogás.
- Extracción de nutrientes o subproductos vegetales: Algunos fertilizantes se obtienen extrayendo nutrientes o subproductos vegetales, por ejemplo, extrayendo fósforo de huesos o cáscaras de huevo. Estos nutrientes extraídos se pueden procesar en fertilizantes que se pueden utilizar en la agricultura.
- Fabricación de fertilizantes sintéticos: Los fertilizantes sintéticos se fabrican químicamente a partir de materiales inorgánicos. Por ejemplo, el amoníaco se utiliza como fuente de nitrógeno para la producción de fertilizantes nitrogenados y el fosfato como fuente de fósforo. Estos nutrientes se combinan en diferentes proporciones para hacer fertilizantes como la urea, el fosfato di amónico (DAP) y el sulfato de potasio. [17]
- Es importante señalar que la producción de fertilizantes debe realizarse de acuerdo con las prácticas de seguridad y las normas ambientales. Además, se debe tener en cuenta la composición de los nutrientes que requiere el cultivo, y se debe ajustar el uso de fertilizantes según recomendaciones específicas para evitar el exceso de nutrientes y la contaminación de suelos y cuerpos de agua.

IV-D. Tipos de granulación

Un granulador de fertilizantes es una máquina utilizada para convertir los materiales de fertilizantes en forma de gránulos [35].

- Granulador de tambor: También conocido como granulador de rodillos o granulador rotatorio, este tipo de granulador utiliza un tambor giratorio para aglomerar y formar los materiales en gránulos. Los materiales se alimentan al tambor y son compactados y formados en gránulos a

medida que el tambor gira. Los granuladores de tambor son adecuados para la producción a gran escala y se utilizan comúnmente en la producción de fertilizantes compuestos.

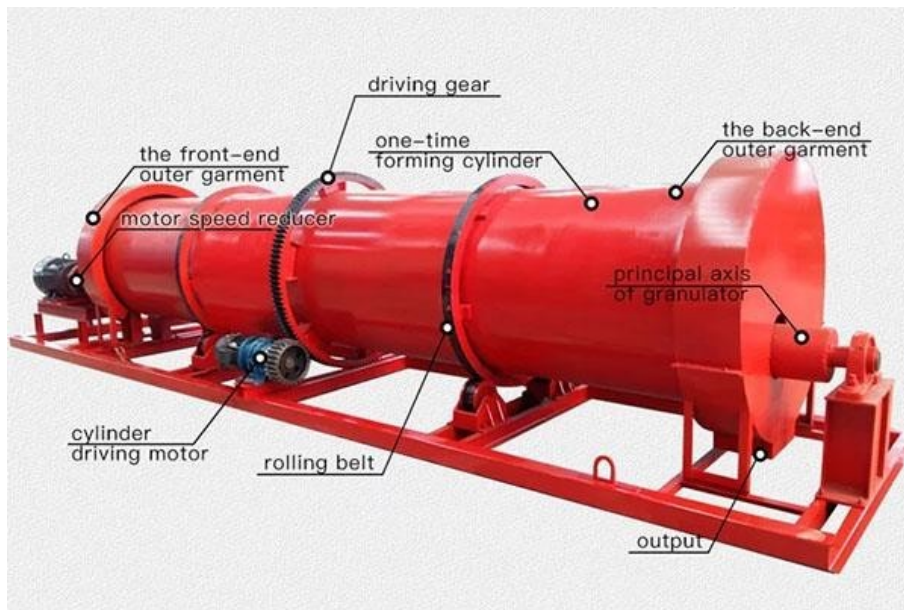


Figura 1. Granulador de tipo tambor [25]

- Granulador de disco: Los granuladores de disco, también llamados granuladores de bandeja, utilizan discos giratorios inclinados para aglomerar y formar los materiales en gránulos. Los materiales se alimentan en el disco y son arrastrados y compactados por la acción centrífuga, formando gránulos a medida que se mueven hacia los bordes del disco. Los granuladores de disco son adecuados para la producción de fertilizantes compuestos y orgánicos.



Figura 2. Granulador de tipo disco [24]

- Granulador de extrusión: Los granuladores de extrusión utilizan una prensa de extrusión para comprimir y formar los materiales en gránulos. El material se fuerza a través de una matriz con orificios, lo que genera una presión que produce gránulos de tamaño y forma definidos. Los granuladores de extrusión son adecuados para la producción de fertilizantes compuestos y pueden ofrecer un control preciso sobre el tamaño y la forma de los gránulos.

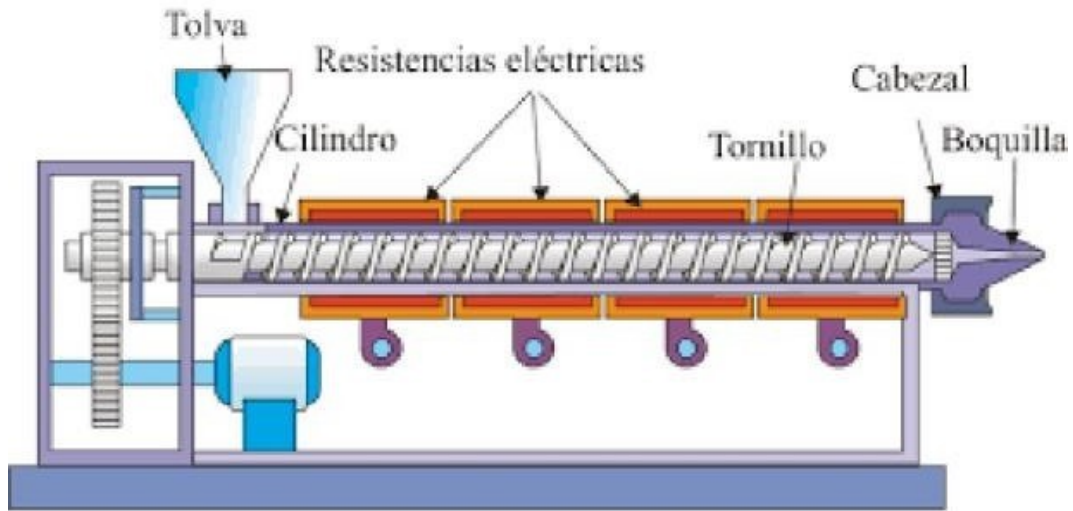


Figura 3. Granulador de tipo extrusor [27]

- Granulador de compactación: Los granuladores de compactación, también conocidos como prensas de rodillo, utilizan una alta presión para compactar y formar los materiales en gránulos. Los materiales se alimentan entre dos rodillos de alta presión que ejercen fuerza sobre ellos, creando gránulos a medida que los materiales se comprimen. Los granuladores de compactación son adecuados para la producción de fertilizantes compuestos y se utilizan comúnmente en la producción de gránulos con alta densidad y resistencia.



Figura 4. Granulador de tipo compactador [40]

IV-E. Granulador de plato giratorio

Los granuladores de plato o disco giratorio son utilizados principalmente en el sector agrícola dado su mecanismo y como este ofrece productos de altos estándares en los fertilizantes que provee, a continuación, se enlistan sus componentes:

- Tolva de alimentación: Es el compartimento donde se carga el material de alimentación, que puede ser una mezcla de ingredientes de fertilizantes.



Figura 5. Tolva de alimentación [32]

- Sistema de alimentación: Este sistema se encarga de suministrar de manera controlada y continua el material de alimentación desde la tolva hacia el proceso de granulación. Puede incluir un alimentador de tornillo, una cinta transportadora u otro dispositivo de alimentación.

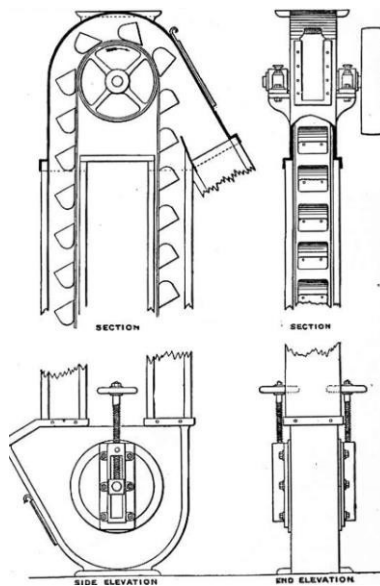


Figura 6. Elevador de cangilones [26]

- Sistema de agitación o mezcla: Algunos granuladores tienen un sistema de agitación o mezcla dentro de la cámara de granulación para asegurar una distribución uniforme de los materiales y promover la formación adecuada de los gránulos.
- Platos o discos de granulación: En el caso de granuladores de disco o platos granuladores, se

utilizan platos o discos giratorios para generar fuerzas de compresión y desgaste que dan forma y compactan los materiales en gránulos.



Figura 7. Platos rotatorios [29]

- Sistema de lubricación: En algunos granuladores, especialmente aquellos que utilizan rodillos o matrices de granulación, se puede utilizar un sistema de lubricación para reducir la fricción y mejorar la formación de gránulos
- Sistema de enfriamiento: Después del proceso de granulación, algunos granuladores pueden tener un sistema de enfriamiento que utiliza aire o agua para reducir la temperatura de los gránulos recién formados.
- Sistema de control y automatización: Los granuladores modernos suelen contar con sistemas de control y automatización que permiten ajustar y monitorear parámetros como la velocidad de alimentación, la presión de compactación, la temperatura y otros factores relevantes para el proceso de granulación. [33]

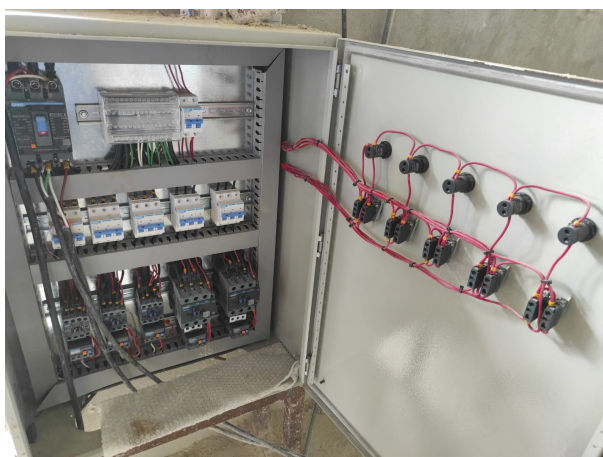


Figura 8. Tablero eléctrico [13]

IV-F. Elementos de potencia y control

Los motores, botones y cables son componentes eléctricos comunes que se utilizan en el diseño y la instalación de sistemas eléctricos. En el contexto del diseño de cuadros eléctricos, estos componentes se clasifican en la categoría de componentes de potencia y control. Algunos de estos elementos incluyen interruptores, relés, contactores, motores, transformadores y fuentes de alimentación.

IV-F1. Interruptores: Un interruptor es un dispositivo que le permite encender o apagar un circuito eléctrico. Su función es controlar el flujo de electricidad y pueden ser interruptores automáticos o manuales. Los interruptores automáticos, como los interruptores automáticos, están diseñados para proteger los sistemas eléctricos de sobrecargas y cortocircuitos. Los interruptores manuales, por otro lado, como los interruptores de encendido/apagado, le permiten controlar manualmente la corriente.

IV-F2. Relés y contactores: Los relés y contactores son dispositivos electromagnéticos que se utilizan para controlar corrientes de mayor potencia. Un relé actúa como un interruptor controlado por una señal eléctrica débil y se utiliza para abrir o cerrar circuitos de baja potencia. Los contactores en sí mismos parecen relés, pero están diseñados para controlar circuitos de alta potencia como motores eléctricos. Estos componentes son esenciales para garantizar un control preciso y seguro de la energía eléctrica en el tablero.

IV-F3. Transformadores: Un transformador es un dispositivo que se utiliza para cambiar el voltaje de corriente alterna (CA). Su función principal es aumentar o disminuir el voltaje para satisfacer las necesidades de varios equipos y sistemas eléctricos. Los transformadores son esenciales en la distribución de energía porque pueden transferir corriente a diferentes niveles de voltaje según sea necesario. Además, se utilizan en aplicaciones que requieren aislamiento galvánico o adaptación a determinados voltajes.

IV-F4. Motores trifásicos: Los motores trifásicos representan dispositivos eléctricos que transforman la energía eléctrica en movimiento mecánico al aprovechar tres corrientes alternas desfasadas en 120 grados. Debido a su operación altamente eficaz y su capacidad para generar fuerza motriz, desempeñan un papel esencial en una amplia variedad de contextos industriales y comerciales, impulsando sistemas de ventilación, bombas, maquinaria y otros equipos. Se incluyen variantes como los motores de inducción, que no necesitan conexiones directas al rotor, y los motores síncronos, que mantienen una velocidad constante en sincronización con la frecuencia de la red eléctrica. Además, su velocidad puede ser ajustada mediante dispositivos electrónicos como los variadores de frecuencia, lo que contribuye significativamente a la automatización y eficiencia en diversas operaciones.

IV-F5. Fuentes de Alimentación: Las fuentes de alimentación son componentes esenciales en sistemas eléctricos y electrónicos que convierten la energía eléctrica de una forma a otra, generalmente de corriente alterna (AC) a corriente continua (DC), suministrando la energía necesaria para el funcionamiento de dispositivos electrónicos. Estas fuentes también pueden incluir circuitos de regulación y protección, garantizando una tensión constante y segura en la salida. Su diversidad abarca desde simples adaptadores para dispositivos domésticos hasta complejas unidades utilizadas en aplicaciones industriales y de comunicación, desempeñando un papel clave en la operación eficiente y confiable de una variedad de equipos y sistemas.

IV-G. Elementos mecánicos

Los componentes mecánicos juegan un papel crítico en varias aplicaciones y sistemas. Estos componentes se utilizan para transmitir y transformar energía y movimiento para que las máquinas y los sistemas mecánicos funcionen correctamente. Los componentes mecánicos juegan un papel importante en la transmisión de potencia y movimiento en diversas aplicaciones.

IV-G1. Piñones y ruedas dentadas: Los piñones y ruedas dentadas son componentes que transmiten movimiento y potencia a través de los dientes de los engranajes. Estos elementos permiten transmitir potencia entre ejes paralelos o perpendiculares, variando la velocidad y el par según el tamaño y número de dientes.

IV-G2. Ejes de transmisión: Los ejes de transmisión son elementos que se utilizan para transmitir el movimiento de rotación entre los componentes. Estos ejes pueden ser cilíndricos o tener una forma específica y permiten la transferencia eficiente de movimiento entre diferentes partes de una máquina o sistema. Las poleas son dispositivos que se utilizan junto con las correas para transmitir movimiento y potencia entre ejes desalineados.

IV-G3. Poleas: Las poleas son redondas y tienen ranuras que sujetan las bandas. A medida que gira la polea, la correa se mueve y transfiere el movimiento a otro componente.

IV-G4. Cadenas y bandas: Las cadenas y bandas son elementos de transmisión utilizados para transmitir movimiento y potencia entre ejes desalineados o en largas distancias. Las cadenas consisten en eslabones entrelazados, mientras que las correas son flexibles y se usan junto con poleas o engranajes para transmitir movimiento.

IV-G5. Chumaceras y rodamientos: Las chumaceras y rodamientos son componentes diseñados para reducir la fricción y proporcionar un movimiento suave entre dos superficies de contacto. Estos elementos son especialmente importantes en aplicaciones que involucran cargas radiales y axiales, como ejes giratorios, que ayudan a reducir la fricción y el desgaste.

IV-G6. Pernos: Los pernos son sujetadores que se utilizan para conectar piezas o conjuntos mecánicos. Estos elementos son cilíndricos con una cabeza en un extremo y una rosca en el otro extremo. Los tornillos se utilizan para fortalecer la conexión de las piezas, asegurando la estabilidad y la resistencia a las fuerzas aplicadas.

IV-H. Softwares de diseño

El software de diseño asistido por computadora (CAD) es un programa de computadora que brinda a los usuarios las herramientas y la funcionalidad para crear, modificar, analizar y documentar diseños en formato digital. Estas aplicaciones permiten a los diseñadores e ingenieros desarrollar modelos 2D o 3D precisos y detallados de objetos, estructuras y sistemas. CAD proporciona una interfaz gráfica donde los usuarios pueden interactuar y usar una variedad de herramientas para dibujar, modelar y editar geometría. Esto incluye la capacidad de crear formas básicas, aplicar acciones de edición y manipulación y generar modelos 3D que brindan una representación más realista de los objetos. Algunos programas CAD también tienen capacidades de simulación y análisis que le permiten evaluar el desempeño de una estructura en términos de resistencia, flujo de fluidos, movimiento y otros aspectos de ingeniería. Además, el software CAD puede generar fácilmente planos, secciones, dimensiones y anotaciones para una comunicación de diseño precisa y eficiente. Estos programas son ampliamente utilizados en diversas industrias como ingeniería mecánica, construcción, manufactura, automotriz, electrónica, etc., porque simplifican el proceso de diseño, aumentan la productividad y ayudan a reducir errores y costos durante la fase de diseño de la producción física.

IV-H1. SOLIDWORKS y AUTOCAD: SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora (CAD) desarrollado por Dassault Systèmes. Es ampliamente utilizado en la industria para el diseño de maquinaria y equipos industriales. SolidWorks proporciona una amplia gama de herramientas y funciones que facilitan el proceso de diseño y la creación de modelos 3D precisos y detallados. Una de las características clave de SolidWorks es su enfoque en el modelado paramétrico. Esto significa que los objetos y componentes están definidos por parámetros y relaciones que permiten cambios rápidos y actualizaciones automáticas a medida que cambia el diseño general. Esto es especialmente útil en el diseño de equipos industriales, donde a menudo se realizan cambios y ajustes durante el desarrollo. SolidWorks proporciona herramientas especializadas para diseñar equipos industriales como ensamblajes, componentes mecánicos, juntas, transmisiones, motores, mecanismos y más. Estas herramientas permiten a los diseñadores crear y visualizar piezas y ensamblajes de máquinas en un entorno 3D virtual, lo que ayuda a identificar problemas potenciales y optimizar los diseños antes de la producción física. Además, SolidWorks proporciona capacidades de simulación y análisis de ingeniería que le permiten evaluar el rendimiento y el comportamiento de la máquina en diversas condiciones. Esto incluye pruebas de resistencia, análisis de movimiento, simulación de colisión y análisis de tensión

estructural. Estas características ayudan a los ingenieros a identificar áreas de mejora, garantizar el rendimiento y la seguridad adecuados de la máquina y reducir el tiempo y el costo de desarrollo. AutoCAD, desarrollado por Autodesk, es una herramienta de diseño asistido por computadora (CAD) ampliamente utilizada en el diseño de tableros eléctricos. El software proporciona un conjunto especial de herramientas y características para facilitar la creación y documentación precisa de paneles eléctricos. El diseño de tableros de distribución con AutoCAD utiliza principalmente herramientas de diseño 2D, pero las capacidades 3D también están disponibles cuando se necesitan. El proceso comienza con la creación de un dibujo básico que muestre las dimensiones y el espaciado correctos de los paneles eléctricos. Utilice bloques predefinidos o cree otros nuevos para colocar los componentes eléctricos necesarios en el dibujo. Estos componentes incluyen interruptores, fusibles, relés, contactores y otros equipos eléctricos. AutoCAD proporciona una biblioteca de bloques predefinidos relacionados con el diseño eléctrico que simplifican el proceso de diseño y garantizan una representación precisa de los componentes. Estos bloques se pueden adaptar a las necesidades específicas del cuadro eléctrico. Además, las herramientas de alineación y ajuste aseguran la correcta colocación y fijación de las piezas. Una vez colocados los componentes se realizan las conexiones eléctricas mediante cable o poliestireno. Estas líneas representan las conexiones entre los diversos componentes del diagrama. Se agregan etiquetas, notas y símbolos que indican especificaciones técnicas, tamaños de cables y otros detalles relevantes para facilitar la comprensión y la documentación. AutoCAD también ofrece funciones avanzadas para diseñar paneles eléctricos, como gestión de capas, vistas en planta y en sección, y generación de listas de materiales y diagramas de cableado. Estas funciones le permiten aumentar la organización y la eficiencia del proceso de diseño, así como documentar los paneles eléctricos en detalle y con precisión.

V. MARCO METODOLÓGICO

V-A. *Funcionamiento del sistema actual*

Para empezar con la ampliación del sistema de granulación de fertilizantes por platos rotatorios se toma de referencia la unidad ya montada que fue adquirida previamente para la producción y prueba de la eficacia de los productos resultantes, así como su rentabilidad al observar su producción por más de 2 años operando. El registro de producción indica que al día el promedio de sacos producidos era de 150 en una presentación de 45 kg, dando como resultado una producción de 6,75 toneladas al día o a su vez 0,84 t/h siendo esto un ritmo de producción muy bajo tomando en cuenta que un camión puede llevar en promedio desde 400 a 600 sacos de 45 kg por cada viaje para que ocupe su capacidad máxima y sea lo más rentable posible, por lo tanto en la producción actual se tomaba alrededor de tres días producir esa cantidad a comparación de otros equipos en la misma planta de trabajo donde un molino de mandíbulas produce 900 sacos de 25kg al día de zeolita en acabados finos. Se debe conocer como funciona el proceso actualmente en su plenitud para entender el como la repotenciación del sistema va a sacar el mayor provecho de los elementos actuales y como este se va a acoplar de una manera eficiente. El proceso está detallado en partes como la alimentación, proceso de polvo a granulo, secado y clasificación del material para obtener el producto con las características deseadas.

El proceso comienza con una persona que debe tener un cumulo de material en donde había vaciado varios sacos de los materiales a la mezcla previo al inicio del granulado. Seguido con una pala coloca el material en la banda alimentadora que lleva el producto al plato granulador.



Figura 9. Sistema de granulación de un solo plato [12]

A continuación este material entra al plato granulador y siendo humectado con agua y aglomerante comienza su proceso de granulación en donde girará por algunos minutos para completar su proceso y convertirse de polvo a granulo adquiriendo características que le permiten ser homogéneo, duradero y compacto para entrar en su siguiente fase que es la de secado.



Figura 10. Producto ingresado en el plato [12]

Luego que el material es descargado por medio de otra banda transportadora y el mismo es llevado al secador en donde deberá someterse a altas temperaturas para poder mantener la forma que adquirió previamente pero ahora con firmeza para que pueda ser correctamente almacenado y despachado. Además existe un soplador que se encuentra al final del secador con el propósito de sacar el vapor de aire que se produce al aumentar la temperatura de los granulos y redireccionar el aire caliente de nuevo hacia el inicio para aprovechar la energía producida.



Figura 11. Producto ingresando al secador [12]

Al salir del secador el material es llevado por la última banda transportadora que lo llevará a la zaranda en donde será clasificado para su correcto ensacado y almacenamiento. En esta parte se da por finalizado el proceso y el sistema termina, siendo esta la que más se puede aprovechar dado que la producción puede aumentar sin afectar las dimensiones de los equipos actuales y ser aún más eficiente.



Figura 12. Producto saliendo para su clasificación [12]

Para la línea de producción se tiene como elemento inicial la materia prima, que son fertilizantes naturales que se pueden agregar solos o en mezclas, luego la banda de alimentación, seguido por el plato granulador, posteriormente una banda de descarga que lleva el producto al secador, para finalmente una banda de salida transporta el material ya procesado hacia una zaranda clasificadora.

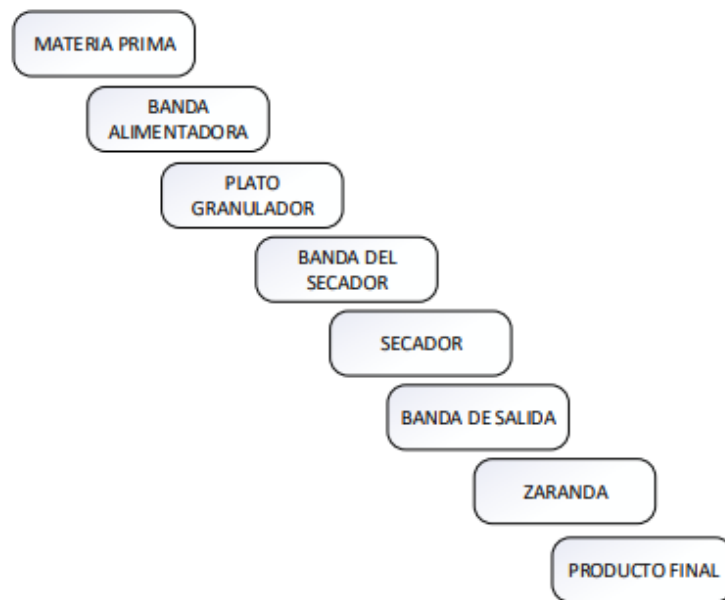


Figura 13. Línea de producción del sistema actual [12]

V-B. Planteamiento de la repotenciación

Dividiendo el proceso en diferentes secciones según el equipo principal que es usado para cada proceso, se tiene: la banda de alimentación, el plato granulador, la banda de del secador, la banda de descarga y la zaranda. Planteando el requerimiento de aumentar la producción total del sistema, se tiene que considerar que la cantidad de materia prima que entra está condicionada por la cantidad de materia que las secciones como el plato y secador puedan procesar, ya que es en donde una vez ingresado el producto no se puede detener, a diferencia de las bandas transportadoras. Esto refuerza la característica principal del funcionamiento de estos equipos en particular, en donde un plato granulador y un secador tienen ciclos de procesamiento continuos en donde deben operar de

manera constante para que el material no se eche a perder, mientras que las bandas transportadoras según la necesidad de material que debe entrar son controladas mediante accionadores que deciden cuando operan o son interrumpidas.

El secador cuenta con dimensiones 800*8000mm y con una cantidad de salida de 0.8 a 2.5 t/h y el rendimiento actual es de 0.84t/h lo cual está dentro del rendimiento mínimo recomendado por la ficha técnica de la fábrica en donde fue adquirido. Con esta información se decide por incrementar el ingreso de materia prima en un factor de 3 para aprovechar el rendimiento del secador trabajando a una salida de 2.4 t/h aproximadamente, la cual sigue siendo menor a la capacidad máxima que ofrece el secador pero que se respeta por medidas preventivas de uso para evitar el fatigamiento del equipo y desgaste acelerado del mismo.

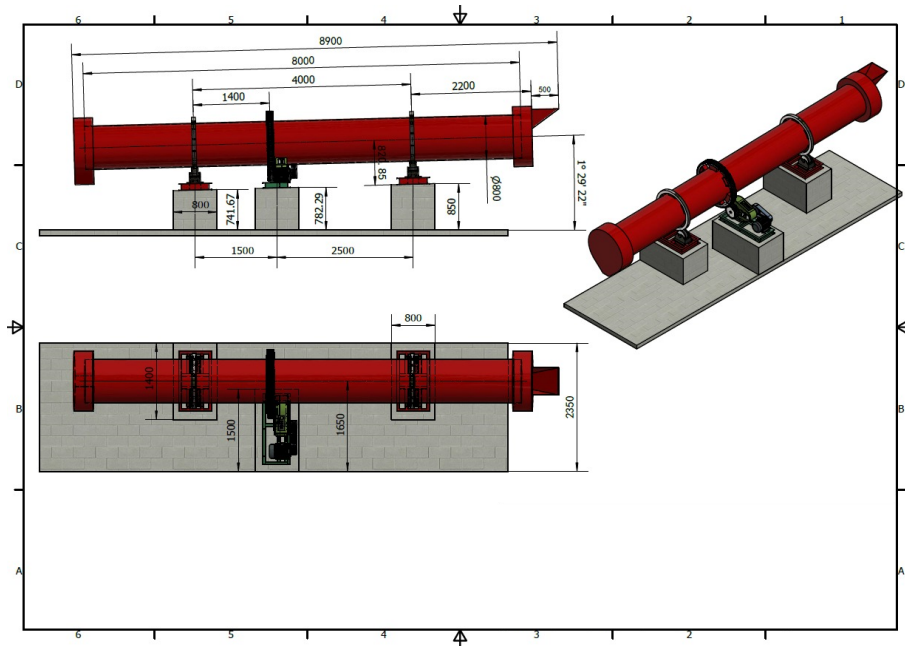


Figura 14. Plano del secador [12]

Technical

Model (mm)	Gradient (%)	Rotation Speed (r/min)	Feed-in Gas Temperature ($^{\circ}$ C)	Power (kw)	Output (t/h)	Weight (t)
600x6000	3-5	3-8	≤ 700	3	0.5-1.5	2.9
800x8000	3-5	3-8	≤ 700	4	0.8-2.5	4.5
800x10000	3-5	3-8	≤ 700	5.5	1.0-3.5	5.6
1000x10000	3-5	3-8	≤ 700	7.5	1.8-5	14.5
1200x10000	3-5	3-8	≤ 700	11	2-6	14.8
1200x12000	3-5	3-8	≤ 700	15	3.5-9	17.8
1500x12000	3-5	2-6	≤ 800	18	5-12	25
1800x12000	3-5	2-6	≤ 800	18.5	6-15	33
2200x12000	3-5	1.5-6	≤ 800	22	10-18	53.8
2200x18000	3-5	1.5-6	≤ 800	30	12-20	56
2200x20000	3-5	1.5-6	≤ 800	37	18-30	60
2400x20000	3-5	1.5-5	≤ 800	55	25-35	78
3000x20000	3-5	1.5-5	≤ 800	75	32-40	104.9

Figura 15. Características del secador [12]

Para incrementar la producción, se requiere mejorar el sistema de alimentación, realizar modificaciones en el transporte del material hacia el equipo granulador e implementar dos granuladores adicionales, similares al ya instalado de origen extranjero (China). El cual se utilizará como referencia para la fabricación local de su estructura metálica, utilizando materiales disponibles en el mercado y accesorios importados, tales como el motor, motorreductor, entre otros. Además, se rediseñará el sistema por banda transportadora que lleva los gránulos hacia el secador, para que pueda trabajar en serie con los tres granuladores. La empresa tiene dos consideraciones importantes, la primera es usar algunos elementos que se encuentran en el inventario de la misma para mantener la misma consideración de repuestos y mantenimiento respecto a otras líneas de producción, entre esos elementos están los piñones de 12 dientes que son el elemento conductor en las transmisiones de velocidad al eje que sale de los motorreductores, el tipo de banda usado en las poleas siendo esta la B99, el caucho de banda con un espesor de 8mm y un ancho de 500mm con sus respectivos tambores y rodillos que serán mencionados más adelante, los tornillos sin fin con un diámetros de 6" y 10", también todos los ejes trabajados serán de 40mm siendo que si un eje es excedente se procede a realizar un trabajo de torneado para dejar a todos los ejes con la misma medida. Para la segunda consideración se pide tomar en cuenta los motores trifásicos que están disponibles para pedidos de importación los cuales tienen una velocidad nominal de 1692rpm así como las cajas reductoras un factor de reducción de 0,05, datos que se obtienen del catálogo de la empresa china que provee estos equipos siendo el único factor para calcular la potencia requerida.

