

	<b>GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS</b>		<b>CÓDIGO</b>	FO-GS-15	
			<b>VERSIÓN</b>	02	
	<b>ESQUEMA HOJA DE RESUMEN</b>			<b>FECHA</b>	03/04/2017
				<b>PÁGINA</b>	1 de 206
<b>ELABORÓ</b>		<b>REVISÓ</b>		<b>APROBÓ</b>	
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad	

## RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): JAIME DANIEL

APELLIDOS: RIVERA VACA

FACULTAD: INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERIA MECANICA

DIRECTOR:

NOMBRE(S): MEIMER

APELLIDOS: PEÑARANDA CARRILLO

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): DISEÑO DE UNA PLANTA DE LIMPIEZA, SECADO Y ALMACENAMIENTO DE MAÍZ A GRANEL EN LAS INSTALACIONES DEL MOLINO ORO DE COAGRONORTE LTDA EN CÚCUTA

El presente trabajo se basó en el diseño de una planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz a granel en las instalaciones del molino oro de coagronorte ltda en Cúcuta. El trabajo se dividió en tres fases importantes las cuales permitieron llevar a cabo el óptimo diseño de la planta, en primer lugar, se realizó una identificación del espacio disponible en las instalaciones del Molino Oro, lo que permitió definir y delimitar el área de trabajo. La segunda fase se centró en el análisis de factores (material, maquinaria, servicios, etc.) que influyen en la distribución de los espacios y maquinas que intervienen en los procesos productivos de la planta, lo que condujo a la selección de los equipos requeridos para cada proceso de producción. Por último, se llevó a cabo la determinación del espacio requerido para cada equipo y área de la planta mediante el empleo de técnicas de distribución de planta. Este proceso facilitó la definición de la ubicación y dimensiones necesarias, permitiendo así elaborar planos que proporcionaran una representación visual del diseño final de la planta.

PALABRAS CLAVES: Diseño, maíz, secado, almacenamiento, distribución.

CARACTERISTICAS:

PÁGINAS: 206 PLANOS: 4 ILUSTRACIONES: 82 CD ROOM: 1

\*\*Copia No Controlada\*\*

DISEÑO DE UNA PLANTA DE LIMPIEZA, SECADO Y ALMACENAMIENTO DE  
MAÍZ A GRANEL EN LAS INSTALACIONES DEL MOLINO ORO DE COAGRONORTE  
LTDA EN CÚCUTA

Jaime Daniel Rivera Vaca

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSE DE CÚCUTA

2023

DISEÑO DE UNA PLANTA DE LIMPIEZA, SECADO Y ALMACENAMIENTO DE  
MAÍZ A GRANEL EN LAS INSTALACIONES DEL MOLINO ORO DE COAGRONORTE  
LTDA EN CÚCUTA

Jaime Daniel Rivera Vaca

Proyecto de grado modalidad pasantía como requisito para optar al título de Ingeniero Mecánico  
de la Universidad Francisco de Paula Santander

DIRECTOR

MSc. Meimer Peñaranda Carrillo

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA MECÁNICA

SAN JOSE DE CÚCUTA

2023

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: CÚCUTA, 17 DE OCTUBRE 2023

HORA: 3:00 P.m.

LUGAR: SALA DM 205

PLAN DE ESTUDIOS: INGENIERÍA MECÁNICA

TÍTULO: DISEÑO DE UNA PLANTA DE LIMPIEZA, SECADO Y ALMACENAMIENTO DE MAÍZ A GRANEL EN LAS INSTALACIONES DEL MOLINO ORO DE COAGRONORTE LTDA EN CÚCUTA.

Jurados: ING. CAMILO ALBERTO FLÓREZ SANABRIA  
ING. JORGE ENRIQUE CABALLERO PRIETO