V-B1. Mejoras en el sistema de alimentación: El sistema de alimentación por palas, requiere a un operador que se encuentre constantemente realizando esta actividad. Esto no sólo dificulta el control de la cantidad exacta de material que ingresa al proceso, sino que también afecta el volumen de producción diario dependiendo de una velocidad de alimentación irregular, mientras el resto del sistema se mantiene funcionando de manera uniforme. Por este motivo, se decide implementar un sistema de alimentación semiautomático mediante una tolva de alimentación continua la cual contará con la capacidad suficiente de material para ingresar a la vez un aproximado de 10 sacos de producto que sería alrededor de 450kg. Esto permite que la alimentación ya no dependa de una cantidad

irregular de material y del desempeño constante de una persona, sino que se puede controlar de manera más precisa mediante un tornillo sin fin que se encontrará en la parte de la salida de la tolva dado que el material se comporta de tal manera que muchas veces se queda obstruido ya sea en las superficies o en si mismo. El tornillo sin fin es una ayuda mecánica para el movimiento de la materia prima dado que no solo permite que el material fluya, sino que a su vez hace que se mezcle físicamente cuando se tratan de dos o más materiales diferentes llenados en la tolva.

V-B2. Transporte del material hacia los platos granuladores: Una vez que el material sale de la tolva de alimentación, es transportado por una banda hacia un elevador de cangilones que alza el material hasta una tolva dosificadora que lo deposita en los platos granuladores. Un factor importante a la hora de considerar el diseño de estos nuevos equipos y su estructura, es el espacio, ya que se cuenta con dimensiones limitadas en el espacio horizontal dado que mientras más equipos se colocan de esta manera, más espacio útil se va a perder para las operaciones de producción. Por esa razón la empresa requiere un diseño que pueda funcionar de manera vertical y sugiere la implementación de un elevador de cangilones la cual es una estructura vertical equipado con bandas y con un funcionamiento similar a las bandas transportadoras con la diferencia de que adicional cuenta con canchales que son los recipientes que se encargan de llevar el material de manera eficiente y continua. La sugerencia por parte de la empresa viene que en otra línea de producción ya se ha implementado este mecanismo y funciona con los requerimientos que demanda la misma, con la consideración que la empresa cuenta con la capacidad de construir y ensamblar sus propias bandas transportadoras así como estructuras metálicas para las necesidades de cada proceso.



Figura 16. Elevador de cangilones de otra línea de producción [12]

Consecuente con la implementación de un elevador de cangilones se debe acoplar una estructura que permite dosificar el material que llega hacia los tres platos de manera equitativa pero también independiente. Siguiendo el mismo principio de la tolva de alimentación en donde el material cae

de manera continua y uniforme, se busca que esta tolva tenga tres compartimientos en donde el material puede avanzar con ayuda de tornillos sin fin en cada separación, por el mismo problema que el material con el que se trabaja tiende a quedarse estancado. Una detalle importante a mencionar es que cada sección cuenta con un motor independiente que otorga la característica de ser independiente, ya que si en algún momento una unidad de plato granulador llegase a estar en mantenimiento simplemente su alimentación es pausada y la de las otras dos unidades seguiría de manera regular.

V-B3. Granuladores adicionales: Utilizando como referencia el granulador ya instalado, se fabrican localmente dos granuladores adicionales. De la ficha técnica del granulador se tiene esta información: dimensiones, motor, motorreductor, capacidad aproximada de producción. Para la configuración actual del sistema, se requiere realizar una reducción que de como resultado entre 10 y 13.5 rpm, por lo cual se debe realizar los cálculos dinámicos para dimensionar y seleccionar los elementos de transmisión, luego proceder con el análisis estático, que permitirá determinar los esfuerzos sobre los elementos fijos de sujeción. Por cuestiones de diseño, se decide reorganizar la ubicación de los componentes de distribución para facilitar el acceso para mantenimiento preventivo y la visibilidad del mismo como se verá más adelante.

V-B4. Banda transportadora para trabajo en serie: Ya que la repotenciación tendrá tres platos granuladores funcionando en serie uno seguido de otro, se necesita implementar una banda que pueda llevar el material desde el primer plato, hasta el último al secador. El detalle a considerar es que los platos trabajan horizontalmente lo cual obliga a implementar una nueva banda transportadora, que será denominada banda de descarga, que es la encargada de llevar el material desde el primer plato hasta la banda del secador del sistema actual aprovechando este elemento.

V-B5. Tablero eléctrico: Para este diseño se tiene que adquirir nuevos motores que requieren ser controlados en un tablero que por cuestión de espacio y por seguridad debe ser independiente, ya que el tablero anterior solo cuenta con espacio para cuatro botoneras más. La lista de motores en cuestión es:

- Tolva de alimentación (1)
- Banda de alimentación (1)
- Elevador de cangilones (1)
- Tolva dosificadora (3)
- Platos granuladores (2)
- Banda de descarga (1)

V-B6. Concepto final: Con esto se tiene un adicional de 9 motores que deben contar con sus respectivos equipos de seguridad y de accionamiento, así como cables de alimentación y demás elementos que serán considerados más adelante. Por consecuente así se conceptualiza la nueva línea de producción adicionando elementos y manteniendo los previamente existentes.

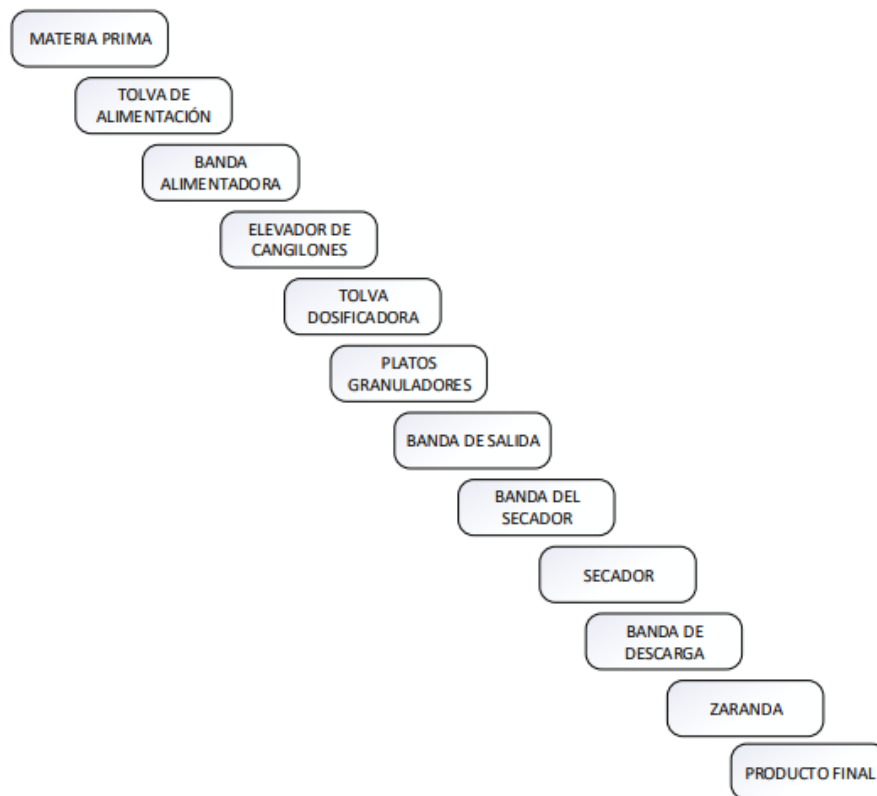


Figura 17. Nueva línea de producción [12]

V-C. Tolva de alimentación y banda alimentadora

El primer elemento en la nueva línea de producción es la tolva de alimentación la cual es la encargada de que el producto pase de una manera continua y pueda mezclarse de una forma preliminar. Para el diseño de este elemento se toma en consideración lo mencionado anteriormente en donde debe entrar la cantidad de 10 sacos a la vez y además salir hacia una banda transportadora.

V-C1. *Esquematización:* Se requiere diseñar una tolva que cumpla con estos requerimientos pero que además tenga una forma que ayude a que el material no se quede estancado en secciones como las esquinas en donde generalmente se presenta este comportamiento. Por esta razón, comparando el diseño de una tolva convencional con la sugerida, ya no se cuenta con esquinas y la forma tridimensional obtenida es una pirámide truncada.

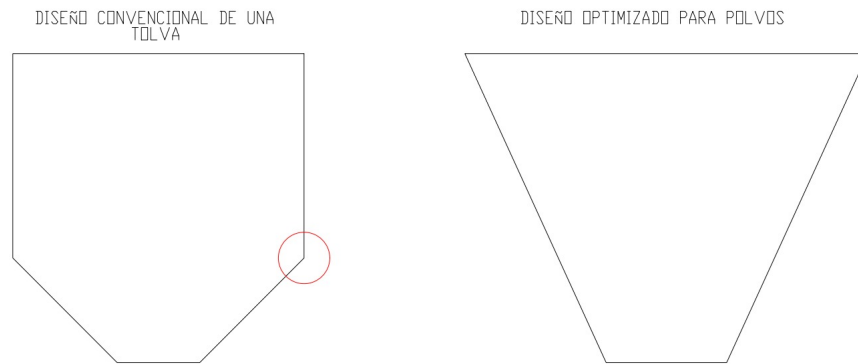


Figura 18. Comparación de diseños de tolvas [10]

La banda transportadora contará con una inclinación que según el tipo de material por sus propiedades será limitada, siendo que su altura está establecida con el propósito que la zona de descarga pueda estar al nivel de 0,90m respecto al piso, que es en donde empieza la alimentación del elevador de cangilones el cual es el siguiente proceso en la línea de producción, y que la tolva en la parte de carga esté lo menos alta posible respecto al nivel del piso dado que un trabajador necesita alcanzar el nivel de la parte superior para poder depositar el material y también por el hecho de necesitar menos material para el soporte de la misma.

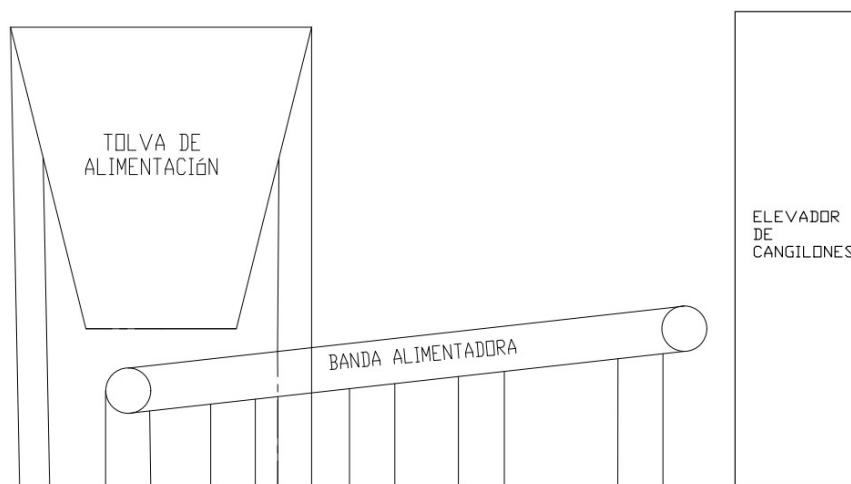


Figura 19. Concepto de tolva y banda [10]

La tolva de alimentación debe tener una altura prudente para no interferir con la posición inicial de la banda, y que a su vez tenga el espacio suficiente para almacenar por lo menos 10 sacos de materia prima, según disposición de la empresa. Se procede a calcular la densidad de la zeolita que va a ser el material prominente en la mayoría de las mezclas. En este cálculo se desprecia el grosor del envase en el que fue vertido.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

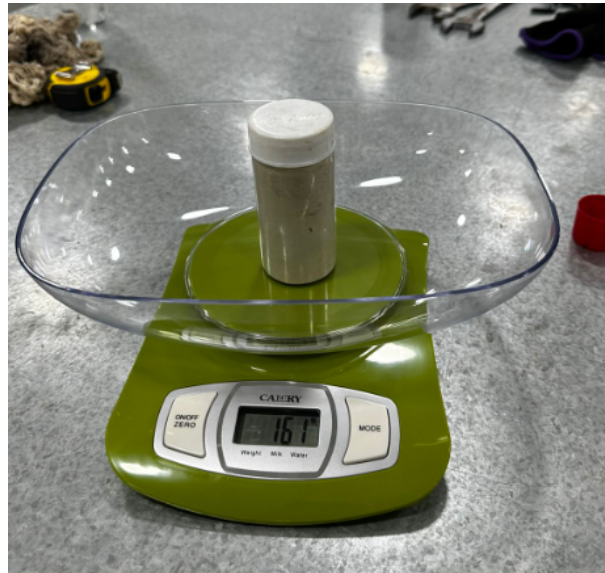


Figura 20. Masa del envase con el material [10]



Figura 21. Masa del envase sin material [10]

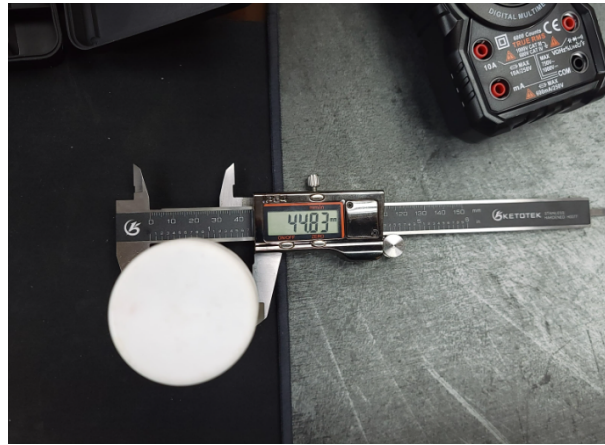


Figura 22. Diámetro del envase [10]



Figura 23. Altura del envase [10]

Tabla I
PARÁMETROS INICIALES PARA LA DENSIDAD DE LA ZEOLITA [10]

Símbolo	Descripción
m	Masa del material
d	Diámetro del envase
h	Altura del envase

Se procede a calcular el volumen que de la figura del envase, siendo esta un cilindro.

$$v = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 h \quad (2)$$

$$v = 120277,15mm^3 \quad (3)$$

La masa neta.

$$m = 168g - 20g \quad (4)$$

$$m = 148g \quad (5)$$

Reemplazando la ecuación 1:

$$\rho = \frac{148g}{120277,15mm^3} \quad (6)$$

$$\rho = 1230 \frac{kg}{m^3} \quad (7)$$

La densidad de la zeolita a través de los procesos se estima en $1230kg/m^3$, y si se requiere que entren más de 10 sacos de material en presentación de 45kg entonces la tolva debe contar con una capacidad no menor a 450kg. Con la densidad obtenida calcula el volumen interno mínimo para la tolva:

$$v = \frac{m}{\rho} \quad (8)$$

$$v = \frac{450kg}{1230 \frac{kg}{m^3}} \quad (9)$$

$$v = 0,366m^3 \quad (10)$$

V-C2. *Cálculos y análisis:* Para poder obtener datos como la altura a la que la tolva comenzará con respecto al nivel del piso, el ancho del área superior, y su altura desde el área inferior hasta el área superior es necesario primero considerar los parámetros de la banda transportadora que va por debajo de la tolva. Las bandas transportadoras son elementos auxiliares en las instalaciones, con la función principal de transportar, elevar o distribuir el material hacia otro punto, haciéndolo de manera continua tanto de materiales homogéneos como mezclados. Los parámetros iniciales dados por la empresa son los siguientes:

Tabla II
PARÁMETROS INICIALES PARA LA BANDA ALIMENTADORA [5]

Parámetro	Descripción
x	Longitud en x
y	Longitud en y
rpm	Velocidad de motor
f	Factor de reducción
B	Densidad lineal de la banda
b	Ancho de banda
at	Ancho tambor
dt	Diámetro tambor
pc	Dientes piñón conductor
dr	Diámetro rodillos
lr	Longitud rodillos
C	Capacidad de material

En donde dicho anteriormente estos parámetros están dictados por la disposición de áreas de trabajo preestablecidas, así como elementos en el inventario de la empresa.

Tabla III
 TABLA DE MAGNITUDES PARA LA BANDA ALIMENTADORA [5]

Parámetro	Magnitud
x	3,75 m
y	0,90 m
rpm	1692
f	0,05
B	5,00 $\frac{kg}{m}$
b	0,50m
at	0,60 m
dt	0,25 m
pc	12 dientes
dr	38 mm
lr	315 mm
C	2,4 $\frac{t}{h}$

Como objetivo se debe definir la potencia requerida para accionar este elemento según los demás parámetros que se proponen para el diseño. Según la fórmula del catálogo del fabricante de bandas Dunlop [21]:

$$P = \frac{Fc(L + tf)3,6QS}{367} + \frac{Fl(L + tf)C}{367} + \frac{CH}{367} \quad (11)$$

Tabla IV
PARÁMETROS PARA LA POTENCIA DE LA BANDA [5]

Parámetro	Descripción
Fc'Fe'Fl	Factor de fricción en equipos
L	Distancia entre centros de tambores
tf	Constante de fricción
C	Capacidad de material
Q	Masa de las partes móviles
S	Velocidad de avance
H	Altura entre centros de tambores
K	Factor según el arco de contacto del tambor

Como primer dato se tiene que definir la distancia entre centros de los tambores, como esta banda es inclinada se puede encontrar a partir de los datos dados en la tabla III donde los valores de x y y son distancias horizontales y verticales respectivamente. Para el caso de x , este valor está tomado entre los centros de los tambores y para y es respecto al nivel del piso con el centro del tambor superior, siendo que y es definido como la altura que debe estar la sección de salida de la banda para dar inicio al siguiente proceso que es el elevador de cangilones, en donde se debe diferenciar con la altura entre centros de tambores que se denomina como h . Otra consideración importante es que la altura de h se ve afectada por los bastidores de la banda, en donde en la sección de carga se puede colocar un soporte de 50mm respecto al nivel del piso, que adicionado al radio del tambor, se tiene que restar de y para obtener h .

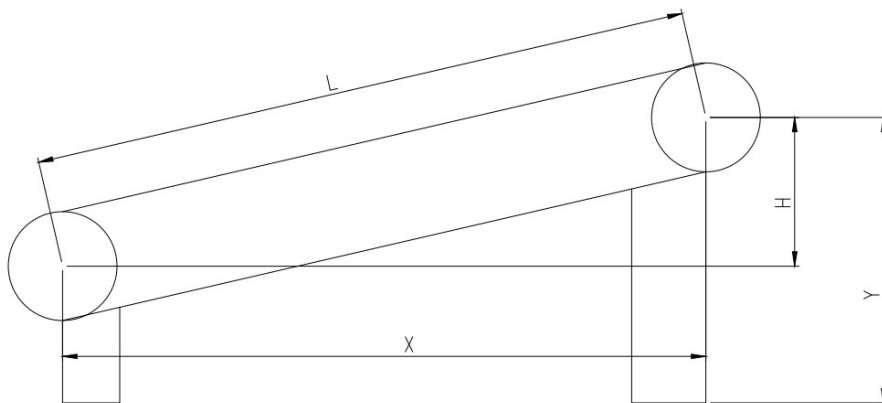


Figura 24. Variables de banda transportadora [5]

$$h = 0,900 - 0,175m \quad (12)$$

$$h = 0,725m \quad (13)$$

Con este dato se procede a sacar la distancia horizontal entre los centros de los tambores.

$$L^2 = x^2 + h^2 \quad (14)$$

$$L = \sqrt{14,06 + 0,53} \quad (15)$$

$$L = 3,82m \quad (16)$$

De acuerdo a estas medidas se forma un ángulo de inclinación el cual debe ser menor al establecido según la norma DIN 22102 [30].

Tabla V
INCLINACIÓN MÁXIMA DE MATERIALES SEGÚN DENSIDAD [30]

MATERIAL	TAMAÑO [mm]	PESO ESPECÍFICO [T/m ³]	ÁNGULOS		ABRASIVIDAD
			REPOSO α	INC. MÁXIMA DE LA BANDA δ	
ARCILLA fina	3	1,0-1,6	-	15	Muy abrasiva
Arena seca	3	1,5-1,8	35°	16°-18°	Muy abrasiva
Asfalto	15	0,75	30°-45°	16°-18°	Abrasivo
Basalto	75-150	1,4-1,7	27°-35°	18°	Abrasivo
Caliza	3-15	1,3-1,5	38°	18°	Abrasivo
Cal	3	0,6	40°	21°	Abrasiva
Cemento	2,5-40	1,3-1,5	30°-40°	18°-20°	Muy abrasiva
Cenizas carbón	10-75	0,7-0,8	45°	20°	Algo Abrasivo
Cuarzo	15	1,3-1,45	20°-29°	18°	No Abrasivo
Escoria	3-10	1,3-1,4	30°	10°	Muy Abrasiva
Granito	10-150	1,4-1,5	35°	18°	Muy Abrasivo
Grava	10-75	1,5-1,7	32°	20°	Muy Abrasivo
Harina	0-2,5	0,6-0,9	0-10°	10°	No Abrasivo
Tierra	2,5-10	1,2-1,3	35°	17°	-
Coke	3-15	0,5-1	30°-45°	18°	Muy abrasivo
Lignito	15	0,7-1	40°	18°-22°	Abrasivo
Fosfatos	3	1	26°	11°	Abrasivo
Nitratos de Sodio	75	1,1-1,4	24°	11°	No Abrasivo
Cobre	75	1,9-2,2	30°-45°	20°	Muy Abrasivo

Según la densidad considerada para la zeolita de $1,23 \frac{t}{m^3}$ se puede decir que el material más parecido es la tierra con un ángulo de inclinación máximo de 17, por lo que se debe comprobar que la banda no supere este ángulo.

$$\tan\theta = \frac{h}{x} \quad (17)$$

$$\theta = \tan^{-1}0,19 \quad (18)$$

$$\theta = 10,76 \quad (19)$$

Siendo este ángulo menor se comprueba que el material puede subir con la inclinación establecida. Para la velocidad de avance la empresa sugiere trabajar en un rango de entre $0,5 \frac{m}{s}$ a $0,8 \frac{m}{s}$ dado que los materiales en polvo tienden a generar desperdicio al caer hacia el siguiente proceso, por eso requieren trabajar con velocidades muy bajas reduciendo la pérdida de material entre cada proceso. Donde:

$$v = \text{velocidad de avance.} \frac{m}{s} \quad (20)$$

Se procede a calcular mediante la fórmula:

$$v = P * \left[\frac{rpm}{60 \frac{s}{min}} \right] \quad (21)$$

Donde:

$$P = \text{permetro del tambor.} \quad (22)$$

Las rpm están dadas por:

$$rpm = rpm_1 * f \quad (23)$$

$$rpm = 1692 * 0,05 \quad (24)$$

$$rpm = \frac{84,6}{min} \quad (25)$$

Reemplazando de la ecuación 21 se obtiene:

$$v = 0,785m * \left[\frac{\frac{84,6}{min}}{60 \frac{s}{min}} \right] \quad (26)$$

$$v = 1,107 \frac{m}{s} \quad (27)$$

Siendo esta una velocidad que excede los requerimientos de la empresa se procede a utilizar un mecanismo de transmisión para reducir este valor, teniendo como primer elemento un piñón conductor de 12 dientes, se elige un piñón conducido de 22 dientes del catálogo de piñones de la empresa TransLink [36] para comprobar que la velocidad obtenida esté dentro del rango. Volviendo a reemplazar de la ecuación 21 se obtiene:

$$v = 0,785m * \left[\frac{\frac{46,2}{min}}{60 \frac{s}{min}} \right] \quad (28)$$

$$v = 0,60 \frac{m}{s} \quad (29)$$

Esta velocidad de avance entra del rango requerido de la empresa. Se recuerda que la capacidad de material Q está limitada por la cantidad que puede producir el secador siendo esta $2,4 \frac{t}{h}$, por lo que los demás parámetros se obtienen según las tablas del fabricante de bandas Dunlop [21].

(1) Factores de fricción en equipos:

(a) En bandas transportadoras de centro corto que utilizan equipos de la mejor calidad, suele ser más conveniente utilizar un factor de fricción promedio del equipo (F_c) de .0225 para transportadores horizontales e inclinados y de .0135 en sistemas regenerativos descendentes.

(b) En muchos sistemas, como bandas transportadoras portátiles, el ángulo pronunciado en bandas "Chevron" e instalaciones temporales que utilizan cojinetes antifricción, se aplicará el siguiente valor para la fricción del equipo:

$$F_c = .030$$

(c) En bandas transportadoras con centrales más largas y cálculos de tensión de componentes individuales como se detalla a continuación. Los factores de fricción del equipo F_e y F_l se utilizan para condiciones de correa vacía y cargada respectivamente, por lo tanto:

(i) Bandas Transportadoras horizontales y elevadas

$F_e = .020$ para cálculos al vacío

$F_e = .025$ para cálculos de carga

(ii) Bandas Transportadoras de descenso regenerativos

$F_e = .010$ para cálculos al vacío

$F_e = .017$ para cálculos de carga

Figura 25. Factor de fricción en equipos [21]

Comenzando por los factores de fricción en los equipos en donde se recomienda que para bandas cortas con equipos de buena calidad usar la constante $F_c = 0,0225$ ya sea en condiciones horizontales o inclinadas, así como la constante $F_l = 0,025$ para bandas horizontales o elevadas con carga, siendo que los demás constantes de fricción aplicarían para bandas con sistemas portables, con rodamientos antifricción o con centros más distanciados, por lo que el valor elegido es el que más se acerca a las condiciones presentadas. Para la constante de fricción t_f se elige según la longitud de la banda siendo el valor $60m$ para bandas de hasta $300m$ como se muestra a continuación:

(2) Constante de fricción terminal, t_f , expresada en metros de distancia de centro a centro:

(a) Bandas Transportadoras horizontales y elevadas

(i) Hasta $300m$ centros = $60m$

(ii) De $300m$ a $1200m$ = $45m$

(iii) De $1200m$ a $1800m$ = $30m$

(iv) Por encima de $1800m$ esta influencia no se tiene en cuenta.

Figura 26. Constante terminal de fricción [21]

Luego se debe encontrar el valor de Q que es expresado como la masa de las partes móviles en kg de centro a centro de tambores L como:

$$Q = 2B + \frac{W_t}{s_1} + \frac{W_r}{s_2} \quad (\text{kg/m})$$

dónde:

B= Masa de la banda en kilogramos por metro lineal

Wt= Masa de las partes móviles de los rodillos de ida (kg).

Wr= Masa de las partes móviles de los rodillos de retorno (kg).

s1= Espaciado de rodillos de ida (m).

s2= Separación de rodillos de retorno (m).

Figura 27. Masa de las partes móviles [21]

Para este valor es necesario conocer la masa de los rodillos empleados y cantidad que ocupan en la sección de arriba como en la de abajo de la banda. Para la configuración de los rodillos se propone colocarlos en "V" siguiendo el ejemplo de demás bandas transportadoras para materiales en polvo, así como otras unidades en la empresa y se comprueba que la longitud de rodillos es ideal para este ancho de banda con su respectiva configuración.

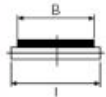

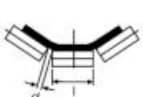
ANCHO DE BANDA	LONGITUD DE LOS RODILLOS (mm)		
	Flat	2 roll	3 roll
B (mm)			
300	380	200	-
400	500	250	160
500	600	315	200
600	700	340	250
650	750	380	250
800	950	465	315
1000	1150	600	380
1200	1400	700	465
1400	1600	800	530
1600	1800	900	600
1800	2000	1000	670
2000	2200	1100	750
2200	2500	1250	800

Figura 28. Longitud de rodillos según configuración [21]

Para el número de rodillos en la parte superior la empresa ha establecido una relación de 3,5 veces la longitud efectiva de la banda para ayudar al movimiento del caucho y que no se formen curvaturas que impidan el paso fluido del material, dado que en otras bandas transportadoras de la empresa esta configuración es la que mejores resultados ha dado. Mientras que para la parte inferior la relación es

la mitad de la cantidad de rodillos en la parte superior, siendo que si el número es impar se le resta 1. Con esto se tiene que en la parte superior habrán 14 rodillos, y en la parte inferior 6, considerando que los pares de rodillos en "V" no ocupan el mismo espacio, sino que se los coloca de tal manera que uno comienza donde termina el otro, por lo que es necesario calcular la masa obteniendo el volumen del rodillo cilíndrico para la densidad aproximada del acero que es $7,8 \frac{kg}{m^3}$. Para el volumen del rodillo su diámetro dr es de $0,0381m$ y su altura lr de $0,315m$ de la tabla III, con lo cual despejando de la ecuación 1 se obtiene:

$$m = \rho v \quad (30)$$

Reemplazando los valores

$$m = 7,8 \frac{kg}{m^3} * 3,58 * 10^{-4} \quad (31)$$

$$m = 0,003kg \quad (32)$$

Multiplicado para la cantidad de rodillos en la parte inferior y superior respectivamente se obtiene:

$$Wt = 0,039kg \quad (33)$$

$$Wr = 0,017kg \quad (34)$$

Y para obtener la separación se divide la distancia L menos un diámetro de tambor para la cantidad de rodillos obteniendo:

$$S_1 = 0,25m \quad (35)$$

$$S_1 = 0,59m \quad (36)$$

Por último la densidad lineal de la banda está dada en $B = 5,00 \frac{kg}{m}$, reemplazando de la ecuación para hallar Q se obtiene:

$$Q = 2 * 5,00 \frac{kg}{m} + \frac{0,039kg}{0,25m} + \frac{0,039kg}{0,25m} \quad (37)$$

$$Q = 10,11 \frac{kg}{m} \quad (38)$$

El único valor que falta es K , que está definido por la configuración del tambor respecto al caucho de banda y en cuanto superficie lo recubre. Como se trata de una banda con un sistema simple de arco de contacto de 180 cubriendo la mitad de la superficie del tambor

FACTORES DE FRICCIÓN ESTÁNDAR "K"

ARCO DE CONTACTO (Grados)	TOMA DE CONTRAPESO		Tornillo de recogida	
	Tambor sin recubrimiento $\mu = 0.30$	Tambor con recubrimiento $\mu = 0.35$	Tambor sin recubrimiento Para 20% más alto T1	Tambor con recubrimiento Para 20% más alto T1
Polea simple				
*180	0.64	0.50	0.97	0.90
*210	0.50	0.38	0.80	0.66
*220	0.46	0.35	0.76	0.63
*230	0.43	0.32	0.72	0.59
*240	0.40	0.30	0.68	0.56
270	0.32	0.24	0.58	0.49
Varias poleas				
360	0.18	0.13	0.42	0.36
390	0.15	0.11	0.39	0.33
*420	0.13	0.09	0.36	0.31
*440	0.11	0.07	0.34	0.30
*450	0.11	0.07	0.33	0.29
*460	0.09	0.06	0.32	0.29
480	0.09	0.06	0.31	0.27

Figura 29. Factores de fricción estándar [21]

el valor de K se lo define como 0,64. Obteniendo todas las variables requeridas para el análisis.

Tabla VI
MAGNITUDES DE LA BANDA ALIMENTADORA [5]

Parámetro	Magnitud
Fe	0,02
L	3,82 m
tf	60 m
C	$2,4 \frac{t}{h}$
Q	$10,18 \frac{kg}{m}$
S	$0,6 \frac{m}{s}$
H	0,725 m
K	0,64

se procede a calcular la potencia mecánica que requiere el sistema para ejercer su movimiento, resolviendo la ecuación 11 se obtiene:

$$P = 0,086kW + 0,010kW + 0,005kW \quad (39)$$

$$P = 0,10kW \quad (40)$$

Siendo que esta potencia no es la final, dado que se debe considerar la potencia perdida en los mecanismos de reducción así como la eficiencia de los motores.

Tabla VII
EFICIENCIA DE MECANISMOS DE REDUCCIÓN [30]

Tipo de mecanismo reductor	Eficiencia
Poleas y bandas en V	94%
Cadena de rodillos	93%
Cadena de rodillos lubricados en aceite	95%
Reductor de engranajes helicoidales, una reducción	95%
Reductor de engranajes helicoidales, doble reducción	94%
Reductor de engranajes helicoidales, triple reducción	93%
Reductor de tronillo sin fin (relación 20:1)	90%
Reductor de tronillo sin fin (relación 20:1 a 60:1)	70%
Reductor de tronillo sin fin (relación 60:1 a 100:1)	50%
Reductor de engranajes rectos (mecanizados)	90%
Reductor de engranajes rectos (fundidos)	85%

Tabla VIII
VALORES NORMALIZADOS PARA MOTORES TRIFÁSICOS [15]

POTENCIA		115 V	200 V	208 V	230 V	460 V	Eficiencia ⁽¹⁾
W	HP	Corriente (A)					%
373	1/2	4,4	2,5	2,4	2,2	1,1	50%
560	3/4	6,4	3,7	3,5	3,2	1,6	52%
746	1	8,4	4,8	4,6	4,2	2,1	52%
1 119	1,5	12,0	6,9	6,6	6,0	3,0	55%
1 492	2	13,6	7,8	7,5	6,8	3,4	65%
2 238	3	-	9,2	10,6	9,6	4,8	69%
3 370	5	-	17,5	16,7	15,2	7,6	65%
5 595	7,5	-	25,3	24,2	22,0	11,0	75%
7 460	10	-	32,2	30,8	28,0	14,0	79%

Para calcular la potencia real PM se debe relacionar la potencia obtenida con el rendimiento de motores y la eficiencia mecánica de los reductores como dicta la ecuación:

$$PM = \frac{P}{\eta \varepsilon_1 \varepsilon_2} \quad (41)$$

Estableciendo los parámetros:

Tabla IX
PARÁMETROS DE POTENCIA REAL DE UN MOTOR [5]

Parámetro	Descripción
ε	Mecanismo reductor
η	Eficiencia del motor
P	Potencia teórica

Tabla X
MAGNITUDES PARA MOTOR DE BANDA ALIMENTADORA [5]

Parámetro	Magnitud
ϵ_1	93%
ϵ_2	93%
η	50%
P	0,10kW

Se resuelve la ecuación 41:

$$PM = 0,23kW \quad (42)$$

$$PM = 0,30HP \quad (43)$$

Por catálogos de valores estandarizados para motores trifásicos a 220v se recomienda una potencia $PM_1 = 0,5PH$.

Con este análisis se da por finalizado el diseño de la banda alimentadora y se procede a realizar el diseño CAD propuesto según los parámetros establecidos previamente.

Se procede a continuar el diseño de la tolva alimentadora en donde se establecen los siguientes parámetros para el diseño a partir de la premisa que deben entrar $450kg$ en un volumen de $v = 0,366m^3$ donde la forma obtenida por el diseño propuesto de tolva es una pirámide truncada

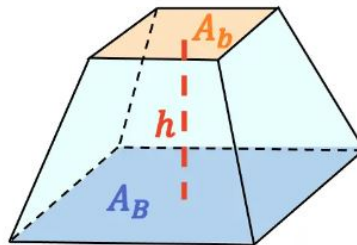


Figura 30. Volumen de pirámide truncada [10]

y su volumen se calcula con la fórmula:

$$V = \frac{h}{3} * (AB + Ab + \sqrt{AB * Ab}) \quad (44)$$

Se deben establecer los siguientes parámetros para comprobar si el volumen que se obtiene está acorde a lo establecido.

Tabla XI
PARÁMETROS PARA EL VOLUMEN DE UNA PIRÁMIDE TRUNCADA [10]

Parámetro	Descripción
h	Altura
A_b	Área inferior
A_B	Área superior

En donde la altura h se establece en $1,00m$ y el ancho en la parte superior se rige por el ancho de la banda establecido previamente como $0,60m$, así como el largo de la parte superior en $1,30m$ y el largo en la parte inferior $0,70m$, por último se debe considerar que en parte inferior de la banda se va a encontrar un tornillo sin fin con un diámetro de $6'' = 0,1524m$ la base del área inferior tiene que ser ligeramente más ancha que el tornillo sin fin estableciendo una medida de $0,350m$, por lo que calculando las áreas se tienen las siguientes magnitudes:

Tabla XII
MAGNITUDES PARA EL VOLUMEN DE UNA PIRÁMIDE TRUNCADA [10]

Parámetro	Magnitud
h	$1,00\text{ m}$
A_b	$0,78\text{ m}^2$
A_B	$0,245\text{ m}^2$

Reemplazando de la fórmula 44 para hallar el volumen de una pirámide truncada:

$$V = 0,433m * \left(0,78m^2 + 0,245m^2 + \sqrt{0,78m + 0,245m} \right) \quad (45)$$

$$V = 0,487m^3 \quad (46)$$

Superando la cantidad requerida, se procede a trabajar con estas medidas, sabiendo que la tolva debe tener un margen de volumen para materiales que sean menos densos y ocupen más espacio. Con estos datos se procede a calcular la potencia que requiere el tornillo sin fin que ayuda a que el material fluya de manera continua hacia la banda alimentadora. Donde la potencia según el catálogo de Martin se expresa como:

$$HP = \frac{(HPf + HPm)Fo}{e} \quad (47)$$

Donde HPf es la potencia para mover el sin fin vacío y HPm la potencia para mover el material las cuales se determinan mediante las siguientes ecuaciones:

$$HPf = \frac{L N F_d F_b}{1,000,000} \quad (48)$$

$$HPm = \frac{C L W F_f F_m F_p}{1,000,000} \quad (49)$$

Para lo cual es necesario determinar los siguientes parámetros:

Tabla XIII
 PARÁMETROS PARA LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN [10]

Parámetro	Descripción
L	Longitud total del sin fin
N	Velocidad de operación
Fd	Factor del diámetro del sin fin
Fb	Factor del buje para colgante
C	Capacidad
W	Densidad del material
Ff	Factor de helicoidal
Fm	Factor de material
Fp	Factor de las paletas
Fo	Factor de sobrecarga
e	Eficiencia de transmisión

Para definir los demás parámetros se debe seguir el procedimiento establecido en el catálogo de tornillos sin fin de Martin [3]. El primer paso es establecer los factores iniciales con los que se cuenta.

- Tamaño de partícula: malla 100.
- Capacidad: $5291,09 \frac{lb}{h}$
- Densidad: $76,79 \frac{lb}{ft^3}$

Luego se debe realizar la clasificación del material según la siguiente tabla:

Tabla XIV
CÓDIGO DE CLASIFICACIÓN DE MATERIAL [3]

Clase	Características de Material	Código	
Densidad	Densidad a granel, Sin Compactar	Libras por pie cúbico	
Tamaño	Malla No. 200 (.0029") y menor	A200	
	Muy Fino Malla No. 100 (.0059") y menor	A100	
	Malla No. 40 (.016") y menor	A40	
	Fino Malla No. 6 (.132") y menor	B6	
	Granular	1/2" y menor (malla 6" a 1/2")	C1/2
		3" y menor (1/2" a 3")	D3
		7" y menor (3" a 7")	D7
	Terrones	16" y por debajo (0" a 16")	D16
Arriba de 16" a ser especificado, X = tamaño máximo		DX	
Irregular	Fibroso, Cilíndrico, etc.	E	
Fluidez	Fluido Muy Libre	1	
	Fluido Libre	2	
	Fluido Promedio	3	
	Fluido Lento	4	
Abrasividad	Abrasividad Media	5	
	Abrasividad Moderada	6	
	Abrasividad Extrema	7	
Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Acumulación y Endurecimiento	F	
	Genera Electricidad Estática	G	
	Descomposición — Se Deteriora en Almacenamiento	H	
	Inflamabilidad	J	
	Se Hace Plástico o Tiende a Suavizarse	K	
	Muy Polvoso	L	
	Al Airearse Se Convierte en Fluido	M	
	Explosividad	N	
	Pegajoso — Adhesión	O	
	Contaminable — Afecta uso	P	
	Degradable — Afecta uso	Q	
	Emite Humos o gases Tóxicos Peligrosos	R	
	Altamente Corrosivo	S	
	Medianamente Corrosivo	T	
	Higroscópico	U	
Se Entrelaza, Enreda o Aglomera	V		
Presencia de Aceites	W		
Se Comprime Bajo Presión	X		

El material al encontrarse en la presentación de malla 100 se lo considera como muy fino y se clasifica por el código A100, su fluidez es considerada como promedio 3 así como su abrasividad media 5, y por último se establece que dentro de los parámetros establecidos, el material en propiedades misceláneas es higroscópico U. Por lo que su código se establece como A100 – 3 – 5 – U y se procede a identificar el código al material más similar disponible en la siguiente tabla:

Tabla XV
CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES [3]

Material	Peso libras por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material Fm	Carga de Artesa
Tierra para molde de fundición	76	C1/2-36	H	2	1.2	30B
Trebol en semilla	45-48	B6-25N	L-S-B	1	0.4	45
Trigo	45-48	C1/2-25N	L-S-B	1	0.4	45
Trigo sarraçeno	37-42	B6-25N	L-S-B	1	0.4	45
Trigo, gármén	18-28	B6-25	L-S-B	1	0.4	45
Trigo, grano Quebrado	40-45	B6-25N	L-S-B	1	0.4	45
Trigo, harina	33-40	A40-45LP	S	1	0.6	30A
Urea en grano, con recubrimiento	43-46	B6-25	L-S-B	1	1.2	45
Uva, pulpa de	15-20	D3-45U	H	2	1.4	30A
Vermiculita, expandida	16	C1/2-35Y	L-S	1	0.5	30A
Vermiculita, mineral	80	D3-36	H	2	1	30B
Vidrio a granel	80-100	C1/2-37	H	3	2.5	15
Vidrio, pedazos finos	80-120	C1/2-37	H	3	2	15
Vidrio, pedazos, desperdicio	80-120	D16-37	H	3	2.5	15
Vinuta de acero, compactada	100-150	D3-46WV	H	3	3	30B
Vinuta de Bronce	30-50	B6-45	H	2	2	30A
Yeso, calcinado	55-60	B6-35U	H	2	1.6	30A
Yeso, calcinado, en polvo	60-80	A100-35U	H	2	2	30A
Yeso, crudo 1*	70-80	D3-25	H	2	2	30A
Zinc, residuos concentrados	75-80	B6-37	H	3	1	15

Siendo que las características son similares a las del yeso calcinado en polvo por lo que se procede a usar los parámetros establecidos para este material.

- Selección de rodamiento intermedio: H
- Factor de material(Fm): 2
- Carga de Artesa: 30A

Con estos valores se procede a establecer la capacidad del sin fin según la carga de artesa y el diámetro según la siguiente tabla:

Tabla XVI
CAPACIDAD PARA TRANSPORTADORES HELICOIDALES [3]

Carga de Artesa	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		Máx. RPM
		A 1 RPM	A Máx. RPM	
45%	4	0.62	114	184
	6	2.23	368	165
	9	8.20	1270	155
	10	11.40	1710	150
	12	19.40	2820	145
	14	31.20	4370	140
	16	46.70	6060	130
	18	67.60	8120	120
	20	93.70	10300	110
	24	164.00	16400	100
30% A	30	323.00	29070	90
	36	553.20	4142	75
	4	0.41	53	130
	6	1.49	180	120
	9	5.45	545	100
	10	7.57	720	95
	12	12.90	1160	90
	14	20.80	1770	85
	16	31.20	2500	80
	18	45.00	3380	75
20	62.80	4370	70	
24	109.00	7100	65	
30	216.00	12960	60	
36	368.80	18400	50	

Con los datos de la tabla se obtiene:

- Capacidad a 1rpm= $1,49 \frac{ft^3}{h}$

- Capacidad a Máx.rpm= $180 \frac{ft^3}{h}$
- Máx. rpm= 120

Para la capacidad requerida se determina la velocidad del tornillo helicoidal N con la fórmula:

Velocidad del Transportador

Para transportadores con helicoidales de paso estándar o completo, la velocidad puede ser calculada con la siguiente fórmula:

$$N = \frac{\text{Capacidad Requerida en pies cúbicos por hora}}{\text{Pies cúbicos por hora @ 1 RPM}}$$

$N =$ Revoluciones por minuto del helicoidal
(esta velocidad no debe ser mayor a la velocidad máxima recomendada)

Figura 31. Fórmula para la velocidad del transportador [3]

Reemplazando los valores se obtiene:

$$N = \frac{68,91 \frac{ft^3}{h}}{\frac{1,43 \frac{ft^3}{h}}{1rpm}} \tag{50}$$

$$N = 46,25rpm \tag{51}$$

Siendo este valor inferior al máximo permisible se confirma que es posible trabajar a la capacidad requerida. Posteriormente se procede a seleccionar el factor del buje Fb según el parámetro de rodamiento interno H en la tabla XV en base a la siguiente tabla:

Tabla XVII
FACTOR DEL BUJE PARA COLGANTE [3]

Factor del Buje para Colgante		
Tipo de Buje		Factor del Buje para Colgante F_b
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	<i>Martin</i> Bronce	
S	* Bronce Grafitado	2.0
	* Bronce, Impregnado en Aceite	
	* Madera, Impregnado en Aceite	
	* Nylatron	
	* Nylon	
	* Teflón	
	* UHMW	
	* Melamine (MCB)	
	* Ertalyte® Quadrent	
* Uretano		
H	* <i>Martin</i> Hierro Endurecido*	3.4
	* Superficie Endurecida	4.4
	* Stellite	
	* Cerámico	
	* Aleación de Hierro Blanco	

Se establece para el factor Fb un valor de 4,4. Para definir el factor Fd según el diámetro helicoidal se hace uso de la siguiente tabla:

Tabla XVIII
 FACTOR DEL DIÁMETRO DEL TRANSPORTADOR [3]

Factor del Diámetro del Transportador, F_d	
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor F_d
4	12.0
6	18.0
9	31.0
10	37.0
12	55.0
14	78.0
16	106.0
18	135.0
20	165.0
24	235.0
30	365.0
36	540.0

Se determina el factor F_d con un valor de 18,0. Se procede a determinar el factor F_f considerando que se trabaja con un tipo de helicoidal estándar bajo la siguiente tabla: En donde F_f tiene un valor

Tabla XIX
 FACTOR DEL HELICOIDAL [3]

Tipo de Helicoidal	Factor F_f			
	F_f Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doblez	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—

de 1.0.

El siguiente factor a determinar es F_p en donde no se cuentan con paletas en los helicoidales, por lo que trabajo con un valor de 1,0 según la siguiente tabla:

Tabla XX
 FACTOR DE PALETAS [3]

Número de Paletas por Paso	Factor de Paleta F_p				
	Paletas Estándar por Paso. Paletas Ajustadas a 45° Paso Invertido				
	0	1	2	3	4
Factor de Paleta - F_p	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

También se debe definir el valor de la eficiencia del sistema de transmisión en donde se trabaja con motorreductor acoplado a una cadena de transmisión, definiendo el valor de e en 0,87 como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla XXI
EFICIENCIA DE TRANSMISIONES [3]

Factor de Eficiencia (e) de las Transmisiones				
Transmisión para Transportador Helicoidal o Montado en Eje con Transmisión de Bandas en "V"	Reductor de Engranajes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	Motorreductor con Cople	Motorreductor con Transmisión de Cadena	Corona Sinfín
.88	.87	.95	.87	Consulte a $\frac{7}{12}$

Para determinar el valor de factor de sobrecarga F_o se debe primero calcular las dos potencias parciales HP_f y HP_m ecuación , donde los parámetros se establecen como:

Tabla XXII
TABLA DE MAGNITUDES PARA LA TOLVA DE ALIMENTACIÓN [10]

Parámetro	Magnitud
L	2,30 ft
N	46,25
Fd	18
Fb	4,4
C	$68,91 \frac{ft^3}{h}$
W	$76,79 \frac{lb}{ft^3}$
Ff	1
Fm	2
Fp	1
Fo	*Por determinar
e	0,87

Reemplazando de la ecuación ecuación 48 se obtiene:

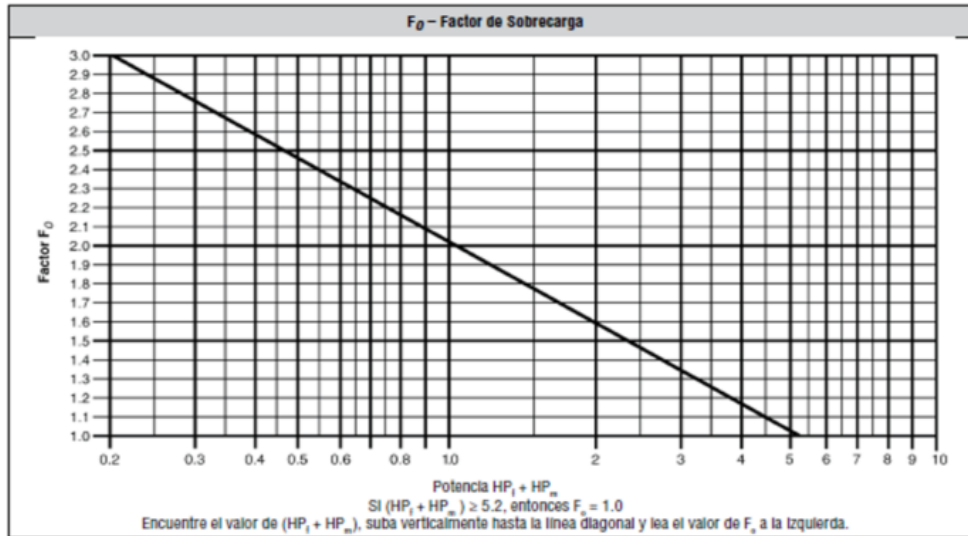
$$HP_f = 0,008 \quad (52)$$

Y reemplazando de la ecuación ecuación 49 se obtiene:

$$HP_m = 0,024 \quad (53)$$

Para determinar el valor de F_o se tiene que encontrar el punto en donde la suma de las dos potencias parciales (0,032) con la línea horizontal converjan como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla XXIII
FACTOR DE SOBRECARGA [3]



Donde por aproximación se define el valor de F_0 es definido como 3 y se procede a calcular la potencia teórica que requiere el sin fin, reemplazando los valores en la ecuación 47 se obtiene:

$$HP = 0,115 \quad (54)$$

A este valor se le tiene que considerar la eficiencia en motores según la tabla XIII, obteniendo un valor final de:

$$HP = 0,23 \quad (55)$$

Por catálogo se elige un motor de $0,5HP$ para esta operación.

V-C3. *Diseño CAD*: En función de los parámetros establecidos y las variables calculadas se realiza un diseño esquemático con ayuda del programa Solidworks que fue provisto por la Universidad Politécnica Salesiana. Este diseño sirve como guía y referencia para la implementación de la tolva de alimentación y banda alimentadora. A continuación se muestra un despiece de los elementos, teniendo en consideración que las medidas que no se encuentran especificadas en el apartado del cálculo y valores iniciales no son definitivas, lo cual permite tener un margen de variación en cuanto a parámetros de diseño, tomando de referencia otros elementos con características similares.

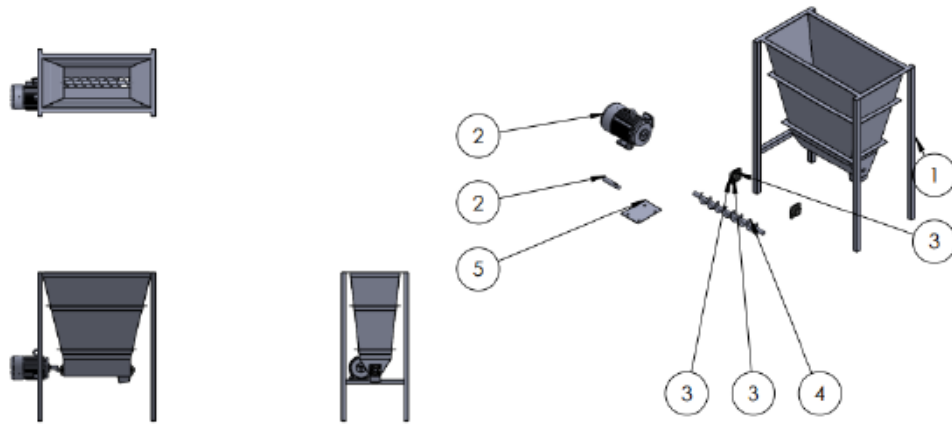


Figura 32. Despiece tolva de alimentación [10]

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Tolva de alimentación estructura	1
2	Motor 0,5 HP	1
3	SKF_UCF 208-24	2
4	Tornillo sin fin tolva de alimentación	1
5	Placa base motor	1

Figura 33. Lista de elementos tolva de alimentación [10]

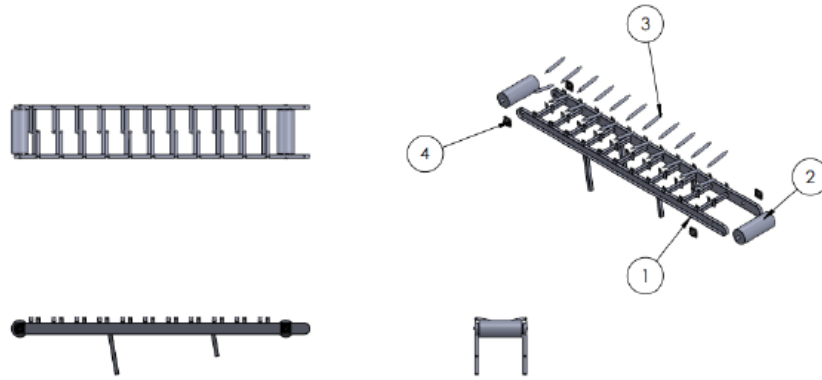


Figura 34. Despiece banda alimentadora [5]

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Banda de alimentación bastidor	1
2	SKF_UCF 208-24	4
3	Tambor bandas	2
4	Rodillo de bandas	20

Figura 35. Lista de elementos banda alimentadora [5]

V-C4. Implementación de tolva de alimentación y banda alimentadora: Se realizaron los trabajos de corte y soldadura para construir la tolva de alimentación como primer elemento en la línea de producción.



Figura 36. Tolva de alimentación espacio principal [10]

Se cortó el largo excedente del sin fin para adecuarse al diseño propuesto siendo que trabaja por dentro de la tolva ayudando al material a no quedarse estancado.



Figura 37. Tornillo sin fin tolva de alimentación.

Las partes fueron unidas con cordones de soldadura a lo largo de los vértices de la pirámide truncada. Adicionalmente se implementaron divisiones en su interior que ayudan con las proporciones de las mezclas según los pedidos que serán realizados a la empresa.



Figura 38. Tolva de alimentación soldada [10]

Para la banda alimentadora se realiza primero la construcción del bastidor que es la estructura en donde irán los demás elementos como los tambores y rodillos.



Figura 39. Bastidor banda alimentadora [5]

Puesta de estaciones de rodillos y colocación de la primera capa de pintura en la banda alimentadora.



Figura 40. Estación de rodillos banda alimentadora [5]

V-D. Elevador de cangilones

El elevador de cangilones es un sistema de transporte vertical, uno de sus usos más comunes en la industria es el de mover materiales al granel de un nivel a otro.

V-D1. *Esquematización:* El hecho de implementar un elevador de cangilones surge de la consideración de que los platos granuladores requieren una alimentación al 30 % de su altura aproximadamente según recomendaciones del proveedor, asumiendo que el plato no tiene inclinación y se lo ve de manera totalmente vertical. Pero se tiene que recordar que los platos granuladores cuentan con una base de concreto que le da estabilidad y una altura suficiente para poder colocar la banda de salida que comparten los tres platos en serie, este elemento es por disposición de la empresa.

V-D2. *Cálculos y análisis:* El procedimiento para calcular la potencia requerida del motor para accionar el elevador se cangilones se describe en la siguiente fórmula:

$$P = (T_1 - T_2) * v \quad (56)$$

Donde:

- T_1 = Tensión en el lado ascendente. N
- T_2 = Tensión en el lado descendente. N
- v = Velocidad lineal del elevador. $\frac{m}{s}$

Para realizar los cálculos, se debe seguir el procedimiento según el artículo científico [14] y del catálogo de elevadores de Martin [2] en donde se debe descomponer el elevador de cangilones en dos segmentos. La mitad que asciende considerando los cangilones llenos de material y la mitad que desciende, donde los cangilones se encuentran vacíos. Esto es útil para calcular las tensiones generadas en cada segmento donde primero se halla la tensión ascendente T_1 y se procede a hallar T_2 con la siguiente fórmula:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{\mu\theta} \quad (57)$$

Donde:

- e = Constante de Euler.
- μ = Coeficiente de fricción.
- θ = Arco de contacto en radianes.

El valor de μ y θ se define por la siguiente tabla de coeficientes de fricción variables según el ángulo de contacto:

FACTORES DE FRICCIÓN ESPECIALES "K" Para coeficientes de fricción variables (μ)			
ARCO DE CONTACTO (Grados)	$\mu = 0.15$	$\mu = 0.20$	$\mu = 0.25$
Polea simple			
180	1.66	1.14	0.84
210	1.36	0.93	0.67
220	1.28	0.87	0.62
230	1.21	0.81	0.58
240	1.15	0.76	0.54
Varias poleas			
360	0.64	0.40	0.26
390	0.56	0.35	0.22
420	0.50	0.30	0.19
440	0.46	0.27	0.17
450	0.45	0.26	0.16
460	0.43	0.25	0.16
480	0.40	0.23	0.14

Figura 41. Factores de fricción especiales [21]

En donde se conoce que el ángulo de contacto es 180 y su coeficiente de fricción corresponde a 0,25 al tratarse de un tambor sin recubrimiento. Como parámetros iniciales que establece la empresa están los siguientes:

Tabla XXIV
PARÁMETROS DEL ELEVADOR DE CANGILONES [7]

Parámetro	Descripción
H	Altura
Ac	Ancho cangilón
dt	Diámetro tambor
Vi	Velocidad inicial
Pc	Paso cangilón

En donde las magnitudes se establecen como:

Tabla XXV
MAGNITUDES DEL ELEVADOR DE CANGILONES [7]

Parámetro	Magnitud
H	5,50 m
Ac	0,192 m
dt	0,25 m
Vi	84,6 rpm
Pc	0,325 m

Para esto, primero es necesario establecer la carga que un cangilón vacío puede soportar según sus dimensiones, tomando como dato principal el ancho Ac según la tabla del fabricante:

Ancho (A) en mm	Proyección (B) en mm	Profundidad (C) en mm	Espesor (T) en mm	Perforaciones			Capacidad en litros	Cantidad máxima por metro	Capacidad elevación t/hora
				cant. n°	diam. bulón (e)	dist. entre centros (f)			
103	96	65	1,2	2	1/4	50	0,20	13,00	21
120	104	80	1,6	2	1/4	60	0,35	11,00	31
140	130	95	1,6	2	5/16	70	0,55	9,00	40
155	130	100	1,6	2	5/16	70	0,75	9,00	55
175	140	105	1,6	2	5/16	75	0,90	8,50	62
192	148	110	1,6	2	5/16	84	1,15	8,50	80

Figura 42. Capacidad del cangilón [38]

Donde la capacidad está dada en litros con el valor de 1,15 equivalente a $1,15 \times 10^{-3} m^3$ el cual es un dato importante para calcular la masa del elevador M_m en la mitad que asciende. Haciendo uso de la ecuación 1 para hallar la masa se obtiene:

$$M_m = 1,15 \times 10^{-3} m^3 * 1230 \frac{kg}{m^3} \quad (58)$$

$$M_m = 1,41 kg \quad (59)$$

La velocidad lineal del elevador se recomienda que sea inferior $1 \frac{m}{s}$, se debe determinar su relación con las rpm de entrada y comprobar si no excede el valor límite. Haciendo referencia a la ecuación 21 se reemplaza los valores y se obtiene:

$$v = 1,11 \frac{m}{s} \quad (60)$$

Esta velocidad supera en un 11 % la velocidad recomendada por lo que se procede a implementar una sistema de reducción haciendo uso del piñón conductor de 12 dientes que se encuentra en inventario, y colocando un piñón conducido de 14 dientes para reducir la velocidad obtenida.

$$v = 0,95 \frac{m}{s} \quad (61)$$

Esta es la velocidad lineal que se considera para el calculo de potencia más adelante. Como se pide que el paso entre cangilones, la distancia ocupada entre el inicio de un cangilón con otro, sea de $0,325m$ se debe calcular la longitud total del caucho L_t que recubre el elevador contemplando la altura H como la distancia entre centro de tambores, duplicando este valor por los dos segmentos existentes y se debe adicionar la longitud de un perímetro de tambor obteniendo:

$$L_t = 5,50m * 2 + (0,25m * 3,1416) \quad (62)$$

$$L_t = 11,79m \quad (63)$$

En donde la relación entre la longitud total L_t y el paso P_c es la cantidad de cangilones N_c que se pueden colocar en el sistema:

$$N_c = L_t / P_c \quad (64)$$

$$N_c = 36,27 \quad (65)$$

Donde se deja establecido que la cantidad de cangilones N_c es 36 por lo que en cada segmento se colocan 18 y 18. También se define la masa del cangilón, medida en $349g$.



Figura 43. Masa del cangilón vacío [7]

Para determinar T_1 :

$$T_1 = (Pc + Pm) * g * \frac{Nc}{2} \quad (66)$$

Donde:

- M_c = Masa del cangilón.
- M_m = Masa del material
- θ = Arco de contacto en radianes.

Reemplazando en la fórmula se tiene:

$$T_1 = (0,349kg + 1,41kg) * 9,81 \frac{m}{s^2} * \frac{36}{2} \quad (67)$$

$$T_1 = 600,44N \quad (68)$$

Con lo que se procede a reemplazar la ecuación 57 para hallar:

$$T_2 = \frac{T_1}{e^{\mu\theta}} \quad (69)$$

Reemplazando los valores se obtiene:

$$T_2 = 273,79N \quad (70)$$

Por lo que para resolver la ecuación 56 se reemplazan los valores:

$$P = (600,44N - 273,79N) * 0,95 \frac{m}{s} \quad (71)$$

$$P = 307,88W \quad (72)$$

$$P = 0,41HP \quad (73)$$

A este valor se le tiene que considerar la eficiencia en motores según la tabla XIII y los mecanismos de reducción, obteniendo un valor final de:

$$P = 0,94HP \quad (74)$$

Por catálogo se elige un motor de 1HP para esta operación.

V-D3. *Diseño CAD:* En función de los parámetros establecidos como la altura, número de cangilones y ancho de la estructura se propone el siguiente diseño como guía y referencia para la implementación del elevador de cangilones. A continuación se muestra un despiece de los elementos empleados en base a los disposiciones de áreas de trabajo y de aprovechar en lo máximo posible la verticalidad del mismo.

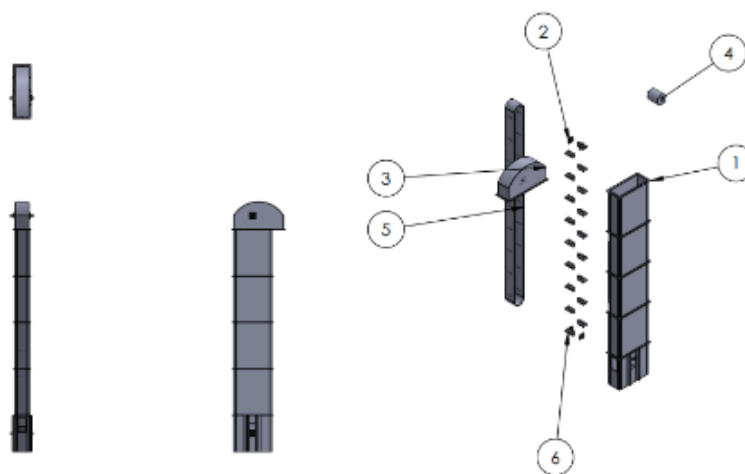


Figura 44. Despiece tolva de alimentación [7]

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Elevador de cangilones estructura	1
2	SKF_UCF 208-24	4
3	Tapa elevador	1
4	Tambor elevador	2
5	Caucho de banda	1
6	Cangilón	36

Figura 45. Lista de elementos tolva de alimentación [7]

V-D4. *Implementación de elevador de cangilones:* Se construye primero la estructura así como la parte superior en donde va ubicado el motor que acciona el tambor motriz.



Figura 46. Segmento de elevador de cangilones [7]

Se implementan los tambores tanto en la parte superior como inferior del elevador.



Figura 47. Colocación de tambor en elevador de cangilones [7]

El elevador se conforma a través de segmentos empernados en forma de cajas rectangulares uno encima de otro.



Figura 48. Ensamble de segmentos de elevador de cangilones [7]

Los segmentos son incorporados hasta alcanzar la altura máxima previo a la intervención en el techo.



Figura 49. Ensamble parcial de elevador de cangilones [7]

Se procede a la instalación de los cangilones en la banda según el paso establecido.



Figura 50. Colocación de cangilones en caucho de banda [7]

Se introduce la banda al elevador de cangilones para su posterior calibración y tensado.



Figura 51. Instalación de banda con cangilones en elevador [7]

V-E. Tolva dosificadora

La tolva dosificadora cumple la función de distribuir hacia los tres platos el producto que viene desde el elevador de cangilones, además de ser un proceso más de mezcla para homogeneizar los minerales antes de su proceso de compactación en el plato. La idea de tener una tolva dosificadora surge de que la empresa sugirió un modelo similar de otra compañía y propone implementarlo con la condición de que cada tornillo sin fin que transporta producto hacia el plato granulador lo haga de manera independiente para que así, la alimentación de cada plato granulador no dependan de un solo mecanismo, y en el caso de algún mantenimiento el sistema no tenga que ser paralizado en su totalidad y solo el plato correspondiente.

V-E1. Esquemmatización: La ubicación de la tolva se encuentra inmediatamente después de donde el elevador de cangilones descarga el material, por lo tanto su inicio se encuentra también ligeramente sobresalido del techo, en el cual un conducto lleva el producto hacia el compartimiento principal de la tolva, este elemento no cuenta una tapa física en la parte de arriba ya que en el caso que llegue a haber un fallo el material puede desembocar en la parte superior para simplemente regarse pero no comprometer a los motores ni la estructura misma. Este elemento al encontrarse a la altura máxima que permite el área de trabajo, tiene que contar con bases que lo sostengan con tal seguridad que sea seguro trasladarse por debajo de la unidad.

V-E2. Cálculos y análisis: Para calcular la potencia requerida por los motores se procede a seguir los pasos realizados en la sección ‘Tolva de alimentación’ en donde los parámetros son iguales a los de la tabla XIII , y algunas magnitudes varían como: diámetro del sin fin, longitud del sin fin, y la capacidad de cada tornillo dado que el material que entra se reparte para las tres unidades. Para la potencia considerada en los tres motores se toman la magnitudes más altas de entre los tres sin fin respecto a la longitud, dado que la distancia que recorren las unidades de los laterales es mayor que la central, siendo este valor establecido en $0,70m$. También el diámetro del sin fin se establece en $9''$.

En base a estos parámetros, se establece nuevamente como código de clasificación de material como $A100 - 3 - 5 - U$ de la tabla XIV. De la tabla XV se definen los siguientes valores.

- Selección de rodamiento intermedio: H
- Factor de material(F_m): 2
- Carga de Artesa: 30A

De la tabla V-C2 se obtienen los datos de la capacidad según el diámetro, para el caso de un helicoidal de $9''$ se tiene:

- Capacidad a 1 rpm= $5,45 \frac{ft^3}{h}$
- Capacidad a Máx.rpm= $545 \frac{ft^3}{h}$

- Máx. rpm= 100

Para la capacidad requerida se determina la velocidad del tornillo helicoidal con la fórmula de la figura 31, reemplazando los valores se tiene:

$$N = \frac{22,97 \frac{ft^3}{h}}{\frac{5,45 \frac{ft^3}{h}}{1rpm}} \quad (75)$$

$$N = 4,21rpm \quad (76)$$

Siendo un valor permisible para trabajar con la capacidad requerida. Se procede a seleccionar el factor de buje F_b en la tabla XVII, siendo 4,4. Para el factor F_d de la tabla XVIII, con un diámetro de 9" el valor es 31,0. Para el factor F_f de la tabla XVIII se elige un valor estándar de 1,0. Para el factor F_p de la tabla XVIII al no haber paletas se tiene un valor de 1,0. Para la eficiencia de transmisiones e de la tabla XXI, trabajando con motorreductor acoplado a cadena de transmisión el valor se define en 0,87.

Estableciendo las magnitudes:

Tabla XXVI
TABLA DE MAGNITUDES PARA LA TOLVA DOSIFICADORA [11]

Parámetro	Descripción
L	7,20 ft
N	46,25
Fd	31
Fb	4,4
C	$22,97 \frac{ft^3}{h}$
W	$76,79 \frac{lb}{ft^3}$
Ff	1
Fm	2
Fp	1
Fo	*Por determinar
e	0,87

Reemplazando de la ecuación ecuación 48 se obtiene:

$$HP_f = 0,002 \quad (77)$$

Y reemplazando de la ecuación ecuación 49 se obtiene:

$$HP_m = 0,025 \quad (78)$$

El factor F_o se lo define como 3 según la tabla XXIII y se procede a calcular la potencia teórica que requieren los sin fin, reemplazando los valores en la ecuación 47 se obtiene:

$$HP = 0,096 \quad (79)$$

Considerando la eficiencia en motores según la tabla XIII, el valor final es de:

$$HP = 0,226 \quad (80)$$

Por catalogo se elige que cada motor sea de 0,5HP para esta operación.

V-E3. *Diseño CAD:* El diseño de la tolva dosificadora sigue el de la tolva de alimentación en donde hay un compartimiento principal donde se almacena el producto, con la adición de tres tubos que son los encargados de llevar el material hacia los respectivos platos. Además este diseño cuenta con la estructura necesaria para el soporte de los motores que accionarán los mecanismos, así como la tolva misma.

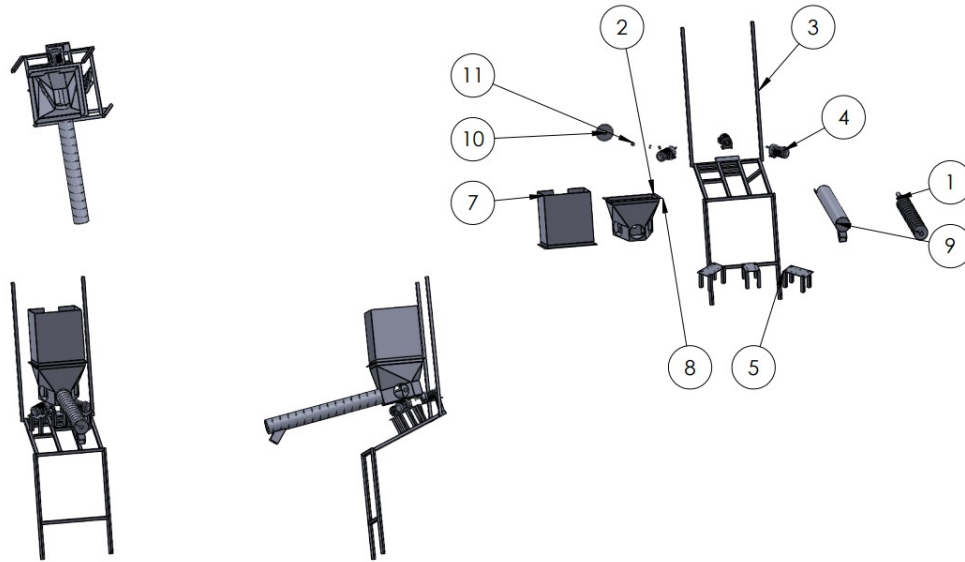


Figura 52. Despiece tolva de alimentación [11]

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Tornillo dosificador	1
2	Tolva dosificadora estructura	1
3	Soporte motores tolva	1
4	Motor sin fin	3
5	Base motores	1
6	Base motores 2	2
7	Tolva dosificadora protector	1
8	Tolva dosificadora armadura	1
9	Tubo dosificador	1
10	Piñón conducido	1
11	Piñón conductor	3

Figura 53. Lista de elementos tolva de alimentación [11]

V-E4. *Implementación tolva dosificadora:* Se procede a armar el compartimiento principal de la tolva dosificadora donde van ubicados los tornillos sin fin y el material.



Figura 54. Compartimiento principal tolva dosificadora [11]

Se procede con la instalación de los tubos que recubren el tornillo sin fin, sus largos varían según la posición.



Figura 55. Acoplamiento de tubos para material [11]

Los tornillos sin fin son introducidos a los tubos y ajustados según el largo necesario.



Figura 56. Instalación de tornillos sin fin en tubos [11]

Se instalan la tolva dosificadora encima del plato granulador para realizar cualquier ajuste y modificación pertinente.



Figura 57. Instalación de tolva dosificadora [11]

V-F. Platos granuladores

Para la implementación de las dos nuevas unidades de plato granuladores se empieza revisando las fichas técnicas del plato granulador adquirido previamente, en donde se detallan datos como: dimensiones principales, potencia del motor y capacidad de producción. También se puede tomar en consideración los diferentes mecanismos para la reducción de velocidad implementados como poleas con banda de transmisión y sistema de engranajes con corona y piñón.

型号 Model	圆盘直径 (mm) Disc diameter	盘边高度 (mm) Disk edge height	转速 r/min Rotating speed	倾角 ° Inclination	电机功率 Kw Motor Power	生产能力 t/h Production capacity
Φ2.2	2200	360	15	35° -50°	5.5	0.8-2.2
Φ2.5	2500	380	13.5	35° -50°	5.5	1-2.5
Φ2.8	2800	400	13	35° -50°	7.5	1-3.0
Φ3.0	3000	420	12.5	35° -50°	11	1-4
Φ3.2	3200	450	12.5	35° -50°	15	1-5

Figura 58. Ficha técnica del plato granulador [23]

El plato granulador adquirido es de un diámetro de 2500mm en donde se recomienda unas rpm de 13.5, una inclinación de entre 35° a 50° y un motor de 5.5kW. Los diferentes parámetros van a variar según la necesidad con la que se trabaje, dado que las recomendaciones técnicas son en casos ideales con diferentes condiciones de trabajo, en el caso de Zeonatec S.A, se ha notado un mejor desempeño cuando el plato granulador gira alrededor de una velocidad de 11 rpm.

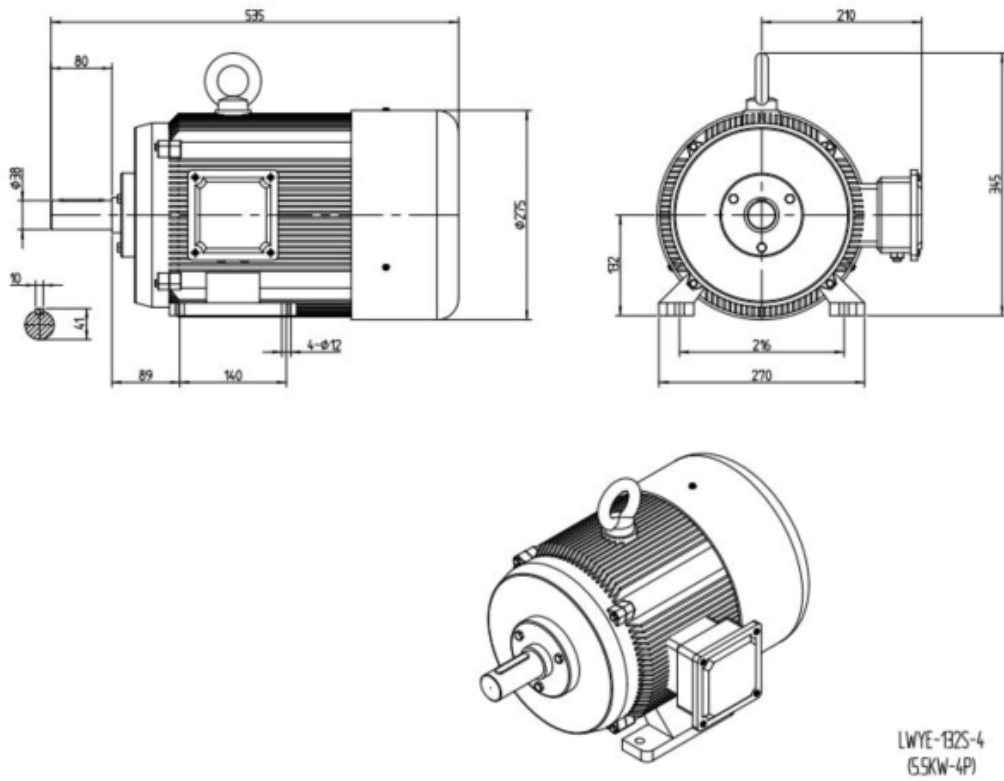


Figura 59. Motor del plato granulador [23]

Las características principales del motor son:

- Potencia= 5.5kW.
- Voltaje= 220v
- Frecuencia= 60Hz
- Velocidad= 1728rpm
- Fases= 3.

En la siguiente figura se especifica el factor de reducción según el modelo, para el platos granulador se hace uso del modelo ZQ350:

Model	Ratio	Rated Power(Kw)	Input Speed (rpm)	Output Torque(KN.m)
ZQ250	8.23 - 48.57	0.4 - 18.8	750	2.5 - 3.4
			1000	2.3 - 3.4
			1250	2.2 - 3.4
			1500	2.0 - 3.4
ZQ350	8.23 - 48.57	0.95 - 27	750	6.4 - 8
			1000	6.1 - 7.9
			1250	5.8 - 7.8
			1500	5.4 - 7.7
ZQ400	8.23 - 48.57	1.6 - 26	600	8.15 - 16.3
			750	7.75 - 16.2
			1000	6.9 - 16
			1250	6.3 - 15.8
ZQ500	8.23 - 48.57	6.7 - 60.5	1500	5.9 - 15.7
			600	18 - 27
			750	16.5 - 27
			1000	14.5 - 26
ZQ650	8.23 - 48.57	6.7 - 106	1250	13 - 26
			1500	14 - 25.5
			600	33.5 - 63.5
			750	29 - 62.5
ZQ750	8.23 - 48.57	9.5 - 168	1000	27 - 62
			1250	32 - 60
			1500	32 - 59
			600	52 - 95
ZQ750	8.23 - 48.57	9.5 - 168	750	47 - 89
			1000	56 - 87
			1250	56 - 85
			1500	63.5 - 83

Figura 60. Modelo y factor de reducción [23]

V-F1. *Esquematización:* Para el ensamble de los dos plato granuladores se se aprovechan los equipos previamente mencionados disponibles en el inventario de la empresa. Se toma como referencia el sistema de transmisión de la unidad actual en donde existen tres secciones que se establecen como:

- Reducción 1= Sistema de poleas.
- Reducción 2= Motorreductor.
- Reducción 3= Sistema de piñones

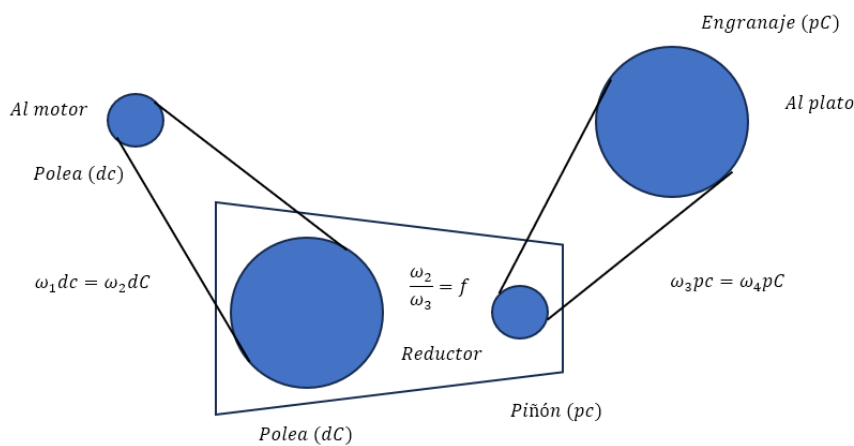


Figura 61. Esquema de sistema de transmisión [8]

En donde el resultado del sistema otorgue un valor aproximado de 11rpm y comprobar que el motor utilizado entregue la potencia requerida para accionar el sistema. Como parámetros iniciales se tiene:

Tabla XXVII
PARÁMETROS SISTEMA DE TRANSMISIÓN [8]

Parámetro	Descripción
V_i	Velocidad del motor
f	Factor de reducción
p_c	Dientes piñón conductor
d_c	Diámetro polea conductora

En donde:

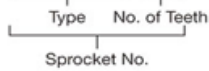
Tabla XXVIII
MAGNITUD SISTEMA DE TRANSMISIÓN [8]

Parámetro	Magnitud
V_i	1728 rpm
f	8,23
p_c	12
d_c	100 mm

V-F2. Cálculos y análisis: La premisa para encontrar las relaciones entre los diámetros de las poleas y los números de dientes en los piñones es ocupar el menor espacio y peso posible, consecuentemente ahorrando la mayor cantidad de dinero en adquisición de elementos, sin comprometer la funcionalidad del equipos, así como la seguridad en general. Anteriormente se había mencionado que para sistemas de transmisión la empresa cuenta con un stock de piñones con 12 dientes, siendo que se debe colocar un piñón que tenga una cantidad mayor a esta, por catálogo de disponibilidad se escoge un piñón conducido p_c de 60 dientes para obtener un factor de reducción de 5. Estos piñones se encuentran normalizados según el catálogo de Dols system:

● Order No. Example

NK80B 20



- ChainNo.80
- Chain Pitch(P)25.4mm
- Roller Link Inner Width(W)15.88mm
- Roller Outside Diameter(Dr)15.88mm
- Tooth Width(T)14.6 mm

Ground Specification

Welded Specification

Type	No. of Teeth	Outer Diameter Do	Pitch Diameter Dp	Shaft Hole Diameter d			Boss Diameter BD	Boss Length BL	Shape	Material	Weight kg	¥	Semi-F ¥
				Standard	Minimum	Maximum							
	8	77	66.37	14	15	22	★49	40			0.70		
	9	85	74.27	14	15	35	★58	40		h m	0.87		
	10	93	82.19	15	16	32	52	40		High-re	1.02		
	11	102	90.16	15	16	38	60	40			1.25		
	12	110	98.14	15	16	45	67	40	Good		1.60		

Figura 62. Catálogo de piñón conductor [36]

Type	No. of Teeth	Outer Diameter Do	Pitch Diameter Dp	Shaft Hole Diameter d			Boss Diameter BD	Boss Length BL	Shape	Material	Weight kg	¥	Semi-F ¥
				Standard	Minimum	Maximum							
NK 80B	46	387	372.20	26	27	80	117	50	Welded Specification	Common Steel	15.30		
	47	395	380.28	26	27	80	117	50			15.70		
	48	403	388.36	26	27	80	117	50			15.80		
	50	419	404.52	26	27	80	117	50			17.65		
	52	435	420.68	26	27	80	117	50			18.70		
	53	443	428.76	26	27	80	117	50			19.30		
	54	451	436.84	26	27	80	117	50			20.00		
	55	459	444.92	26	27	80	117	50			20.60		
	56	468	453.00	26	27	80	117	50			21.30		
	58	484	469.16	26	27	80	117	50			22.55		
	59	492	477.24	26	27	80	117	50			22.50		
	60	500	485.33	26	27	80	117	50			23.10		
	65	540	525.73	26	27	89	127	63			29.40		

Figura 63. Catálogo de piñón conducido [36]

En donde para hallar el diámetro de la polea conducida dC se tiene que despejar a partir de las relaciones de transmisión de las tres secciones establecidas:

$$vf = \frac{pc}{pC} * \frac{1}{f} * \frac{dc * vi}{dC} \tag{81}$$

Despejando :

$$dC = \frac{pc}{pC} * \frac{1}{f} * \frac{dc * vi}{vf} \tag{82}$$

$$dC = \frac{12}{60} * \frac{1}{8,23} * \frac{100mm * 1728rpm}{11rpm} \tag{83}$$

$$dC = 381,75mm \tag{84}$$

Con este diámetro se debe buscar en el catálogo de poleas de la empresa Translink [37] cual es el valor más cercano:

Tabla XXIX
FACTOR DE CASQUILLO SEGÚN DIÁMETROS Y CANALES [8]

SPB		z							
dr	d	1	2	3	4	5	6	8	10
100	107.6								
112	119.6		1610						
118	125.6								
125	132.6								
132	139.6		2012						
140	147.6								
150	157.6								
160	167.6			2517					
170	177.6								
180	187.6								
190	197.6							3030	
200	207.6								3020
212	219.6								
224	231.6		2012						
236	243.6								
250	257.6								
280	287.6							3535	
315	322.6								
355	362.6								
400	407.6								
450	457.6								
500	507.6								4040
560	567.6								
630	637.6		3030						
710	717.6								
800	807.6								4545

Tabla XXX
MASA DE POLEAS SEGÚN DIÁMETRO Y FACTOR DE CASQUILLO [8]

Nº Pieza Part Nº Part No	dr	Z	Nº Casquillo Moyeu nº Bush No	ds	dz max.	L	Config. Polea Nº Config. Poulie Nº Pulley config No	K	dt	d	Peso (Kg.) Poids (kg.) Weight (kg.)
SPB 100 x 1	100	1	1610		42		1			107.6	0.91
SPB 100 x 2	100	2	1610		42	25	6	19	60	107.6	1.25
SPB 100 x 3	100	3	1610		42	25	6	38	57	107.6	1.95
SPB 100 x 4	100	4	1610		42	25	6	57	57	107.6	2.25
SPB 112 x 1	112	1	1610		42		1			119.6	1.15
SPB 112 x 2	112	2	1610		42	25	6		69	119.6	1.68
SPB 112 x 3	112	3	1610		42	25	6	57	69	119.6	2.25
SPB 112 x 4	112	4	1610		42	25	6		69	119.6	2.79
SPB 118 x 1	118	1	1610		42		1			125.6	1.45
SPB 355 x 2	355	2	3020	155	75	51	8	0	312	362.6	15.12
SPB 355 x 3	355	3	3020	155	75	51	7	6	312	362.6	17.23
SPB 355 x 4	355	4	3535	175	90	89	8	0	312	362.6	23.13
SPB 355 x 5	355	5	3535	175	90	89	7	6	312	362.6	28.87
SPB 355 x 6	355	6	3535	175	90	89	7	15.5	312	362.6	28.35
SPB 355 x 8	355	8	3535	175	90	89	7	34.5	312	362.6	34.06
SPB 355 x 10	355	10	4040	210	100	102	7	47	310	362.6	47.70
SPB 400 x 2	400	2	3020	155	75	51	8	0	357	407.6	18.73
SPB 400 x 3	400	3	3535	175	90	89	8	0	357	407.6	19.85
SPB 400 x 4	400	4	3535	175	90	89	8	0	357	407.6	29.60
SPB 400 x 5	400	5	3535	175	90	89	7	6	357	407.6	30.00
SPB 400 x 6	400	6	3535	175	90	89	7	15.5	357	407.6	32.12
SPB 400 x 8	400	8	4040	210	100	102	7	28	357	407.6	37.08
SPB 400 x 10	400	10	4040	210	100	102	7	47	357	407.6	54.62
SPB 450 x 2	450	2	3020	155	75	51	10	0	407	457.6	16.90
SPB 450 x 3	450	3	3535	175	90	89	10	0	407	457.6	24.95

Tabla XXXI
MASA DE CASQUILLOS [8]

TIPO BUSSOLA MOYEUR TYPE TYPE OF BUSH	COD.	FORO IN mm (ISO E 8) ALESAGES EN mm (ISO E 8) BORES IN mm (ISO E 8)																	S	PESO POIDS WEIGHT Kg				
1008	BU 1008M	9	10	11	12	14	16	18	19	20	22	24	25	28*									22,3	0,16
1210	BU 1210M	11	12	14	16	18	19	20	22	24	25	28	30	32									25,4	0,32
1610	BU 1610M	14	16	18	19	20	22	24	25	28	30	32	35	38	40*	42*							25,4	0,41
1615	BU 1615M	14	16	18	19	20	22	24	25	28	30	32	35	38	40*	42*							38,1	0,60
2012	BU 2012M	14	16	18	19	20	22	24	25	28	30	32	35	38	40	42	45	48	50*				31,8	0,75
2517	BU 2517M	16	18	19	20	22	24	25	28	30	32	35	38	40	42	45	48	50	55	60			44,5	1,06
3020	BU 3020M	25	28	30	32	35	38	40	42	45	48	50	55	60	65	70	75						50,8	2,50
3030	BU 3030M	35	38	40	42	45	48	50	55	60	65	70	75										76,2	3,75
3535	BU 3535M	35	38	40	42	45	48	50	55	60	65	70	75	80	85	90*							88,9	5,13
4040	BU 4040M	40	42	45	48	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100*							101,6	7,68
5050	BU 5050M	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125										127,0	15,17

El valor más cercano para el diámetro de la polea conducida es de 400mm considerando que ambas deben llevar dos canales para trabajar con la configuración de bandas disponibles. Con esto se recalcula la ecuación 81 de la velocidad final para verificar el requisito de la empresa.

$$vf = 11,21rpm \quad (85)$$

Efectivamente la velocidad se encuentra dentro del parámetro solicitado por lo que se procede a calcular la potencia que requiere el sistema. Para calcular la potencia del sistema se debe determinar el torque necesario para poner en funcionamiento el plato granulador y sus componentes rotatorios. El torque se expresa como:

$$T = I\alpha \quad (86)$$

En donde:

- I= Momento de inercia.
- α = Aceleración angular.

Para determinar el momento de inercia se consideran los elementos como discos sólidos y que el tiempo en el que se debe alcanzar la condición de trabajo no supere 1 segundo. El momento de inercia para un disco sólido se define con la siguiente fórmula:

$$I = \frac{1}{2}mr^2 \quad (87)$$

En donde:

- m= Masa.
- r= Radio.

Para la masa total de las poleas se considera la masa de la polea más el casquillo. De las respectivas tablas se definen los siguientes valores:

Tabla XXXII
MAGNITUDES PARA CÁLCULO DE MOMENTO DE INERCIA [8]

Elemento	Masa	Radio
Piñón conductor	1,60 kg	0,0491 m
Piñón conducido	23,10 kg	0,2427 m
Polea conductora	1,66 kg	0,0538 m
Polea conducida	21,23 kg	0,2038 m

Y con esto se procede a calcular los momentos de inercia utilizando la fórmula 87:

- Polea conductora= $2,40 \times 10^{-3} \frac{kg}{m^2}$
- Polea conducida= $4,41 \times 10^{-1} \frac{kg}{m^2}$
- Piñón conductor= $1,93 \times 10^{-3} \frac{kg}{m^2}$
- Piñón conducido= $6,80 \times 10^{-1} \frac{kg}{m^2}$

En el caso del plato se considera el momento de inercia según los cálculos del programa Solidworks:

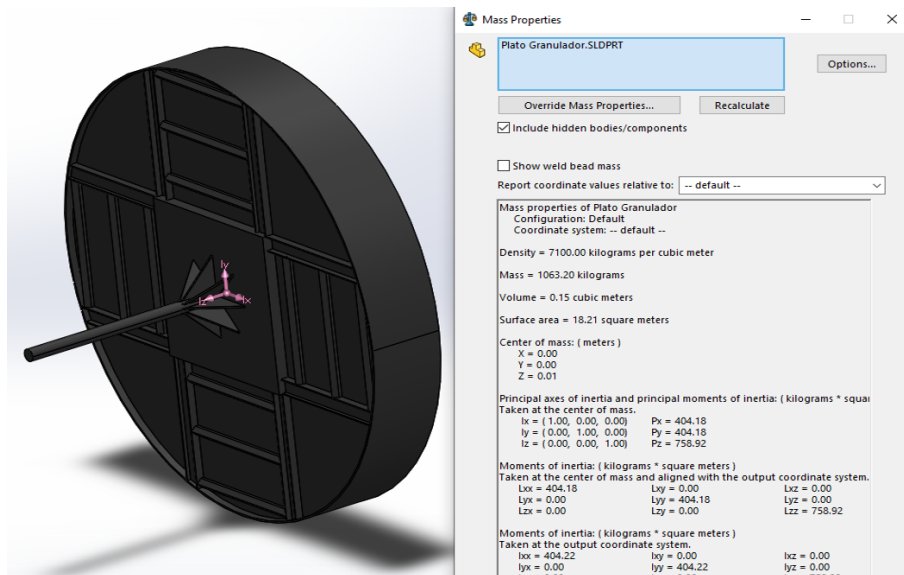


Figura 64. Cálculos de momento de inercia en Solidworks [8]

En donde:

- Plato= $758,92 \frac{kg}{m^2}$

Para determinar la aceleración angular se de cada elemento se utiliza la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{w_f - w_o}{t} \quad (88)$$

- w_f = Velocidad angular final de trabajo del elemento.
- w_o = Velocidad angular inicial de trabajo del elemento.
- t = Tiempo en el que se alcanza la condición de trabajo

En este caso la velocidad angular inicial de cada elemento es 0 dado que se parte del reposo, y anteriormente se establece que el tiempo para alcanzar la condición de trabajo es de 1 segundo. Para

la velocidad angular final se consideran las relaciones de transmisión de cada sección y se determina para cada elemento. Considerando que la velocidad final del plato es la misma del piñón conducido.

- Polea conductora= $180,96 \frac{rad}{s^2}$
- Polea conducida= $47,77 \frac{rad}{s^2}$
- Piñón conductor= $5,80 \frac{rad}{s^2}$
- Piñón conducido= $1,17 \frac{rad}{s^2}$
- Plato= $1,17 \frac{rad}{s^2}$

Usando la ecuación 86 se obtienen los valores:

- Polea conductora= $0,4334 Nm$
- Polea conducida= $21,056 Nm$
- Piñón conductor= $0,0112 Nm$
- Piñón conducido= $0,7983 Nm$
- Plato= $890,7494 Nm$

Una vez obtenido el torque necesario para el movimiento se puede determinar la potencia mínima del motor requerida con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{T * n}{\frac{60}{2} \pi} \quad (89)$$

En donde las rpm de cada elemento son:

- Polea conductora= 1728 rpm
- Polea conducida= 456,16 rpm
- Piñón conductor= 55,43 rpm
- Piñón conducido= 11,21 rpm
- Plato= 11,21 rpm

Reemplazando de la ecuación 89 se tienen las siguientes potencias requeridas:

- Polea conductora= 78,42 W
- Polea conducida= 0,52 W
- Piñón conductor= 0,06 W
- Piñón conducido= 0,94 W
- Plato= 1045,40 W

En estos cálculos se desprecia la fricción de los rodamientos, por lo que la potencia requerida por el sistema es:

$$\sum P = 1125,36 W \quad (90)$$

$$P = 1,125 kW \quad (91)$$

Efectivamente la potencia otorgada por el motor recomendado es suficiente para darle movimiento al sistema.

V-F3. Diseño CAD: En el caso del motorreductor se tiene un plano que agiliza la parte del diseño CAD así como una ficha técnica con el factor de reducción que tiene.

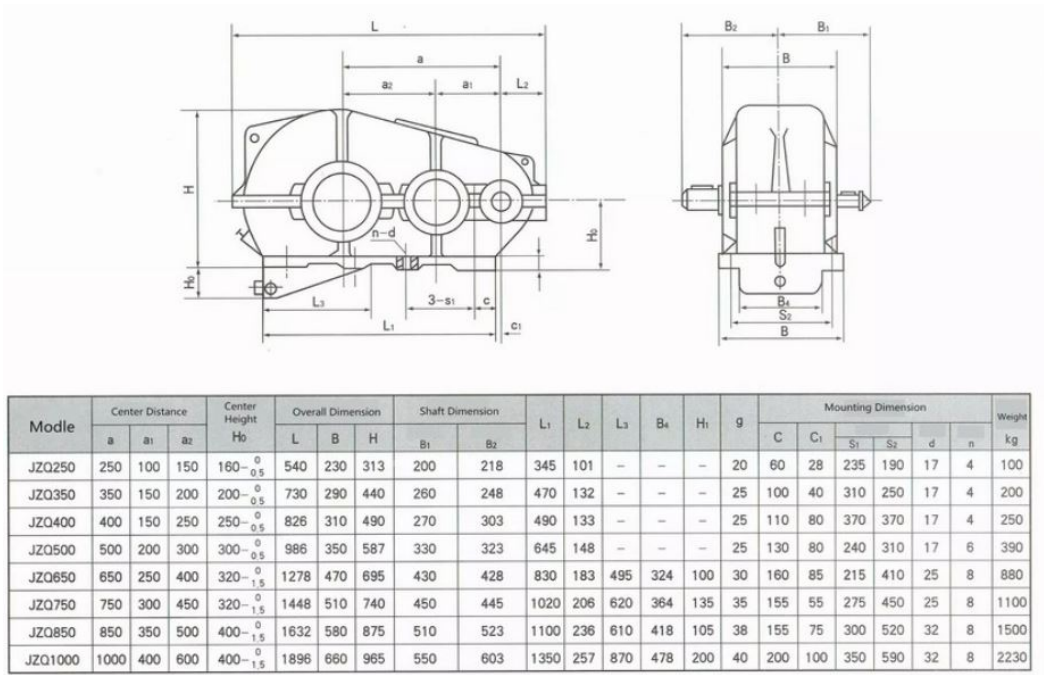


Figura 65. Plano del motorreductor [23]



Figura 66. Unidad actual vista trasera [8]

Se propone un rediseño en el cual los elementos tengan una mejor disposición para su mantenimiento adecuado. Además como el plato granulador se encuentra encima de una base de concreto se debe comprobar con los valores obtenidos de Soldiworks si las reacciones sobre los puntos de apoyo en la armadura son inferiores a las que puede soportar la base para garantizar la estabilidad del sistema.

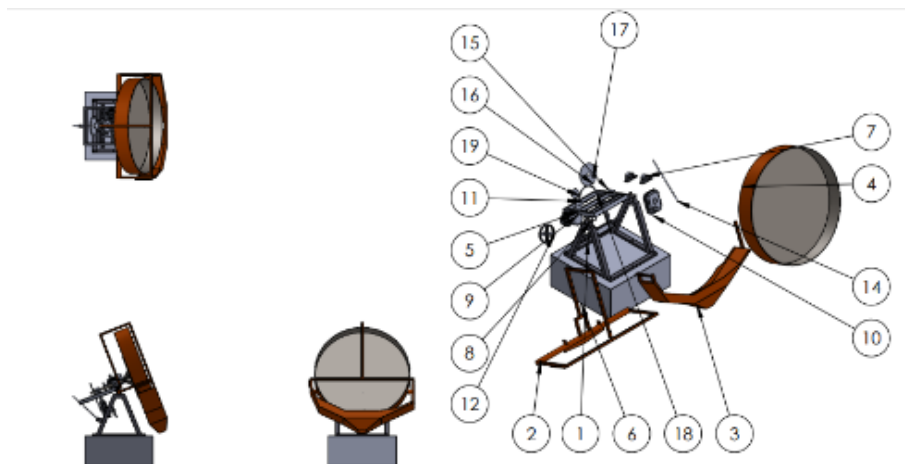


Figura 67. Despiece tolva de alimentación [8]

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Plato estructura	1
2	Plato armadura	1
3	Tolva de descarga	1
4	Plato	1
5	Base motor	1
6	Plato base de concreto	1
7	Chumacera	2
8	Perno alargado	4
9	Motor plato	1
10	Motorreductor plato	1
11	Polea conductora	2
12	Polea conducida	1
13	Perno barra roscada	2
14	Barra roscada	1
15	Eje de motor	1
16	Piñón conducido	1
17	Piñón conductor	1
18	Cadena piñón 1	38
19	Cadena piñón 2	38
20	Banda	1
21	Motor placa base	1

Figura 68. Lista de elementos tolva de alimentación [8]

V-F4. Análisis estático: Debido a los cambios en la disposición del sistema de transmisión se debe comprobar con un análisis estático que las fuerzas que ocurren a lo largo de toda la estructura del plato granulador estén equilibradas para asegurar la estabilidad e integridad del conjunto. Para este análisis se utilizan los datos obtenidos del ensamble realizado en Solidworks como las masas y los

centros de gravedad de los grupos de elementos principales que conforman el equipo. Se debe realizar primero los cálculos de los elementos que están unidos a la estructura de soporte que pivotean sobre la base principal. A continuación se indican los conjuntos con su respectiva imagen:

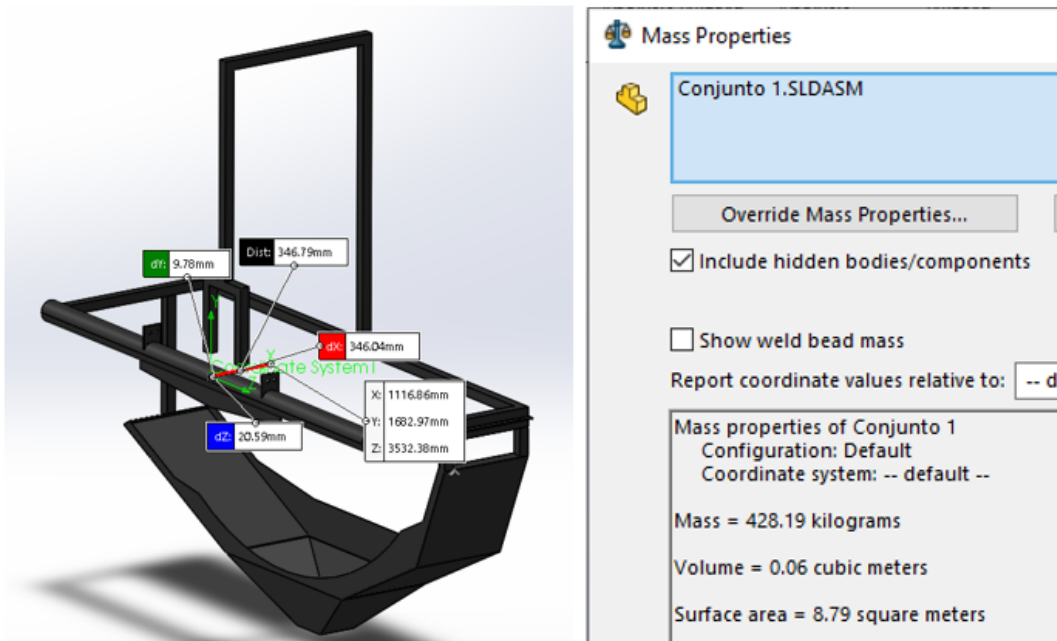


Figura 69. Conjunto 1 [8]

Para este conjunto se toma como referencia el centro geométrico del eje principal.

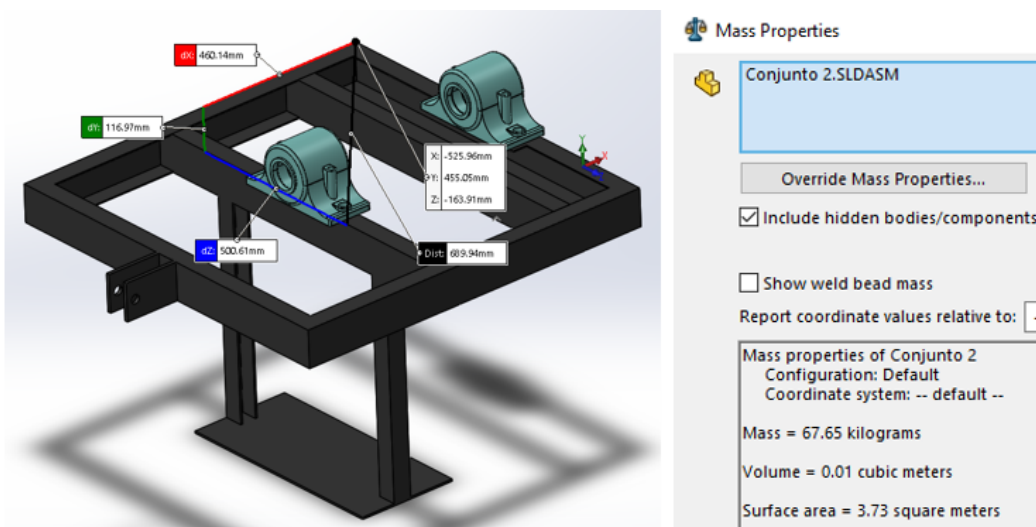


Figura 70. Conjunto 2 [8]

Para este conjunto se toma como referencia el punto extremo superior del lado donde va unido al conjunto 1.

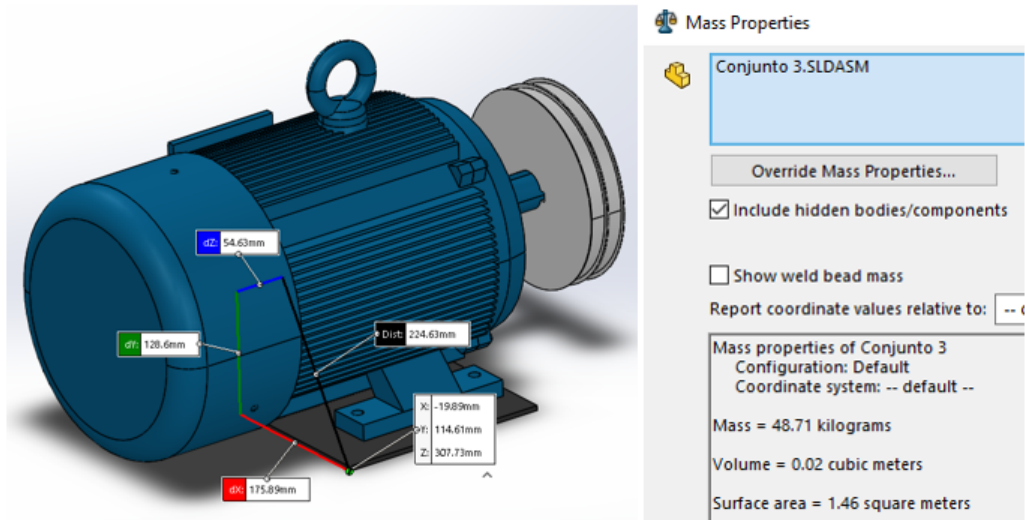


Figura 71. Conjunto 3 [8]

Para este conjunto se toma como referencia el vértice inferior coincidente con el punto de referencia del conjunto 2.

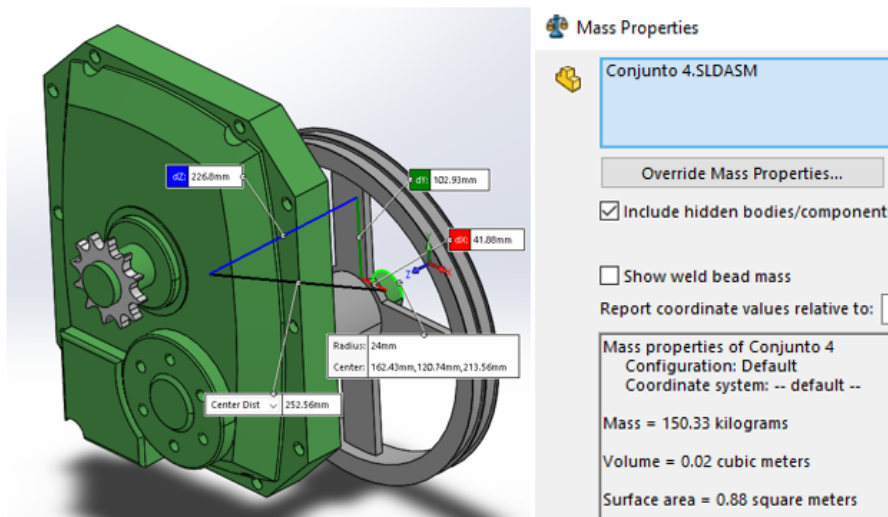


Figura 72. Conjunto 4 [8]

Para este conjunto se toma como referencia el centro del eje de rotación a la entrada del reductor, en el extremo.

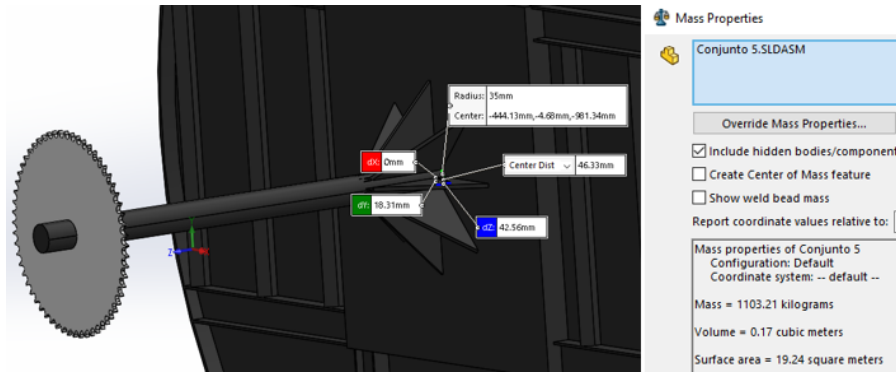


Figura 73. Conjunto 5 [8]

Para este conjunto se toma como referencia el punto de intersección entre el centro del eje de rotación y la plancha posterior al plato.

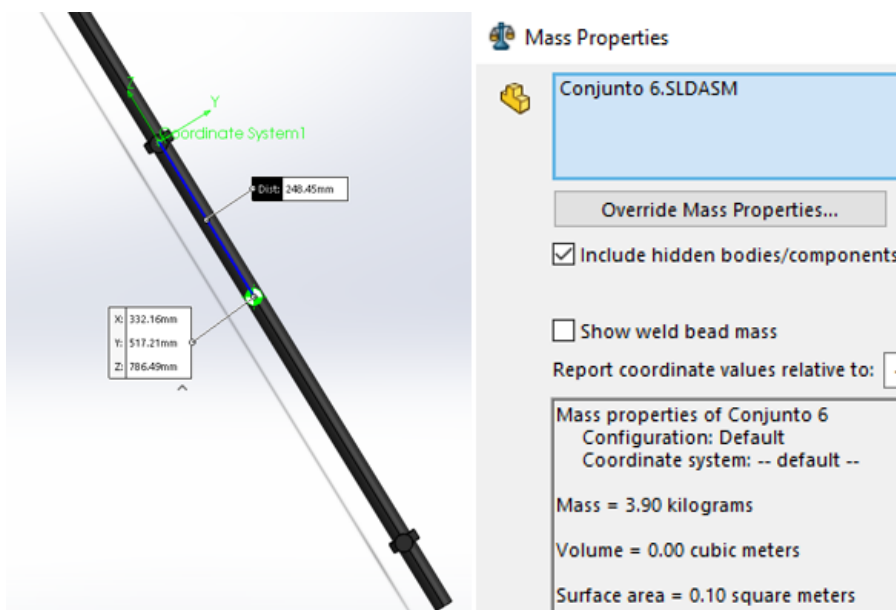


Figura 74. Conjunto 6 [8]

Para este conjunto se toma como referencia el centroide de la tuerca que sujeta la barra en el conjunto 2. Con los centros de masa de cada conjunto y los puntos de referencia definidos, se procede a ubicarlos en un esquema referencial con ayuda de SolidWorks, el cual sirve para elaborar el Diagrama de Cuerpo Libre.

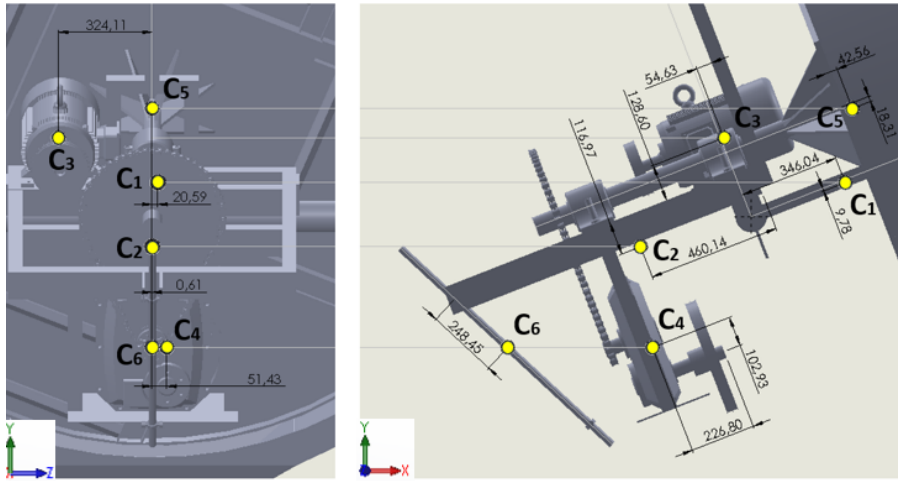


Figura 75. Esquema referencial de la ubicación de los centros de masa de cada conjunto [8]

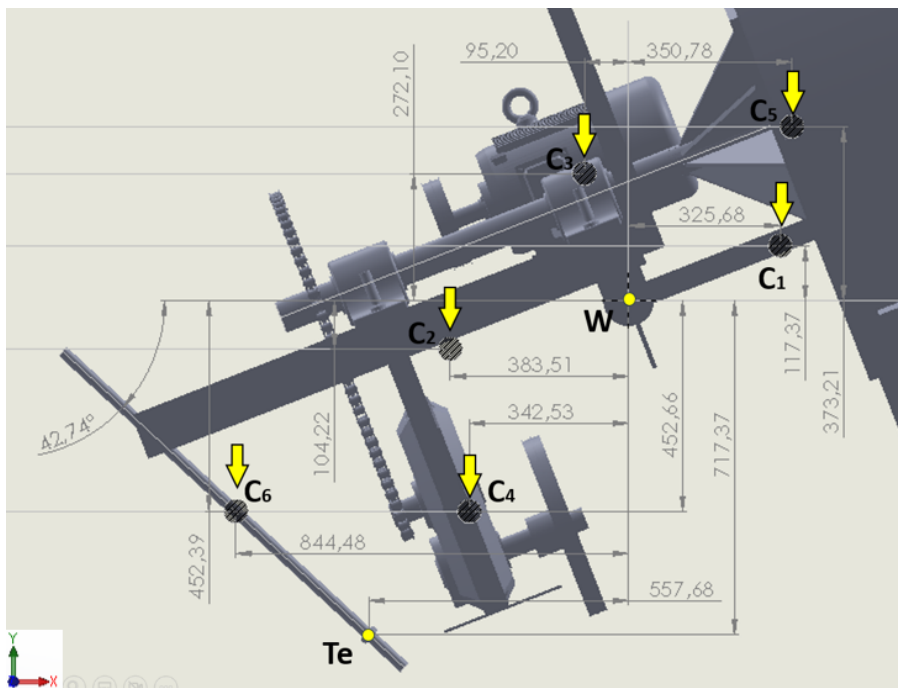


Figura 76. Diagrama de Cuerpo Libre de parte superior del Sistema Granulador [8]

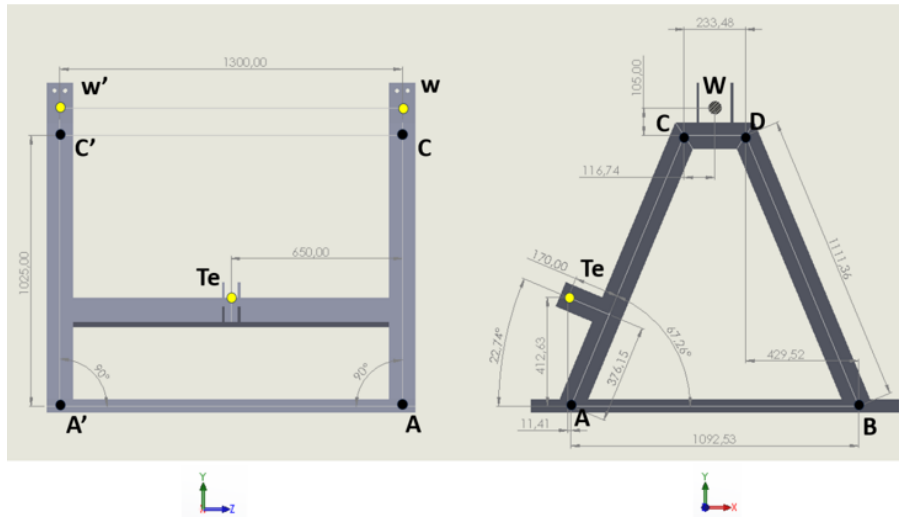


Figura 77. Diagrama de Cuerpo Libre de parte inferior del Sistema Granulador [8]

De acuerdo a las magnitudes obtenidas de Solidworks se construye la siguiente tabla:

Tabla XXXIII
CONJUNTOS CON RESPECTIVAS MASAS Y DISTANCIAS [8]

Conjunto	Masa (Kg)	Distancia en X (mm)	Distancia en Y (mm)	Distancia en Z (mm)
1	428,19	325,68	117,37	20,59
2	67,65	-383,51	-104,22	0,61
3	48,71	-95,2	272,1	-324,11
4	150,33	-342,53	-452,66	51,43
5	1103,21	350,78	373,21	0
6	3,9	-844,48	-452,39	0

En donde se tiene las siguientes consideraciones:

- Inclinación de barra roscada $\theta_1 = -42,74$ respecto al eje X.
- Todas las reacciones se asumen positivas en el mismo sentido de los ejes de referencia.
- Las reacciones se analizan sobre el eje principal que pivotea sobre la armadura de soporte y en dirección de la barra roscada.
- No hay fuerzas aplicadas sobre el eje Z.
- El peso se distribuye entre dos puntos de apoyo, por lo tanto la reacción $\vec{W} = \vec{w} + \vec{w}'$

Por condición de equilibrio estático se define la siguiente ecuación en x :

$$\sum F_x = 0 \quad (92)$$

En donde:

$$Te_X + W_X = 0 \quad (93)$$

$$Te \cos(\theta_1) + W_X = 0 \quad (94)$$

$$W_X + W'_X = -Te \cos(\theta_1) \quad (95)$$

En donde a la ecuación 95 se la define como *Ec1* para el sistema de ecuaciones que se realiza. Por condición de equilibrio estático se define la siguiente ecuación en y :

$$\sum Fy = 0 \quad (96)$$

En donde:

$$Te_Y + W_Y + \left(-\sum_{i=1}^6 m_i g \right) = 0 \quad (97)$$

$$Te \sin(\theta_1) + (W_Y + W'_Y) - \left(-\sum_{i=1}^6 m_i g \right) = 0 \quad (98)$$

$$W_Y = \left(\sum_{i=1}^6 m_i g \right) - Te \sin(\theta_1) - W'_Y \quad (99)$$

En donde a la ecuación 99 se la define como *Ec2*. Por condición de equilibrio estático se define la siguiente ecuación en z :

$$\sum Fz = 0 \quad (100)$$

En donde:

$$Te_Z + W_Z + W'_Z = 0 \quad (101)$$

$$Te_Z = 0 ; W_Z = -W'_Z \quad (102)$$

Donde la única manera que se cumpla la ecuación 102 es que $W_Z = -W'_Z = 0$. Para la sumatoria de momentos en x se tiene la siguiente ecuación:

$$\sum M_X = 0 \quad (103)$$

En donde:

$$-W'_Y * \left(\frac{-0, 130}{2} \right) - W_Y * \left(\frac{0, 130}{2} \right) - \left(\sum_{i=1}^6 m_i g d_{Z,i} \right) = 0 \quad (104)$$

$$W'_Y = - \left(\frac{2}{0, 130} \right) \left(\sum_{i=1}^6 m_i g d_{Z,i} \right) + W_Y \quad (105)$$

En donde a la ecuación 105 se la define como *Ec3*. Para la sumatoria de momentos en y se tiene la siguiente ecuación:

$$\sum M_Y = 0; \quad (106)$$

En donde:

$$W_X * \left(\frac{0, 130}{2} \right) + W'_X * \left(\frac{-0, 130}{2} \right) = 0 \quad (107)$$

$$W_X = W'_X \quad (108)$$

En donde a la ecuación 108 se la define como *Ec4*. Para la sumatoria de momentos en z se tiene la siguiente ecuación:

$$\sum M_Z = 0 \quad (109)$$

En donde:

$$-Te_X * d_{Te,Y} + Te_Y * d_{Te,X} + \left(\sum_{i=1}^6 m_i g d_{X,i} \right) = 0 \quad (110)$$

$$-Te \cos(\theta_1) * d_{Te_1Y} + Te \sin(\theta_1) * d_{Te_1X} = \left(\sum_{i=1}^6 m_i g d_{X,i} \right) \quad (111)$$

$$Te * (-\cos(\theta_1) * d_{Te,Y} + \sin(\theta_1) * d_{Te,X}) = \left(\sum_{i=1}^6 m_i g d_{X,i} \right) \quad (112)$$

$$Te = \left(\frac{g}{-\cos(\theta_1) * d_{Te,X} + \sin(\theta_1) * d_{Te,X}} \right) \left(\sum_{i=1}^6 m_i g d_{X,i} \right) \quad (113)$$

$$Te = \left(\frac{9,81}{-\cos(\theta_1) * (-0,71737) + \sin(\theta_1) * (0,55768)} \right) \left(\sum_{i=1}^6 m_i g d_{X,i} \right) \quad (114)$$

Se obtiene:

$$Te = 4779,26 \text{ N} \quad (115)$$

Introduciendo la Ec4 en la Ec1:

$$W_X + W'_X = -Te \cos(\theta_1) \quad (116)$$

$$W_X = W'_X = -\frac{(4779,26 \text{ N}) \cos(\theta_1)}{2} \quad (117)$$

$$W_X = W'_X = -1755,04 \text{ N} \quad (118)$$

Introduciendo la Ec3 en la Ec2:

$$W_Y = \left(\sum_{i=1}^6 m_i g \right) - Te \sin(\theta_1) - W'_Y \quad (119)$$

$$W_Y = \left(\sum_{i=1}^6 m_i g \right) - Te \sin(\theta_1) + \left(\frac{2}{0,130} \right) \left(\sum_{i=1}^6 m_i g d_{Z,i} \right) - W_Y \quad (120)$$

$$W_Y = \left(\frac{g}{2} \right) \left(\sum_{i=1}^6 m_i \right) - \frac{Te \sin(\theta_1)}{2} + \left(\frac{g}{0,130} \right) \left(\sum_{i=1}^6 m_i g d_{Z,i} \right) \quad (121)$$

En donde a la ecuación 121 se la define como Ec5. Y resolviendo esta ecuación se tiene:

$$W_Y = 10521,04 \text{ N} \quad (122)$$

$$W'_Y = 10400,04 \text{ N} \quad (123)$$

Obteniendo así todas las fuerzas y reacciones en el sistema que actúan sobre la armadura de soporte. Para el análisis inferior del sistema se hacen las siguientes consideraciones:

- Las reacciones calculadas anteriormente pasan a ser fuerzas aplicadas sobre este sistema y su signo se invierte.
- Se analizan las reacciones en los puntos A y B.
- Se analizará la armadura como un sistema de dos dimensiones en el plano XY de la figura 77

$$W_X = -(W_X + W'_X) \quad ; \quad W_Y = -(W_Y + W'_Y) \quad (124)$$

$$Te_X = -Te \cos(\theta_1) \quad ; \quad Te_Y = -Te \sin(\theta_1) \quad (125)$$

$$R_{AX} = A_X + A'_X \quad ; \quad R_{AY} = A_Y + A'_Y \quad (126)$$

$$R_{B,X} = B_X + B'_X \quad ; \quad R_{B,Y} = B_Y + B'_Y \quad (127)$$

Y se separa la estructura en tres elementos:

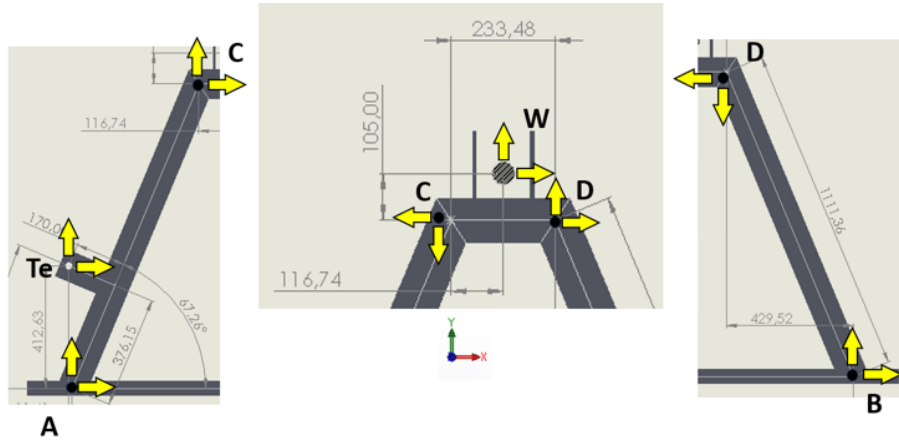


Figura 78. Separación de la estructura en eslabones [8]

Donde los eslabones están designados como barra AC , barra CD , y barra BD . En cada eslabón se cumple que la sumatoria de fuerzas en x y y es 0, así como la sumatoria de momentos también es 0. Para la barra AC las sumatorias de fuerzas en x se dan como:

$$R_{A,X} + Te_X + C_X = 0 \quad (128)$$

$$R_{A,X} = -C_X - Te_X \quad (129)$$

En donde a la ecuación 129 se la define como $Ec6$.

Para la barra CD la sumatoria de fuerzas en x se dan como:

$$-C_X + D_X + W_X = 0 \quad (130)$$

$$C_X = W_X + D_X \quad (131)$$

En donde a la ecuación 131 se la define como $Ec7$.

Para la barra DB la sumatoria de fuerzas en x se dan como:

$$-D_X + R_{B,X} = 0 \quad (132)$$

$$D_X = R_{B,X} \quad (133)$$

En donde a la ecuación 133 se la define como $Ec8$.

Para la barra AC la sumatoria de fuerzas en y se dan como:

$$R_{A,Y} + Te_Y + C_Y = 0 \quad (134)$$

$$R_{A,Y} = -C_Y - Te_Y \quad (135)$$

En donde a la ecuación 135 se la define como $Ec9$.

Para la barra CD la sumatoria de fuerzas en y se dan como:

$$-C_Y + D_Y + W_Y = 0 \quad (136)$$

$$C_Y = W_Y + D_Y \quad (137)$$

En donde a la ecuación 137 se la define como $Ec10$. Para la barra BD la sumatoria de fuerzas en y se dan como:

$$-D_Y + R_{B,Y} = 0 \quad (138)$$

$$D_Y = R_{B,Y} \quad (139)$$

En donde a la ecuación 144 se la define como $Ec11$. Para la barra CD la sumatoria de momentos se da como:

$$W_Y * \frac{L_{CD}}{2} - W_X * (0, 105) + D_Y * L_{CD} = 0 \quad (140)$$

$$D_Y = -\frac{W_Y}{2} + W_X * \left(\frac{0, 105}{0, 23348} \right) \quad (141)$$

$$D_Y = 12039, 08 \text{ N} \quad (142)$$

Para la barra BD la sumatoria de momentos se da como:

$$R_{B,Y} * L_{BD,X} - R_{B,X} * L_{BD,Y} = 0 \quad (143)$$

$$R_{B,Y} * (0, 43592m) - R_{B,X}(-1, 025m) = 0 \quad (144)$$

$$R_{B,X} = -R_{B,Y} * (0, 41902m) \quad (145)$$

En donde a la ecuación 145 se la define como $Ec12$.

Reemplazando D_Y en $Ec11$ se tiene:

$$R_{B,Y} = 12039, 08 \text{ N} \quad (146)$$

Reemplazando este resultado en $Ec12$ se tiene:

$$R_{B,X} = -5044, 62 \text{ N} \quad (147)$$

Reemplazando D_Y en $Ec10$ se tiene:

$$R_{A,Y} = 5638, 44 \text{ N} \quad (148)$$

Reemplazando este resultado en $Ec9$ se tiene:

$$R_{A,Y} = 5638, 44 \text{ N} \quad (149)$$

Reemplazando la $Ec8$ en la $Ec7$ se tiene:

$$C_X = -1534, 53 \text{ N} \quad (150)$$

Reemplazando este resultado en $Ec6$ se tiene:

$$R_{A,X} = -5044, 62 \text{ N} \quad (151)$$

Obteniendo así todas las reacciones sobre los puntos de apoyo de la armadura.

Por último para comprobar la estabilidad del sistema se considera los datos obtenidos del análisis de la parte superior con el signo contrario porque este análisis es realizado desde la perspectiva de la base de concreto, por lo que actúan como reacciones sobre el mismo. También se desprecia el peso de la estructura de soporte porque su centro de gravedad está ubicado sobre el centro de gravedad de la base. Finalmente se trasladan las fuerzas al punto de análisis W , el cual se ubica también sobre el centro de gravedad del bloque, por lo que no existen momentos que analizar, y solo hay sumatoria de fuerzas. Los valores son:

- $W_X = -3510,08 \text{ N}$
- $W_Y = 20931,07 \text{ N}$
- $T_{eY} = 3510,08 \text{ N}$
- $T_{eX} = 3243,55 \text{ N}$

Con el propósito de hallar el peso ejercido sobre el bloque en el eje Y establecido como WB_Y . En donde la sumatoria de fuerzas en X están en equilibrio estático al tener la misma magnitud en sentido contrario.

$$W_X + T_{eX} = 0 \quad (152)$$

Y la sumatoria de fuerzas en Y se la define como:

$$W_Y + T_{eY} + WB_Y = 0 \quad (153)$$

$$WB_Y = -W_Y - T_{eY} \quad (154)$$

$$WB_Y = -20921,07 \text{ N} - 3243,55 \text{ N} \quad (155)$$

$$WB_Y = -24164,6 \text{ N} \quad (156)$$

La fuerza $WB_Y = -24164,6 \text{ N}$ es generada en el sentido negativo del eje Y por lo que para hallar la masa mínima requerida MB del bloque se divide para el factor de gravedad incluido en el peso.

$$WB_Y = MB * g \quad (157)$$

$$MB = 2463,26 \text{ kg} \quad (158)$$

Considerando la densidad del cemento como $2950 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ según un análisis realizado por Universidad Técnica de Ambato:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA	
Análisis comparativo de la edad vs la Resistencia a la Compresión del Hormigón elaborado con diferentes marcas de cementos portland.			
Origen: Cemento Holcim		Fecha: 03/03/2016	
Realizado por: Egda. Lorena Martínez		Sitio de ensayo: Laboratorios Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica	
DENSIDAD REAL DEL CEMENTO HOLCIM			
Norma:	NTE INEN 156		
PROCESO	DATOS		UNIDAD
Masa del picnómetro	152.70	151.20	gr
Masa del picnómetro + muestra	434.50	434.30	gr
Masa del picnómetro + muestra + gasolina	730.10	729.50	gr
Masa gasolina añadida	295.60	295.20	gr
Masa picnómetro + 500 cc de gasolina	518.10	516.80	gr
Masa de 500 cc de gasolina	365.40	365.60	gr
Densidad de la gasolina	0.73	0.73	gr/cm3
Masa de la gasolina desalojada por la muestra	69.80	70.40	gr
Masa del cemento	281.80	283.10	gr
Volumen de la gasolina desalojada	95.51	96.28	cm3
Densidad real del cemento	2.95	2.94	gr/cm3
Densidad real promedio	2.95		gr/cm3

Figura 79. Separación de la estructura en eslabones [28]

Se procede a calcular el volumen mínimo requerido para la base siendo:

$$V = \frac{2463,26 \text{ kg}}{2950 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \quad (159)$$

$$V = 0,835 \text{ m}^3 \quad (160)$$

Comprobando con las medidas otorgadas por la empresa para la base de cemento siendo de 1800 x 1800 x 800mm, se obtiene un volumen de $V = 2,592 \text{ m}^3$ asegurando así la estabilidad del sistema y la seguridad del personal que trabaja en esta área.

V-F5. Implementación de platos granuladores: La empresa se encarga de la obra civil que contempla la construcción de la base de concreto en donde irán montados los platos granuladores.



Figura 80. Construcción de base de concreto por parte de la empresa [8]

Para los platos granuladores se empieza cortando las planchas para la sección plana del plato así como los puntos de soporte en la parte posterior.



Figura 81. Corte de planchas para plato granulador [8]

Se enrolla la parte curva que rodea la sección plana, y se la termina de unir con un cordón de soldadura.



Figura 82. Parte curva del plato unida [8]

Se incorpora el eje que da movimiento al plato, así como puntos de apoyo en la parte posterior para evitar deformación.



Figura 83. Inserción de eje motriz plato granulador.

Implementación de caja reductora presentada en el análisis de transmisión.



Figura 84. Caja reductora plato granulador colocada [8]

Puesta de sistema de poleas con bandas calculadas en el análisis de transmisión.



Figura 85. Sistema de poleas colocado [8]

Colocación de motor eléctrico trifásico para generar movimiento en el sistema de granulación.



Figura 86. Base de motor plato granulador implementado [8]

V-G. Banda de salida

La banda de salida tiene la funcionalidad de llevar el material que sale de los tres platos en serie hasta la banda del secador. La implementación de esta banda es de igual manera que la banda alimentadora, siendo que utiliza los mismos elementos, para facilitar los cambios de partes por horas de uso además del mantenimiento.

V-G1. Esquematización: La posición de esta banda es de manera horizontal, siguiendo los parámetros y magnitudes establecidos en la tabla III con la diferencia que no existe una altura entre centro de tambores, y la distancia en x se establece en $9,00m$. cl

V-G2. Cálculos y análisis: Para encontrar su potencia se debe utilizar la ecuación 11 y seguir el mismo procedimiento usado en la sección "banda alimentadora" del catálogo [21]. Estableciendo las magnitudes:

Tabla XXXIV
PARÁMETROS BANDA DE SALIDA [6]

Parámetro	Magnitud
x	9,00 m
rpm	1692
f	0,05
B	5,00 $\frac{kg}{m}$
b	0,50m
at	0,60 m
dt	0,25 m
pc	12 dientes
dr	38 mm
lr	315 mm
C	2,4 $\frac{t}{h}$

Donde la longitud efectiva L está dada como la distancia en x y la única magnitud de la tabla XII que se procede a calcular es Q dado que como la distancia de la banda es mayor, se encuentran más unidades de rodillos tanto en la parte inferior como superior. Manteniendo las mismas relaciones para la cantidad de rodillos según la longitud efectiva de la banda, en la parte superior se colocan 34 rodillos, y en la parte inferior 16. Por lo que se obtienen las siguientes masas:

$$Wt = 0,095kg \quad (161)$$

$$Wr = 0,045kg \quad (162)$$

y los espacios entre los rodillos:

$$S_1 = 0,51m \quad (163)$$

$$S_1 = 1,09m \quad (164)$$

En donde reemplazando de la ecuación 37 se obtiene:

$$Q = 10,27 \frac{kg}{m} \quad (165)$$

Reemplazando estas dos magnitudes y manteniendo las demás de la tabla XII se tiene:

Tabla XXXV
PARÁMETROS BANDA DE SALIDA [6]

Parámetro	Magnitud
Fe	0,02
L	9,00 m
tf	60 m
C	$2,4 \frac{t}{h}$
Q	$10,27 \frac{kg}{m}$
S	$0,6 \frac{m}{s}$
K	0,64

Reemplazando de la ecuación 11 se obtiene la potencia teórica:

$$P = 0,14kW \quad (166)$$

Haciendo referencia a la tabla VII con la eficiencia de mecanismos de reducción la potencia real obtenida es:

$$P = 0,323kW \quad (167)$$

$$P = 0,433HP \quad (168)$$

Por catálogo de valores estandarizados se elige una potencia de $0,75HP$

V-G3. Diseño CAD: Para este último diseño se realiza de igual manera que la banda alimentadora, con la diferencia que tiene una mayor longitud, es completamente horizontal y elementos como los rodillos se encuentran en mayor cantidad.

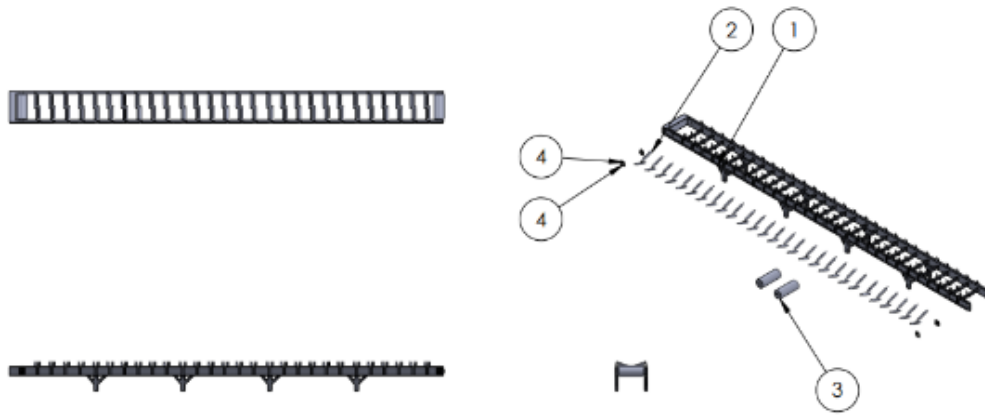


Figura 87. Despiece tolva de alimentación [6]

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Banda de salida bastidor	1
2	Rodillo de bandas	50
3	Tambor bandas	2
4	SKF_UCF 208-24	4

Figura 88. Lista de elementos tolva de alimentación [6]

V-G4. Implementación banda de salida: La banda de salida es la última parte en la línea de producción que se repotenció. Se inicia realizando los soportes del bastidor que deben soportar los demás elementos como tambores y rodillos.



Figura 89. Construcción bastidor banda de salida [6]

Se ubica la banda de salida en función del área de descarga del material que sale de los platos granuladores.



Figura 90. Banda de salida colocada [6]

Se ajusta la banda y se acoplan los elementos de su sistema de transmisión.



Figura 91. Ajustes banda de salida [6]

V-H. Tableros eléctricos

El tablero eléctrico se diseña en base a la funcionalidad del tablero previamente existente, que es denominado como *Tablero B* mientras que para el nuevo se lo denomina como *Tablero A*



Figura 92. Tablero B por fuera [9]

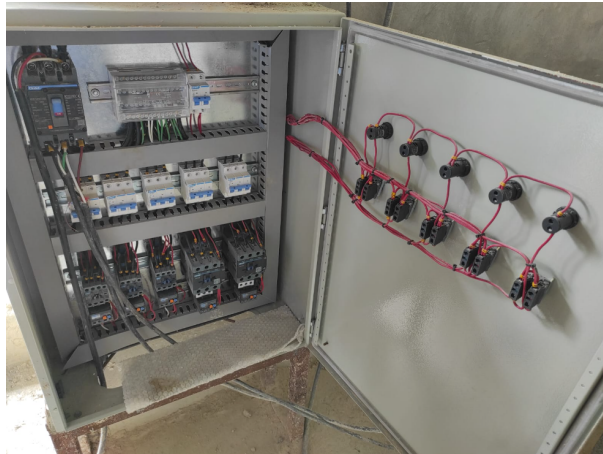


Figura 93. Tablero B por dentro [9]

En donde su función principal es de dar marcha y paro a los procesos de manera independiente y segura. Se parte de los motores elegidos según los cálculos realizados, recopilando se tiene:

- Tolva de alimentación= 1x 0,5HP
- Banda alimentadora= 1x 0,5HP
- Elevador de cangilones= 1x 1HP
- Tolva dosificadora= 3x 0,5HP
- Plato granulador= 3x 7,5HP
- Banda de salida= 1x 0,75HP

Y considerando que todos estos motores funcionan bajo las siguientes condiciones:

- Voltaje= 220v
- Frecuencia= 60Hz
- Fases= 3

Se procede a establecer la corriente de carga completa que consumen los motores según su potencia en donde:

THREE PHASE MOTORS

MOTOR RATING	HP	APPROX. F.L.C. AT LINE VOLTAGE				
		220V ac	240V ac	380V ac	415V ac	550V ac
0.1 kW	1/8	0.7	0.6	0.4	0.4	0.3
0.12 kW	1/6	1	0.9	0.5	0.5	0.3
0.18 kW	1/4	1.3	1.2	0.8	0.7	0.4
0.25 kW	1/3	1.6	1.5	0.9	0.9	0.6
0.37 kW	1/2	2.5	2.3	1.4	1.3	0.8
0.56 kW	3/4	3.1	2.8	1.8	1.6	1.1
0.75 kW	1	3.5	3.2	2	1.8	1.4
1.1 kW	1.5	5	4.5	2.8	2.6	1.9
1.5 kW	2	6.4	5.8	3.7	3.4	2.6
2.2 kW	3	9.5	8.7	5.5	5	3.5
3.0 kW	4	12	11	7	6.5	4.7
3.7 kW	5	15	13	8	8	6
4.0 kW	5.5	16	14	9	8	6
5.5 kW	7.5	20	19	12	11	8
7.5 kW	10	27	25	16	15	11
9.3 kW	12.5	34	32	20	18	14
10 kW	13.5	37	34	22	20	15
11 kW	15	41	37	23	22	16
15 kW	20	64	50	31	28	21
18 kW	25	67	62	39	36	26
22 kW	30	74	70	43	39	30
30 kW	40	99	91	57	52	41
37 kW	50	130	119	75	69	50
45 kW	60	147	136	86	79	59
55 kW	75	183	166	105	96	72
75 kW	100	239	219	138	125	95
90 kW	125	301	269	170	156	117
110 kW	150	350	325	205	189	142
130 kW	175	410	389	245	224	169
150 kW	200	505	440	278	255	192

Figura 94. Corriente en motores trifásicos según voltaje [31]

Teniendo en cuenta que solo existen cuatro valores diferentes de potencias en los motores seleccionados, los componentes y conexiones se seleccionaron acorde a estos parámetros. En base a la imagen 112 se establece que para un voltaje de 220v la corriente que pasa a través de los circuitos en motores trifásicos es:

- Motor trifásico 0,5HP= 2,5A
- Motor trifásico 0,75HP= 3,1A
- Motor trifásico 1HP= 3,5A
- Motor trifásico 7,5HP= 20A

Tomando como referencia la configuración del *Tablero B*, en donde se usa un cable de calibre AWG 12, los elementos que deben ser instalados son los siguientes:

- 1.- Fuente de alimentación.
- 2.- Interruptor termomagnético principal.
- 3.- Interruptor termomagnético trifásico.
- 4.- Contactor.
- 5.- Relé Térmico.

En donde los elementos 1 y 2 son únicos, mientras que los elementos 3, 4, y 5 se seleccionan de acuerdo con el amperaje determinado de cada motor.

V-HI. Relé térmico: Un relé térmico, se trata de un mecanismo de seguridad empleado en sistemas eléctricos y motores con el propósito de evitar el recalentamiento y los perjuicios ocasionados por corrientes eléctricas excesivas. Su funcionamiento radica en la supervisión de la corriente que fluye a través de un circuito y su activación cuando dicha corriente excede un umbral predefinido durante un lapso de tiempo específico. Según el catálogo de relés térmicos [16]:

Parameters

Item	NXR-12	NXR-25	NXR-38	NXR-100	NXR-200	NXR-630		
Current level	12	25	38	100	200	630		
Rated insulation voltage V	690	690	690	690	690	690		
Rated impulse withstand voltage V	6000	6000	6000	6000	6000	6000		
Enclosure protection degree	IP20	IP20	IP20	IP20	-	-		
Phase loss protection	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		
Manual and automatic reset	Yes	Yes	Yes	Yes	Manual	Manual		
Temperature compensation	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		
Trip indication	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		
Test button	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		
Stop button	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes		
Installation method	Plugged	Plugged	Plugged	Plugged	Independent	Independent		
Integrated auxiliary contact	1NO+1NC	1NO+1NC	1NO+1NC	1NO+1NC	1NO+1NC	1NO+1NC		
AC-15 380V/400V/415V rated current A	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5		
DC-13 220V rated current A	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2		
Conductor cross section mm ²	Main circuit	Single-core or stranded wire	1~4	1~6	4~10	4~35	25~95	50~2×185
		Wiring screw	M3.5	M4	M4	M10	M8	M10
		Tightening torque (N·m)	0.8	0.8	0.8	0.8	1.2	1.2
	Auxiliary circuit	Single-core or stranded wire	1~2.5	1~2.5	1~2.5	1~2.5	1~2.5	1~2.5
		Wiring screw	M3.5	M3.5	M3.5	M3.5	M3.5	M3.5
		Tightening torque (N·m)	1.2	1.7	1.7	10	10	20

Figura 95. Modelos de relés elegidos [16]

Para el motor trifásico de 7,5HP se utiliza el Relé NXR-25 y para los demás el NXR-12.



NXR-12



NXR-25

Figura 96. Corriente en motores trifásicos según voltaje [16]

V-H2. Contactores: Los contactores son componentes electromecánicos utilizados en un tablero eléctrico para controlar el flujo de corriente hacia equipos o cargas de mayor potencia, como motores eléctricos, sistemas de iluminación de alto voltaje, calefacción eléctrica, entre otros. Estos dispositivos son esenciales para el funcionamiento y la protección de equipos de alta potencia en industriales y

comerciales. Según el catálogo de contactores [34]:




TeSys Control and Protection Components		Contactors TeSys SK, K, D, SKGC, GC, GY, GF	Chapter B8
Contactors – TeSys D – TeSys D green			
Type of product	Range		Pages
AC-3 applications - 3-pole, 4-pole contactors	From 9 to 150 A		B8/2
AC-1 applications - 3-pole, 4-pole contactors	From 25 to 200 A		B8/3
UL CSA standards - 3-pole contactors	From 25 to 200 A		B8/8
AC/DC compatible coil contactors - TeSys D Green AC-3, AC-1, UL CSA	From 9 to 80 A		B8/9
Reversing, changeover pre-assembled contactors	From 9 to 150 A		B8/16
AC/DC compatible coil, reversing contactors - TeSys D Green	From 9 to 80 A		B8/18
Contactors for capacitor banks switching	From 12.5 to 60 kVAR		B8/21
Auxiliary contact blocks – accessories – spare coils for TeSys D, TeSys D Green			B8/23

Figura 97. Catálogo de contactores [34]

Para el motor trifásico de 7,5HP se elige un contactor de 25A y para los demás de 9A.

References - TeSys D

TeSys contactors

TeSys D contactors for motor control up to 75 kW at 400 V, in category AC-3
For connection by screw clamp terminals and lugs




3-pole contactors		Standard power ratings of 3-phase motors 50-60 Hz in category AC-3 (θ ≤ 60 °C)		Rated operational current in AC-3 440 V up to	Instantaneous auxiliary contacts	Basic reference, to be completed by adding the control voltage code (2)	Weight (3)						
		220 V	380 V	415 V	440 V	500 V	660 V	1000 V					
		230 V	400 V			690 V			kg				
	LC1 D09**	2.2	4	4	4	5.5	5.5	—	9	1	1	LC1D09**	0.320
		3	5.5	5.5	5.5	7.5	7.5	—	12	1	1	LC1D12**	0.325
	LC1 D18**	4	7.5	9	9	10	10	—	18	1	1	LC1D18**	0.330
		5.5	11	11	11	15	15	—	25	1	1	LC1D25**	0.370
	LC1 D32**	7.5	15	15	15	18.5	18.5	—	32	1	1	LC1D32**	0.375
		9	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	—	38	1	1	LC1D38**	0.380
Power connections by EverLink® BTR screw connectors (4) and control by screw clamp terminal													
		11	18.5	22	22	22	30	—	40	1	1	LC1D40A**	0.850
		15	22	25	30	30	33	—	50	1	1	LC1D50A**	0.855
		18.5	30	37	37	37	37	—	65	1	1	LC1D65A**	0.860
		22	37	37	37	37	37	—	80	1	1	LC1D80A** (5)	0.860

Figura 98. Modelo de contactores elegidos [34]

V-H3. Interruptor termomagnético: Un interruptor termomagnético, también conocido como disyuntor termomagnético o disyuntor térmico-magnético, es un dispositivo de protección eléctrica que combina las características de un interruptor térmico y un interruptor magnético en un solo dispositivo. Su función principal es proteger los circuitos eléctricos y los equipos contra sobrecargas y cortocircuitos al desconectar automáticamente la corriente cuando se excede un valor determinado. Según el catálogo de interruptores termomagnéticos [41]:




Interrupedores Termomagnéticos						UL	CS	D	S	CE
Serie Z300 Gama Industrial						AR 1283				
Serie Z300	Ridas (Inj)	Calibre In	Referencia	Código	Embalaje	10KA Corriente asignada 3 a 63 A (según configuración) Destinados a maniobra individual y protección de circuitos contra sobrecargas y cortocircuitos. Utilización: Distribución terminal en instalaciones industriales. Tensión de empleo: 240/415V 50/60 Hz Conforme a normas: IEC 60898 Capacidad de conexonado: Para cable flexible 1 a 25 mm ² hasta calibres de 63 A. Alimentación indistinta Par de apriete 1,7 a 2,5 Nm. Poder de corte: 10000 A (según IEC 60898)				
	1	3	ACB103C10	836.100	12 Unid.					
	1	4	ACB104C10	836.101	12 Unid.					
	1	6	ACB106C10	836.102	12 Unid.					
	1	10	ACB110C10	836.103	12 Unid.					
	1	16	ACB116C10	836.104	12 Unid.					
	1	20	ACB120C10	836.105	12 Unid.					
	1	25	ACB125C10	836.106	12 Unid.					
	1	32	ACB132C10	836.107	12 Unid.					
	1	40	ACB140C10	836.108	12 Unid.					
	1	50	ACB150C10	836.109	12 Unid.					
1	63	ACB163C10	836.110	12 Unid.						
	2	4	ACB204C10	836.200	6 Unid.					
	2	6	ACB206C10	836.201	6 Unid.					
	2	10	ACB210C10	836.202	6 Unid.					
	2	16	ACB216C10	836.203	6 Unid.					
	2	20	ACB220C10	836.204	6 Unid.					
	2	25	ACB225C10	836.205	6 Unid.					
	2	32	ACB232C10	836.206	6 Unid.					
	2	40	ACB240C10	836.207	6 Unid.					
	2	50	ACB250C10	836.208	6 Unid.					
	2	63	ACB263C10	836.209	6 Unid.					
	3	6	ACB306C10	836.300	4 Unid.					
	3	10	ACB310C10	836.301	4 Unid.					
	3	16	ACB316C10	836.302	4 Unid.					
	3	20	ACB320C10	836.303	4 Unid.					
	3	25	ACB325C10	836.304	4 Unid.					
	3	32	ACB332C10	836.305	4 Unid.					
	3	40	ACB340C10	836.306	4 Unid.					
3	50	ACB350C10	836.307	4 Unid.						
3	63	ACB363C10	836.308	4 Unid.						

Figura 99. Catálogo de interruptores termomagnéticos [41]

Para el motor trifásico de 7,5HP se elige un interruptor de 25A y para los demás de 6A.


	3	6	ACB306C10	836.300	4 Unid.
	3	10	ACB310C10	836.301	4 Unid.
	3	16	ACB316C10	836.302	4 Unid.
	3	20	ACB320C10	836.303	4 Unid.
	3	25	ACB325C10	836.304	4 Unid.
	3	32	ACB332C10	836.305	4 Unid.
	3	40	ACB340C10	836.306	4 Unid.
	3	50	ACB350C10	836.307	4 Unid.
	3	63	ACB363C10	836.308	4 Unid.

Figura 100. Interruptor termomagnético seleccionado [41]

V-H4. Interruptor termomagnético principal: Este interruptor gobierna a todos los componentes posteriores. Del cual se usa el cable neutro de dicho interruptor para proteger a los distintos contactores. Se elige un interruptor de 32A.


	2	4	ACB204C10	836.200	6 Unid.
	2	6	ACB206C10	836.201	6 Unid.
	2	10	ACB210C10	836.202	6 Unid.
	2	16	ACB216C10	836.203	6 Unid.
	2	20	ACB220C10	836.204	6 Unid.
	2	25	ACB225C10	836.205	6 Unid.
	2	32	ACB232C10	836.206	6 Unid.
	2	40	ACB240C10	836.207	6 Unid.
	2	50	ACB250C10	836.208	6 Unid.
	2	63	ACB263C10	836.209	6 Unid.

Figura 101. Interruptor termomagnético principal seleccionado [41]

V-H5. Fuente de alimentación: Una fuente de alimentación eléctrica es un dispositivo que transforma la corriente alterna (CA) de la línea eléctrica comercial en corriente continua (CC) que es utilizada por los dispositivos electrónicos, como televisores y computadoras, suministrando los diferentes voltajes requeridos por los componentes. Se utiliza la red eléctrica disponible de las barras 13,8kV que mediante los transformadores otorgan 220v. La fuente de alimentación seleccionada es de 125A.



Figura 102. Fuente de alimentación eléctrica [9]

A continuación se procede con la implementación de los componentes eléctricos según el diagrama eléctrico propuesto.

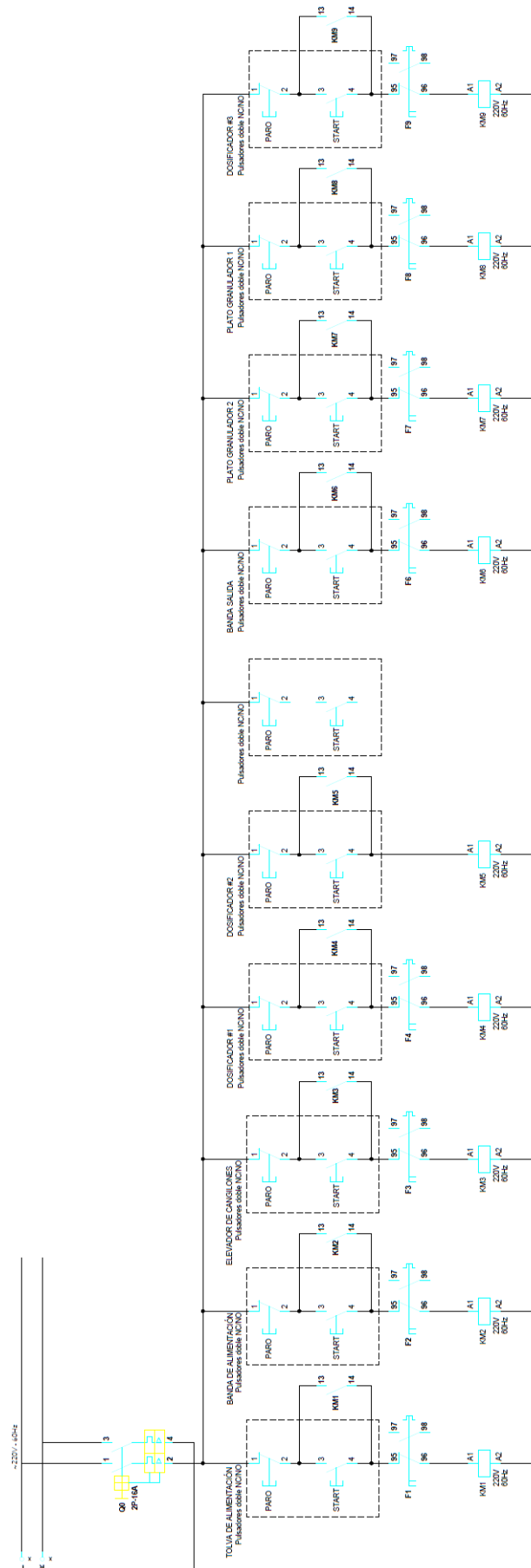


Figura 103. Plano eléctrico tablero A hoja 1 [9]

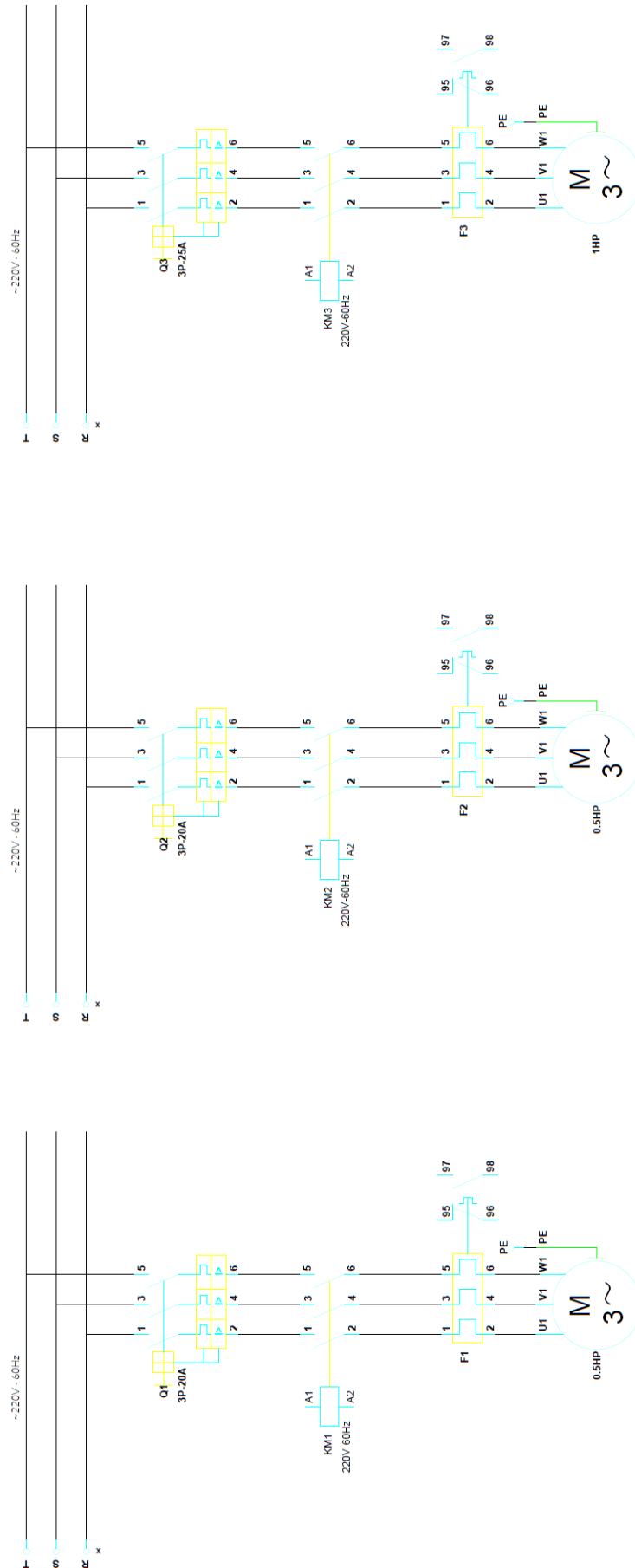


Figura 104. Plano eléctrico tablero A hoja 2 [9]

V-H6. *Implementación de tablero eléctrico:* El *Tablero B* debe ser reubicado dado que por la nueva disposición de elementos en la línea de producción, siendo que su nueva ubicación permite su fácil acceso y su visibilidad.



Figura 105. Reubicación tablero B [9]

Implementación de *Tablero A* en donde se requiere la ayuda de personal profesional para las instalaciones más delicadas para el correcto funcionamiento de los elementos.



Figura 106. Implementación tablero A [9]

Instalación parcial del tablero eléctrico para primeras pruebas de funcionamiento y revisión de detalles.



Figura 107. Instalación parcial tablero A [9]

Prueba de tablero eléctrico, poniendo marcha en los equipos previo a implementación de señaléticas de seguridad.



Figura 108. Prueba de tablero A [9]

Implementación de señaléticas de seguridad, marquillas para cada botonera y paro de emergencia.

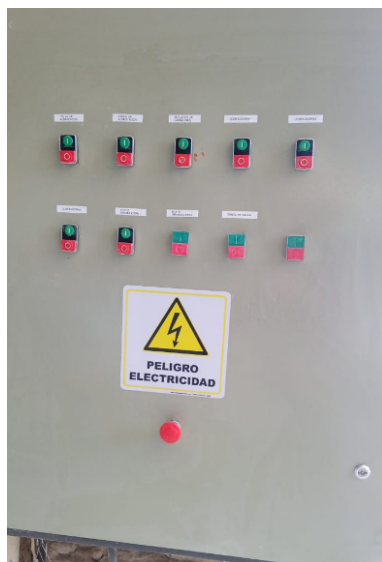


Figura 109. Señalización de tablero A [9]

Tablero A finalizado y operativo, los elementos se implementaron según disponibilidad local en base a los modelos recomendados previamente.

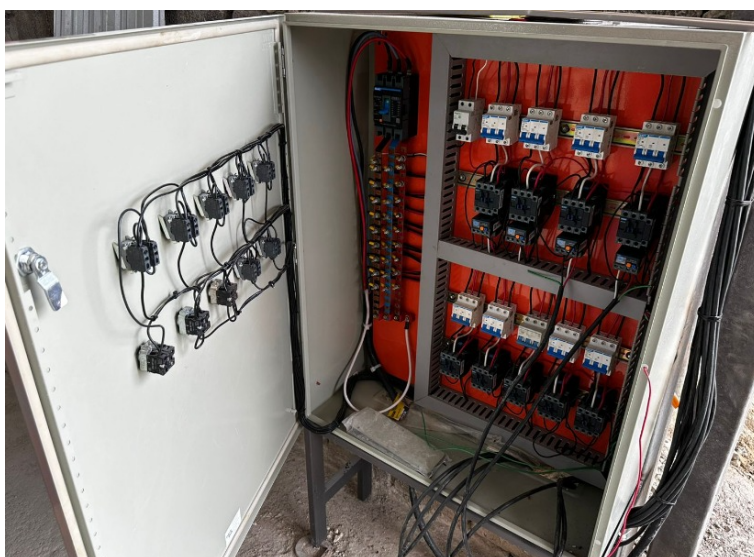


Figura 110. Tablero A terminado [9]

V-I. Análisis de la rentabilidad del sistema repotenciado

Para determinar la rentabilidad del sistema implementado es necesario definir un presupuesto aproximado para la inversión en la repotenciación del mismo, así como considerar cuánto aumenta la producción y cual es el margen de utilidad. Zeonatec S.A ofrece un presupuesto de aproximadamente 20,000.00 USD en donde se comprende la adquisición de los materiales para la producción y ensamblaje de equipos, así como la mano de obra de personal externo a la empresa. Para medir el nivel de rentabilidad se da uso de porcentajes, a partir de los ingresos percibidos por las ventas, los cuales deben superar los costos de operación. Para esto es necesario determinar factores como:

- Margen bruto.

- Margen operacional.
- Margen neto de utilidad.

Primero se debe definir un valor y costo aproximado del producto, fertilizante granulado en presentación de 45kg. Donde:

$$\text{Valor unitario} = \text{USD } 15 \quad (169)$$

$$\text{Costo unitario} = \text{USD } 10 \quad (170)$$

Estos datos son un promedio de valores dado que los fertilizantes granulados pueden contar con diferentes proporciones en su mezcla que pueden encarecer o abaratar su costo, pero en el tiempo operativo de la línea de producción estos son los valores más recurrentes y por lo tanto los que se usan para este análisis, en donde se determinan los factores antes mencionados, siendo primero el margen bruto.

El margen bruto es un indicador de eficacia el cual indica la diferencia entre el precio de venta del producto y su coste de producción entre ellos: materia prima, mano de obra directa y otros gastos relacionados. Este valor es un indicador de cuanto margen de ganancia queda después de cubrir los costos directos. Tomando el valor unitario como la venta neta, y el costo unitario como la utilidad bruta, se obtiene que el margen bruto es:

$$\text{Margen de utilidad bruta} = \frac{\text{Venta} - \text{Costo}}{\text{Venta neta}} * 100 \quad (171)$$

$$\text{Margen de utilidad bruta} = 33,33\% \quad (172)$$

Para el margen operacional la empresa concluyó gastos que dejan como valor final por venta los USD 3,00 siendo en porcentaje:

$$\text{Margen operacional} = \frac{\text{Utilidad operacional}}{\text{Venta neta}} * 100 \quad (173)$$

$$\text{Margen operacional} = 20\% \quad (174)$$

Al tratarse de la venta de minerales este rubro se exime de tributar impuestos por lo tanto su margen neto de utilidad será definido como el porcentaje que se recupera de la inversión inicial del margen operacional.

V-II. Incremento de producción: La repotenciación cumple con el propósito de incrementar la producción en un factor de 3, siendo que antes se producían 150 sacos al día en presentación de 45kg en promedio. Con los nuevos elementos implementados en la línea de producción, se obtiene un promedio de producción diaria de 450 sacos de fertilizante granulado. Es importante recalcar que esta línea de producción no es constante, es decir que no se producen fertilizantes granulados todos los días dado que su procesamiento es solo bajo pedido ya que dependiendo del cliente se requieren diferentes mezclas por lo cual no es posible mantener un stock fijo de producto. El porcentaje de incremento en el sistema se obtiene de la razón entre producción adicional y la original siendo:

$$\text{Porcentaje de incremento} = \frac{\text{Produccion adicional}}{\text{Produccion original}} \quad (175)$$

$$\text{Porcentaje de incremento} = 200\% \quad (176)$$

Además el propósito de aumentar la producción se da por la necesidad de cumplir pedidos en menor tiempo, y así poder cumplir con la demanda de varios clientes a la vez si es necesario.

V-12. *Utilidad del producto:* Se estima un margen operacional del 20% sobre el valor del producto, y se establece que de este valor solo el 30% es destinado a la recuperación de capital por parte de la empresa, el cual se denominará como el margen neto de utilidad, siendo que los demás son las ganancias reflejadas a corto plazo, teniendo así:

$$= \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Venta neta}} * 100 \quad (177)$$

$$\text{Margen neto de utilidad} = 15 * 20\% \quad (178)$$

$$\text{Margen neto de utilidad} = \text{USD } 0,90 \quad (179)$$

Obteniendo así el estado de resultados con los indicadores previamente calculados con los cuales se puede calcular el tiempo en el que se recupere el capital invertido.

V-13. *Retorno de inversión:* Siendo que primero se necesita calcular la cantidad de sacos de fertilizante granulado que debe vender la empresa.

$$\text{Cantidad de sacos} = \frac{\text{Presupuesto}}{\text{Margen neto de utilidad}} \quad (180)$$

$$\text{Cantidad de sacos} = \frac{20000,00}{0,90} \quad (181)$$

$$\text{Cantidad de sacos} \approx 22222,00 \quad (182)$$

A largo plazo se estiman pedidos de hasta 1.000 sacos por semana, siendo que la empresa anteriormente ha tenido pedidos de esta magnitud, pero por como funcionaba la línea de producción anterior muchas veces resultaba difícil cumplir con la demanda. Pero para este cálculo se promedian pedidos de 3600 sacos al mes siendo un valor conservador. La utilidad mensual está dada como:

$$\text{Utilidad mensual} = \text{Cantidad de sacos mensuales} * \text{Margen de neto de utilidad} \quad (183)$$

$$\text{Utilidad mensual} = 3,600 * 0,90 \quad (184)$$

$$\text{Utilidad mensual} = \text{USD } 3240,00 \quad (185)$$

Se procede a hacer una estimación del tiempo de retorno de inversión que tendrá la empresa.

Mes	Capital USD
0	\$ -20.000,00
1	\$ -16.760,00
2	\$ -13.520,00
3	\$ -10.280,00
4	\$ -7.040,00
5	\$ -3.800,00
6	\$ -560,00
7	\$ 2.680,00

Figura 111. Capital mensual recuperado [4]

Este cálculo refleja que al séptimo mes luego de haber sido implementado el sistema potenciado este empieza a general utilidad en su totalidad ya habiendo recuperado la inversión original.

PROYECCIÓN DE RECUPERACIÓN DE CAPITAL INVERTIDO

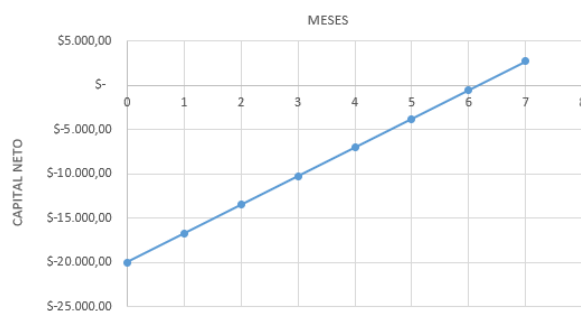


Figura 112. Proyección de rentabilidad [4]

Como dato adicional se procede a calcular la depreciación del activo propuesto. Este concepto se refiere a la pérdida de valor que un bien experimenta a lo largo de su vida útil, se realiza con activos fijos y se toma el sistema repotenciado como un solo activo. Este valor es un gasto adicional que se debe considerar anualmente para que al llegar al final de su vida útil se puedan adquirir nuevamente equipos o mejorarlos para prolongar su utilidad. Para este activo se hace una proyección que tendrá una vida útil de 5 años, en donde su valor residual, es decir el valor que tendrá al cumplir este tiempo, será de USD 8.000. Calculando así el gasto anual de depreciación:

$$Gasto\ anual\ de\ depreciacion = \frac{(Valor\ del\ activo - Valor\ residual)}{Vida\ til\ del\ activo} \quad (186)$$

$$Gasto\ anual\ de\ depreciacion = \frac{20000 - 8000}{5} \quad (187)$$

$$Gasto\ anual\ de\ depreciacion = 2400 \quad (188)$$

Este gasto claramente está dentro del margen neto de utilidad, comprobando así la rentabilidad del sistema. Los valores obtenidos son estimaciones en base a una demanda constante de fertilizantes granulados, el cual puede variar en base a las condiciones de la economía tanto a nivel nacional como internacional, así también efectos climáticos como cambios de estaciones y el fenómeno del niño que pueden afectar directamente a la necesidad de estos productos.

VI. RESULTADOS

VI-A. Resultados de problemas

El diseño de elementos se realizó a partir de las indicaciones dadas por la empresa de incrementar la producción de $0,84t/h$ a $2,4t/h$ siendo esta la capacidad de trabajo establecida para la maquinaria. Se realizaron diseños esquemáticos en donde fue necesario dimensionar los elementos según los requerimientos, tanto en volúmenes como la potencia que requieren de motores para su funcionamiento. Para eso fue necesario investigar en diversas fuentes los procesos para lo cual se calculan estos parámetros y así poder dimensionar correctamente los componentes eléctricos. Para las bandas transportadoras se usaron tambores de diámetro $250mm$ y ancho de $500mm$, rodillos de longitud $315mm$ con diámetro de $38,1mm$. Para el elevador de cangilones, la cantidad de cangilones seleccionada fue de 36, así como su altura efectiva de $5,50m$. Para la tolva dosificadora cada una debía tener una capacidad de transporte de $0,84t/h$. Los platos granuladores con la capacidad de producir el valor deseado disminuyendo así el tiempo y aumentando la producción en un 200% respecto al sistema original.

VI-B. Sistema de alimentación semiautomático

Se diseñó una tolva de alimentación con una capacidad de almacenamiento de $0,487m^3$ con un tornillo sin fin con una capacidad de trabajo de $2,4t/h$ según la densidad media de la zeolita establecida en $123t/m^3$, accionada por un motor eléctrico trifásico de $0,5HP$.

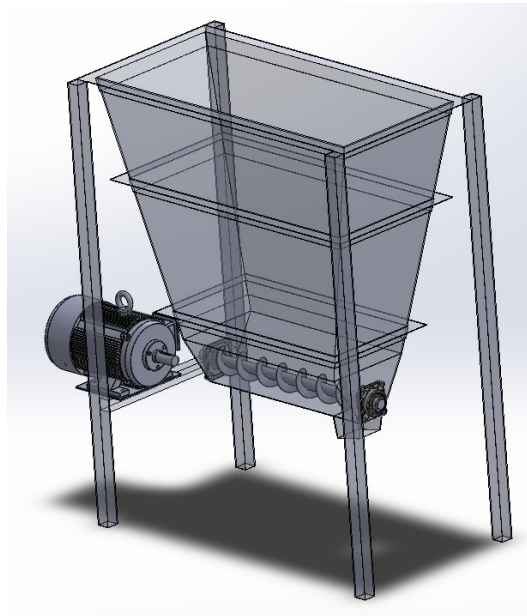


Figura 113. Despiece tolva de alimentación [10]



Figura 114. Tolva de alimentación implementada [10]

Seguido de una banda con una longitud efectiva de $3,82m$, con ángulo de inclinación $10,76$, y con una velocidad avance de $1,107m/s$, accionada por un motor eléctrico trifásico $0,5HP$.

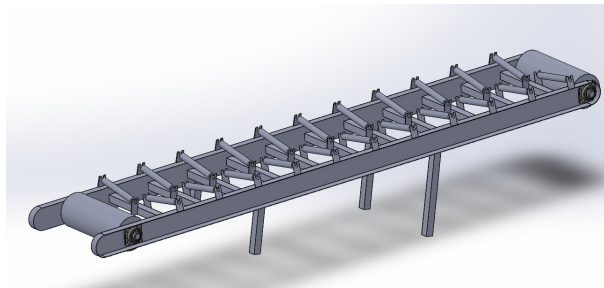


Figura 115. Banda alimentadora CAD [5]



Figura 116. Banda alimentadora implementada [5]

Posteriormente un elevador de cangilones, con una altura de $5,50m$, con 36 cangilones con una capacidad individual de tanto $1,41kg$, con una velocidad de $0,95m/s$, accionada por un accionada por un motor eléctrico trifásico de $1HP$.

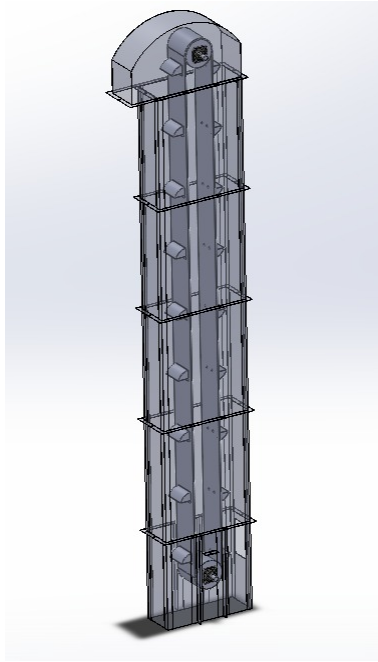


Figura 117. Banda alimentadora CAD [7]

Por último una tolva dosificadora con sin fin de diámetro 9", con capacidad de trabajo de $0,84t/h$ para cada uno, accionado por un motor eléctrico trifásico de $0,5HP$, que finalmente deposita el material en los platos granuladores.

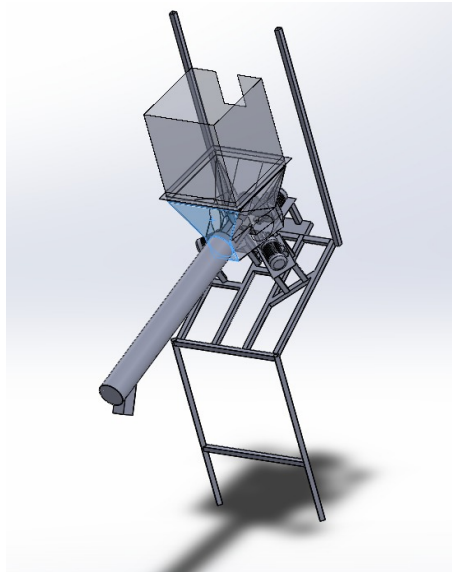


Figura 118. Tolva dosificadora CAD [11]



Figura 119. Elevador de cangilones y tolva dosificadora implementados [11]

VI-C. Diseño de elementos para repotenciación

En base al granulador adquirido previamente se realizó el diseño con las siguientes características: diámetro de $2500mm$ con un ancho de plato de $380mm$, capacidad de trabajo desde $0,8 \frac{t}{h}$, rpm finales de giro de 10 a 13,5, accionados mediante un motor eléctrico trifásico de $7,5HP$ mediante un sistema de reducción con poleas y piñones acoplados a una caja reductora de 8,23 como factor de reducción. Realizado con hierro negro como material principal se verificó la estabilidad del sistema obteniendo datos como: el peso que ejerce sobre su estructura siendo $24164,6N$, la potencia mínima requerida para el sistema siendo $1,124kW$, y obteniendo una una velocidad final de 11rpm. A continuación se muestra una referencia en diseño CAD del sistema implementado.

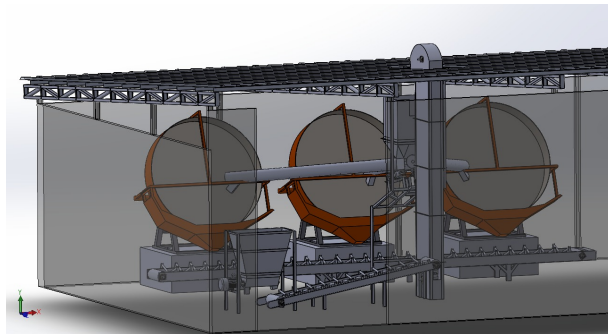


Figura 120. Ensamble del sistema repotenciado [8]

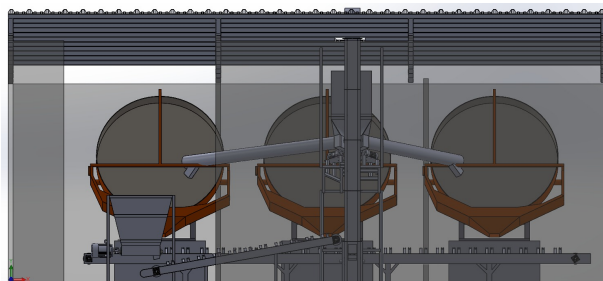


Figura 121. Vista frontal de sistema repotenciado [11]

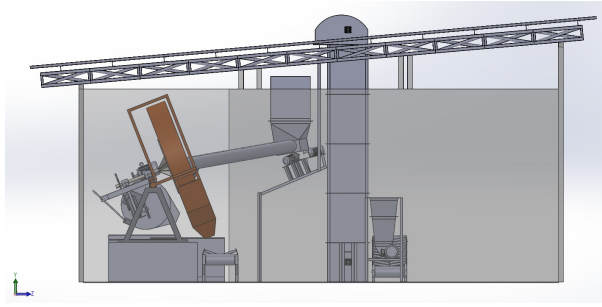


Figura 122. Vista lateral del sistema repotenciado [8]

A continuación se muestran los elementos implementados en la repotenciación ya en su estado operativo.



Figura 123. Banda de salida implementada [6]



Figura 124. Platos granuladores implementados [8]



Figura 125. Comparación entre sistema inicial y repotenciado [8]

Se puede observar en la parte izquierda de la figura como se encontraba el sistema en un inicio, y en la parte derecha como es el sistema repotenciado. El aumento de producción conllevó a la implementación de los nuevos elementos, así como el mantenimiento y limpieza de demás equipos para su operación.

VI-D. Análisis financiero

Con un margen de utilidad neta de USD 3240 mensual, el sistema comprueba ser rentable en el periodo de 7 meses y posterior a este el capital inicial invertido ha sido recuperado en su totalidad, por lo que las ganancias se ven reflejadas en el margen operacional. También se calculó la depreciación del sistema, fijando que su vida útil es de 5 años, y que su valor residual de USD 8.000, se determinó un gasto anual de USD 2.400 que no afecta en los márgenes del sistema comprobando así su rentabilidad.

VII. CRONOGRAMA

A continuación se muestra el cronograma de trabajo en la figura XXXVII.

Tabla XXXVI
CRONOGRAMA [4]

No.	TAREAS POR DESARROLLAR	MAYO 2023				JUNIO 2023				JULIO 2023				AGOSTO 2023				SEPTIEMBRE 2023
		SEMANAS																
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1
1	Propuesta del proyecto de trabajo de titulación																	
2	Identificación del problema del proyecto																	
3	Elaboración de la justificación																	
4	Conceptualización del equipo actual																	
5	Diseño preliminar del sistema en SOLIDWORKS																	
6	Elaboración de los objetivos																	
7	Desarrollo de la metodología																	
8	Diseño final del sistema repotenciado																	
9	Implementación del sistema terminado																	
10	Análisis financiero del sistema realizado																	

VIII. PRESUPUESTO

Tabla XXXVII
PRESUPUESTO [4]

Nombre del elemento	Cant	Especificaciones	Parcial	Total
Plancha Negra	16	1,22 x 2,44 m x 4 mm	\$ 123,20	\$ 1.971,20
Plancha Negra	3	1,22 x 2,44 m x 12 mm	\$ 397,75	\$ 1.193,25
Funda Soldadura	8	6011	\$ 27,47	\$ 219,76
Funda Soldadura	4	7018	\$ 36,08	\$ 144,32
Canal U	24	100 x 50 x 6 mm	\$ 83,44	\$ 2.002,56
Ángulo	10	11/2" x 3mm	\$ 10,07	\$ 100,70
Tubo Cuadrado	8	50 x 3 mm	\$ 55,55	\$ 444,40
Piñón Sencillo	4	80B X 14T	\$ 20,40	\$ 81,60
Cadena Translink	2	1" x 3 m	\$ 77,72	\$ 155,44
Eslabón para Cadena	4	1"	\$ 1,76	\$ 7,04
Banda	6	PIX B-75	\$ 8,90	\$ 53,40
Sacos de Cemento	8	50 kg	\$ 8,50	\$ 68,00
Varilla de Hierro	8	14 mm	\$ 17,65	\$ 141,20
Plancha Negra	1	1,22 x 2,44 m x 14 mm	\$ 416,58	\$ 416,58
Motor eléctrico	2	7,5 HP	\$ 550,00	\$ 1.100,00
Motor eléctrico	1	1 HP	\$ 150,00	\$ 150,00
Motor eléctrico	1	0,75 HP	\$ 120,00	\$ 120,00
Motor eléctrico	5	0,5 HP	\$ 100,00	\$ 500,00
Platina	3	1" x 3 mm	\$ 4,22	\$ 12,66
Piñón Paso 80	2	42 t	\$ 71,45	\$ 142,90
Polea	6	3 canales 8"	\$ 21,37	\$ 128,22
Barra Roscada	2	11/4 " X 1m	\$ 24,98	\$ 49,96
Tuercas	8	11/4"	\$ 3,00	\$ 24,00
Plancha Negra	1	1,22 x 2,44 m x 8 mm	\$ 228,39	\$ 228,39
Pintura Epóxica A	4	Gris Compuesto A	\$ 142,59	\$ 570,36
Pintura Epóxica B	4	Compuesto B	\$ 116,21	\$ 464,84
Thinner	3	Bucanero 111	\$ 42,09	\$ 126,27
Disco de Corte	25	7"	\$ 2,08	\$ 52,00
Diluyente	3	Galones	\$ 5,12	\$ 15,36
Disco de Desbaste	24	7"	\$ 2,15	\$ 51,60
Lijas	10	100	\$ 0,80	\$ 8,00
Waípe	5	kg	\$ 2,50	\$ 12,50
Perno de Anclaje	12	11/2" X 6"	\$ 16,04	\$ 192,48
Tuercas	12	11/2"	\$ 2,98	\$ 35,76
Arandelas	12	11/2"	\$ 0,71	\$ 8,52
Brocha	2	2"	\$ 2,56	\$ 5,12
Brocha	2	3"	\$ 5,90	\$ 11,80
Brocha	2	4"	\$ 5,40	\$ 10,80
Breaker p/riel	2	3X32A 6KA NXB-63 CHINT	\$ 5,40	\$ 10,80
Breaker p/riel	3	3X25A 6KA NXB-63 CHINT	\$ 10,50	\$ 31,50
Breaker p/riel	2	3X20A 6KA NXB-63 CHINT	\$ 10,50	\$ 21,00
Pulsador doble	7	22MM MET. S/LUZ EBSA4-BL8425 EBASEE	\$ 4,50	\$ 31,50
Riel din 35mm acero perforado	2	1 MT	\$ 2,50	\$ 5,00
Cable cu tff flexible	100	#16 AWG (METRO)	\$ 0,26	\$ 26,00
Tablero metalico	1	100X80X30CM SBOX	\$ 282,00	\$ 282,00
Breaker cm	1	3X125A 36KA 800V NXM-125S CHINT	\$ 58,00	\$ 58,00
Platina de cobre	3	1/8X3/4" 206A @65°C (METRO)	\$ 12,57	\$ 37,71
Cable concentrico	100	4X12 AWG	\$ 2,70	\$ 270,00
Contacto	1	32A 1NO NXC-32 CHINT	\$ 24,00	\$ 24,00
Rele termico	1	23-32A NXR-38 CHINT (PEQUEÑO)	\$ 16,99	\$ 16,99
Breaker p/riel	1	2X40A 6KA NXB-63 CHINT	\$ 7,00	\$ 7,00
Breaker p/riel	1	2X50A 6KA NXB-63 CHINT	\$ 7,00	\$ 7,00
Contacto	3	32A 1NO NXC-32 CHINT	\$ 24,00	\$ 72,00
Contacto	4	25A 1NO NXC-25 CHINT	\$ 18,00	\$ 72,00
Rele termico	2	17-25A NXR-25 CHINT	\$ 17,00	\$ 34,00
Breaker p/riel	4	3X25A 6KA NXB-63 CHINT	\$ 10,50	\$ 42,00
Contacto	4	25A 1NO NXC-25 CHINT	\$ 18,00	\$ 72,00
Rele termico	4	17-25A NXR-25 CHINT	\$ 17,00	\$ 68,00
Breaker p/riel	1	3X50A 6KA NXB-63 CHINT	\$ 11,50	\$ 11,50
Mano de obra soldadores	60	Montaje, instalación, trabajos de soldadura	\$ 60,00	\$ 3.600,00
Mano de obra ingenieros	60	Diseño, cálculos, supervisión	\$ 40,00	\$ 2.400,00
Mano de obra eléctricos	30	Instalación y conexiones eléctricas	\$ 80,00	\$ 2.400,00
COSTO TOTAL				\$ 20.620,99

IX. CONCLUSIONES

Se diseñó con ayuda del software CAD Solidworks los elementos, como el plato granulador con las dimensiones 2500*380mm, con una potencia mecánica de 7,5HP y una fuerza de 24164,6 N que ejerce sobre la base de $2,592m^3$. También bandas transportadoras con longitudes efectivas de 3,75m y 9,00m con potencias de 0,5HP y 0,75HP respectivamente. Adicional el elevador de cangilones con 36 cangilones a una altura efectiva de 5,50m y una potencia de 1HP con una capacidad de carga de 2,4 t/h. Por último una tolva dosificadora con 3 tornillos sin fin, y con motores de 0,5HP. Aumentando la producción del sistema de 0,84 t/h en el sistema anterior a 2,4 t/h con el sistema repotenciado.

Se desarrolló un sistema de alimentación continua semiautomático mediante la intervención y manejo de un solo operador para que el material fluya de manera ininterrumpida, en donde antes eran necesarias hasta tres personas, logrando una mayor eficiencia en la sección de alimentación y permitiendo un mejor control de la continuidad de la producción, pasando de producir 150 a 450 sacos de fertilizantes granulados diarios aumentando en un 200 % la producción.

Se realizó un análisis de la rentabilidad en donde se determinó la cantidad de sacos que son necesarios vender, aproximadamente 22.220, con pedidos estimados en 4.000 sacos mensuales se obtiene una utilidad neta de USD 2.400 mensual, implicando que al séptimo mes el presupuesto de USD 20.000 es recuperado en su totalidad incluyendo la depreciación del sistema tomado como activo, y los márgenes restantes quedan como utilidad para la empresa.

X. RECOMENDACIONES

Es importante realizar un mantenimiento preventivo de los equipos en donde se procure revisar su estado periódicamente para evitar paralizaciones en la producción. Entre estas recomendaciones se encuentra: lubricar los equipos de transmisión físicos como piñones y cajas reductoras si así lo requieran, limpiar cada semana de manera exhaustiva las partes en donde el material se acumule, y llevar el conteo de horas trabajadas en cada equipo para el cambio de piezas según el desgaste.

Se observa que en muchas partes del proceso se tiende a generar desperdicios por la naturaleza de los materiales trabajados, por lo cual se recomienda que se invierta en mecanismos para contrarrestar este fenómeno y poder aumentar el margen de utilidad. Así como mantener limpia el área de trabajo y los mismos equipos.

Una acción a tomar con el tiempo es la reinversión en la mejora del filtrado de material para evitar el procesamiento de producto que se considera fallido. Aumentando así el margen de utilidad del sistema repotenciado.

REFERENCIAS

- [1] Agran, *¿Cómo se clasifican los fertilizantes?* // <https://agran.es/como-se-clasifican-los-fertilizantes/>, 2023.
- [2] Andrew D. Marti, *Elevador de cangilones*. Martin, 2008.
- [3] Andrew D. Marti, *Manejo de materiales*. Martin, 2008.
- [4] S. Arciniegas y M. Solorzano, «Análisis financiero y de rentabilidad,» jul. de 2023.
- [5] S. Arciniegas y M. Solorzano, «Cálculos y diseño de banda alimentadora,» jul. de 2023.
- [6] S. Arciniegas y M. Solorzano, «Cálculos y diseño de banda de salida,» jul. de 2023.
- [7] S. Arciniegas y M. Solorzano, «Cálculos y diseño de elevador de cangilones,» jul. de 2023.
- [8] S. Arciniegas y M. Solorzano, «Cálculos y diseño de platos granuladores,» jul. de 2023.
- [9] S. Arciniegas y M. Solorzano, «Cálculos y diseño de tableros eléctricos,» jul. de 2023.
- [10] S. Arciniegas y M. Solorzano, «Cálculos y diseño de tolva de alimentación,» jul. de 2023.
- [11] S. Arciniegas y M. Solorzano, «Cálculos y diseño de tolvadosificadora,» jul. de 2023.
- [12] S. Arciniegas y M. Solorzano, «Sistema de granulación original,» abr. de 2023.
- [13] S. Arciniegas y M. Solorzano, «Tablero eléctrico concepto,» jul. de 2023.
- [14] Bilimsel Makale, *Bucket elevator properties, design and calculation*, 2015.
- [15] Centelsa, *Corrientes nominales para motores Centelsa*, https://www.centelsa.com/archivos/CORRIENTES_NOMINALES_PARA_MOTORES_CENTELSA.pdf, No Year.
- [16] Chint, *NXR Therman Overload Relay*, <https://chintglobal.com/products/nxr-thermal-overload-relay-8-840>, China, 2023.
- [17] Contexto Ganadero, *Conozca diferentes métodos de aplicación de fertilizantes*, <https://www.contextoganadero.com/agricultura/conozca-diferentes-metodos-de-aplicacion-de-fertilizantes>, 2022.
- [18] Diego Ortiz, *Cómo estimar el valor de las inversiones en robots*, <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/urea-fertilizantes-mayor-uso-nacional.html>, 2022.
- [19] Dimitris L Bouranis, *The Effect of Granular Commercial Fertilizers Containing Elemental Sulfur on Wheat Yield under Mediterranean Conditions*, <https://www.mdpi.com/2223-7747/8/1/2>, Greece, 2018.
- [20] FAO, *Enseñanzas de la revolución verde: hacia una nueva revolución verde*, <https://www.fao.org/3/w2612s/w2612s06.htm>, 1996.
- [21] Fenner Dunlop, *Conveyor Handbook*. Fenner Dunlop, 2009.
- [22] Gabriela Coba, *Ecuador importa más fertilizantes de Chile y Estados Unidos*, <https://www.primicias.ec/noticias/economia/importacion-fertilizantes-chile-estados-unidos-ecuador/>, 2022.
- [23] Huaqiang, *Ficha técnica platos granuladores*, <https://www.fertilizergranulator.com/fertilizer-granulator-machine-series/disc-granulator.html>, No Year.
- [24] Huaqiang, *Granulador de disco*, <https://www.organic-fertilizer-machinery.com/fertilizer-granulator-machine-series/disc-granulator.html>, China, No Year.
- [25] HY, *Granulador de tipo tambor*, <https://www.npkfertilizermachine.com/es/new-type-organic-fertilizer-granulator.html>, China, 2019.
- [26] INSST, *Elevador de cangilones concepto*, <https://www.insst.es/stp/basemaq/028-elevador-de-cangilones-mantenimiento-y-sustitucion-de-cangilones>, No Year.
- [27] Interempresas, *Granulador de tipo extrusor*, <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/260036-Extrusora-para-granclear-plastico-Que-es-y-como-funciona.html>, 2023.
- [28] Lorena Jackeline Martínez Valle, *Análisis comparativo de la edad vs la resistencia a la compresión del hormigón elaborado con diferentes marcas de cemento Portland*. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2016.

- [29] Made in China, *Plato granulador concepto*, https://es.made-in-china.com/co_hntdztg/product_Pelleting - Machine - for - Chicken - Manure - Organic - Pelleted - Poultry - Manure - Disk - Fertilizer - Granulator - Machine_uoyrunhhrhg.html, No Year.
- [30] Mario Salinero, *Diseño de una banda transportadora mediante guide de Matlab*. España: Universidad Carlos III de Madrid, 2013.
- [31] RM, *Full Load Current on Motors*, <https://www.rm-electrical.com/technical-resource/motor-current-charts/>, No Year.
- [32] Savona Equipment, *Granulador de tipo compactador*, <https://www.savonaequipment.com/es/tolva-con-banda-alimentadora-de-10-yardas-p166669>, 2023.
- [33] Sergio Fernando Baldeon Lam, *DISEÑO DE UN EQUIPO DE AGLOMERACION POR RODADURA PARA EL LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN CARBÓN BIOMASA PUCP*, TESIS/BALDEON_LAM_SERGIO_FERNANDO_DISEÑO_EQUIPO_AGLOMERACION, 2022.
- [34] TeSys, *Contactors*. Francia: Schneider Electric, 2018.
- [35] Tomasz Leszczuk, *Evaluation of the fertilizer granules strength obtained from plate granulation with different angle of granulation blade*. Poland: Bialystok University of Technology, 2014.
- [36] TransLink, *Piñones y discos, engranajes, cremalleras*. España: TransLink, 2006.
- [37] TransLink, *Poleas y casquillos norma europea y americana*. España: TransLink, 2006.
- [38] Ucelo, *Catálogo cangilones*, <https://www.ucelo.com.br/es/productos-cangilones-s>, No Year.
- [39] Vera Patricia Bolaños Santos, *La agricultura, una práctica milenaria*, <https://www.fundacionaquae.org/quien-invento-la-agricultura/>, 2022.
- [40] Zhengzhou Mining Machinery, *Granulador de tipo compactador*, <https://es.globalzkc.com/net/Productos/Equipod/99.html>, 2016.
- [41] Zoloda, *ProDinZ Protecciones Eléctricas*. Argentina: Zoloda, 2018.



MANUAL DE USUARIO

SISTEMA DE GRANULACIÓN DE FERTILIZANTES SEMIAUTOMÁTICO

ELABORADO POR:
SANTIAGO XAVIER ARCINIEGAS AYALA
MARCOS SANTIAGO SOLORZANO MENDEZ

Guayaquil - Ecuador

2023

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	4
I-A.	Objetivo general	4
I-B.	Requerimientos	4
II.	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA Y MAQUINARIA REPORTENCIADOS	4
II-A.	Proceso del sistema repotenciado de granulación	4
II-B.	Características de Maquinaria	4
II-B1.	Tolva de alimentación	4
II-B2.	Banda Alimentadora	5
II-B3.	Elevador de Cangilones	5
II-B4.	Tolva de Dosificación	6
II-B5.	Platos Granuladores	6
II-B6.	Banda de Salida	7
III.	CONEXIONES AL PANEL ELÉCTRICO	8
III-A.	Diagrama de Conexiones	8
III-B.	Funcionamiento de Sistema	9
IV.	MANTENIMIENTO DE SISTEMA	9
IV-A.	Mantenimiento Programado	9
IV-B.	Revisión de paneles eléctricos	9
V.	SEGURIDAD	9
VI.	ERRORES COMUNES	10

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Parámetros generales	4
2.	Tolva de Alimentación	5
3.	Banda Alimentadora	5
4.	Elevador de Cangilones	6
5.	Tolva de Dosificación	6
6.	Platos Granuladores	7
7.	Banda de Salida	7
8.	Diagrama de Conexiones	8

I. INTRODUCCIÓN

I-A. *Objetivo general*

Desarrollar una guía que facilite al usuario entender la operación, uso y mantenimiento del sistema de granulación.

I-B. *Requerimientos*

- Designar un área de trabajo mínima de 30 metros de largo * 9.60 metros de ancho * 5.35 metros de alto.
- Habilitar una conexión eléctrica para las cajas eléctricas que controlan el sistema
- Llevar control del sistema con ayuda de 3 personas anteriormente capacitadas.
- Tener una fuente de agua para la alimentación de rociadores.
- Alimentar el horno de secado con gas industrial.

II. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA Y MAQUINARIA REPORTENCIADOS

Parámetro de Espacio de Trabajo	
Ancho	9.60 m
Largo	30.00 m
Altura	5.32 m
Alimentación	220 V

Figura 1. Parámetros generales

II-A. *Proceso del sistema repotenciado de granulación*

Mediante la despensa de materia prima a la tolva de alimentación, se da el primero paso de elaboración del producto que, luego pasa de manera regulada a la banda transportadora que llevará el producto al elevador de cangilones, una vez que pasa por el elevador, este producto se dividirá en en una tolva de dosificación donde el producto se dividirá en tres canales que llegarán hasta los tres platos rotatorios mediante un sistema de tornillos sin fin dentro de estos canales. Una vez en los platos, el producto se mezclará con agua mediante rociadores regulados a la cantidad necesaria, donde debido a la inclinación de los platos, el producto que se encuentra en forma de granulo húmedo caerá hacia una banda transportadora que pasa por los tres platos hacia el secador y filtro para escoger y empaclar el granulo ya seco y listo para ser comercializado.

II-B. *Características de Maquinaria*

II-B1. Tolva de alimentación: La tolva de alimentación consta de un tamaño referencial de 1.8 metros por 0.8 metros por 1.3 metros , donde la materia prima es depositada por la parte superior y baja hasta una abertura dispensadora de menor tamaño que regula el material en su salida.

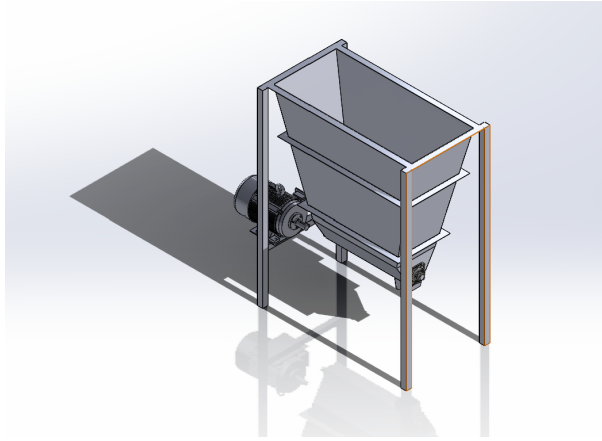


Figura 2. Tolva de Alimentación

II-B2. Banda Alimentadora: La banda transportadora con elevación tiene un tamaño referencial de 3.75 metros por 0.5 metro por 0.9 metro, que se ubica bajo la boca de la tolva de alimentación y acaba en la boca a el elevador de cangilones.

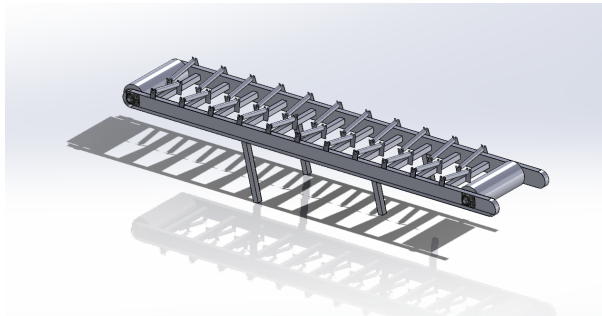


Figura 3. Banda Alimentadora

II-B3. Elevador de Cangilones: El elevador de cangilones lleva un tamaño referencial de 5.5 metros por 1 metros por 0.5 metros y podemos ver que se sobredimensiona en el techo donde se adapta su cubierta. El elevador recibe producto a partir de la banda transportadora y eleva el producto mediante cangilones que son llevados hasta la tolva de dosificación elevada.

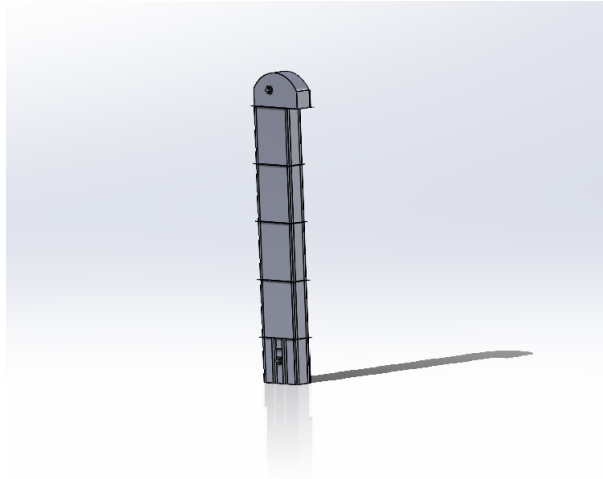


Figura 4. Elevador de Cangilones

II-B4. Tolva de Dosificación: La tolva de dosificación lleva un tamaño referencial de 3 metros por 2.7 metros por 1 metro, esta recibe el producto y en su parte inferior divide su distribución a tres canales alimentados por tornillos sin fin para mover el producto hacia los tres platos rotatorios.

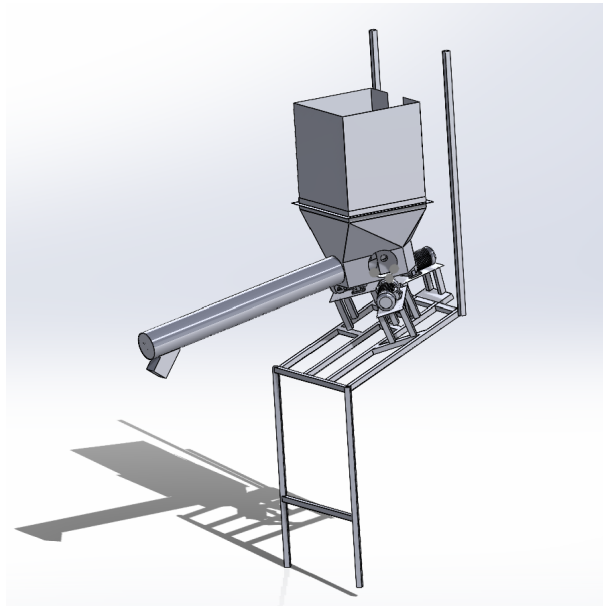


Figura 5. Tolva de Dosificación

II-B5. Platos Granuladores: Los platos rotatorios tienen una medida referencial de 2.5 metros por 0.38 metros y cabe recalcar que los tres llevan igual ingeniería en su fabricación. Estos discos llevan cada uno una base sólida de concreto que da estabilidad a los soportes de plato y por lo tanto, seguridad en su uso y funcionamiento.

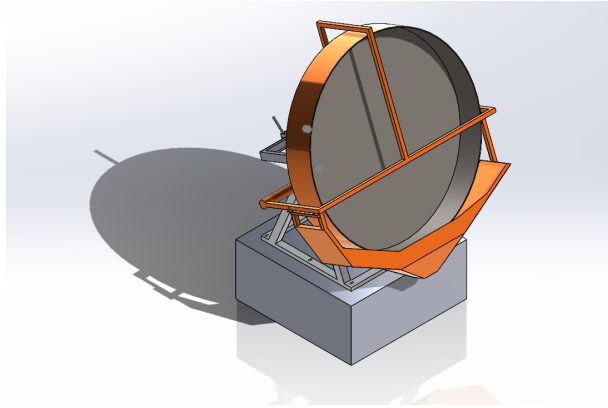


Figura 6. Platos Granuladores

II-B6. Banda de Salida: La banda transportadora plana tiene una medida referencial de 9 metros por 0.5 metros, su principal tarea es recoger el material para ser secado a través de la sección de salida de los tres platos y llevarlo hacia el secador.

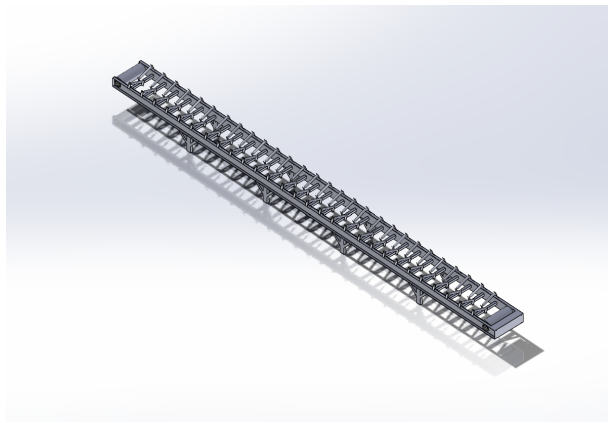


Figura 7. Banda de Salida

III. CONEXIONES AL PANEL ELÉCTRICO

III-A. Diagrama de Conexiones

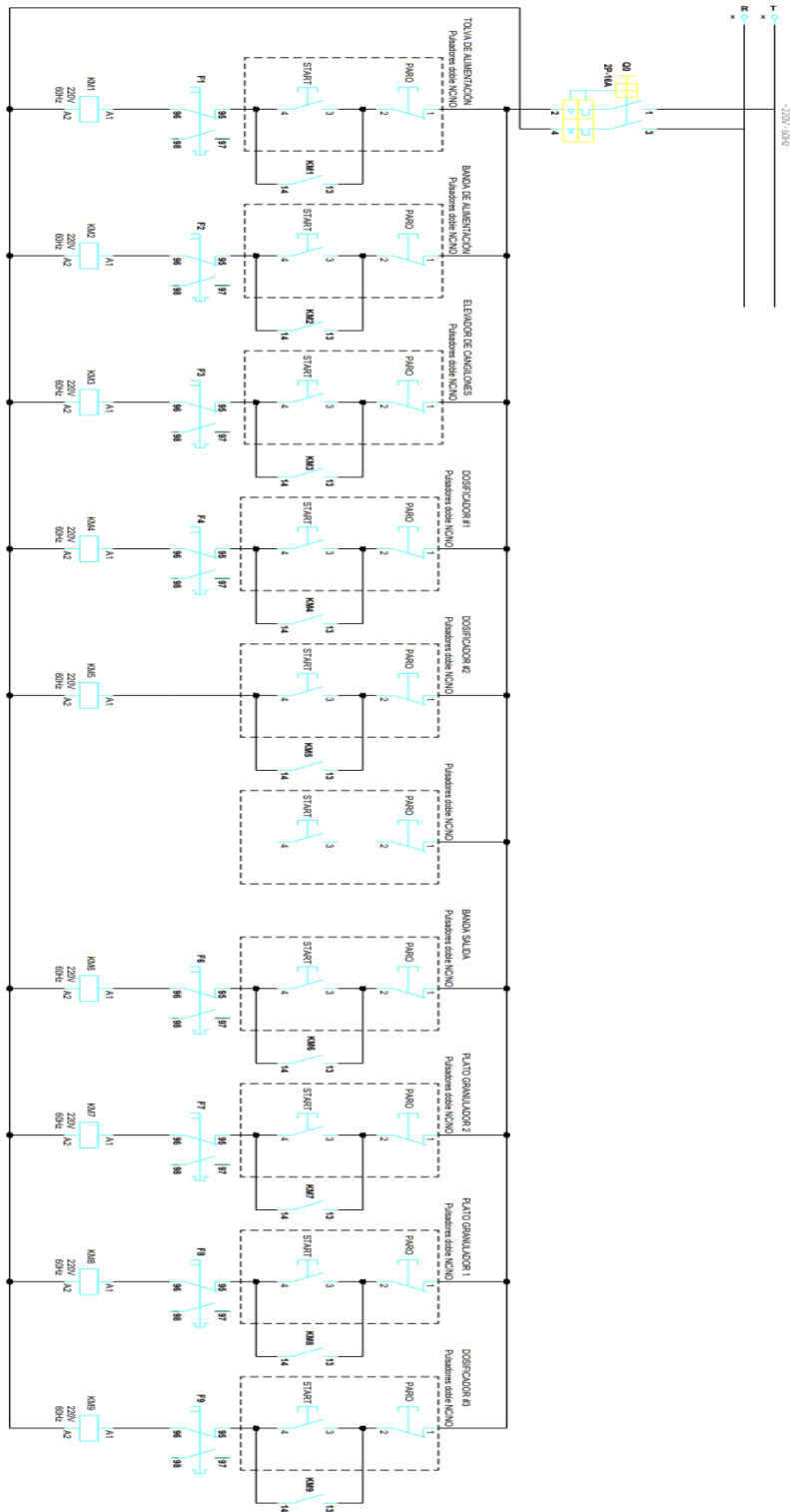


Figura 8. Diagrama de Conexiones

III-B. Funcionamiento de Sistema

Como punto importante respecto al funcionamiento del sistema repotenciado es que toda maquinaria es activada de forma independiente por botoneras mediante motores eléctricos, lo que favorece al continuo funcionamiento del resto del sistema sin necesidad de parar todo para reparar, revisar o dar mantenimiento a una de las máquinas.

Dentro del control de cada motor, podemos observar una estructura comprendida por la conexión que empieza por un interruptor termomagnético trifásico cuya finalidad es la activación del sistema, luego este va conectado hacia un contactor que será nuestra principal herramienta para realizar la instalación de botoneras que permitirán el control de este sin necesidad de abrir el panel eléctrico; como protector del contactor y demás conexiones tenemos al relé de sobrecarga térmica que llevará la función de detectar las sobretensiones y cortar el flujo de corriente para evitar el daño mediante cortocircuito de los demás dispositivos. Como punto importante se realizó la instalación de un botón de paro de emergencia para casos de incidentes poder parar todo el sistema al accionarlo, este se encontrará conectado al inicio de serie de las botoneras para así poder detener todo el sistema.

IV. MANTENIMIENTO DE SISTEMA

IV-A. Mantenimiento Programado

Se realizará mantenimientos periódicos cada 15 días para así evitar cualquier desperfecto dentro de la máquina, de manera que, los principales puntos a cubrir es la lubricación de cadenas de motores eléctricos y además, la revisión de cada motor en busca de algún desperfecto que podría causar daños a largo plazo, de manera que será un mantenimiento preventivo.

IV-B. Revisión de paneles eléctricos

Se llevará un control del estado del panel y conexiones para así evitar cualquier desperfecto o daño a futuro. Debido a la naturaleza del material en polvo, se ha dado a las cajas eléctricas un aislamiento de caucho en sus puertas de acceso a breakers y demás componentes.

V. SEGURIDAD

Para el correcto uso del sistema repotenciado se instó ciertas medidas y recomendaciones de seguridad para llevar un correcto cuidado tanto del personal como del equipo:

- Las maquinarias que realizan movimientos llevan colores fosforescentes para poder evitar accidentes por descuidos.
 - Se instaló relés de sobrecarga térmica para proteger daños a los demás componentes por lo que estos actúan como barrera de protección a la sobretensión.
 - En caso de fallo o error, se debe presionar el botón de paro de emergencia instalado en ambos cajones eléctricos para así resolver el problema antes de volver a funcionar.
 - Todo el personal capacitado deberá llevar cascos, guantes, lentes y mascarilla de protección todo el momento, recalcando estar cerca a un máximo de 1.5 metros de las máquinas.

VI. ERRORES COMUNES

- Cadena en mal estado puede tender a romperse por falta de mantenimiento u observación preventiva de la máquina. Por lo que se recomienda el cambio inmediato e inspección de la máquina en busca de posibles daños.
- Material pegado en el plato rotatorio puede darse debido una excesiva cantidad de agua, por lo que se recomienda parar el plato y despegar el material mediante paladas con las herramientas necesarias.
- Corto circuito en panel de control por sustancias polvosas debido a falta de cuidado en dejar abierto el tablero eléctrico.
- Falta de temperatura en el horno que puede deberse a la necesidad de cambio de tanques para alcanzar la temperatura deseada.
- Atascamiento de producto en la tolva de alimentación debido a mucho producto depositado que puede ser solucionado mediante vibraciones, se tiene un combo cerca para generar vibraciones a la máquina.
- En caso que el producto salga sobredimensionado o algo húmedo, se debe revisar el paso de agua mediante los rociadores para poder ubicarlos a la presión correcta.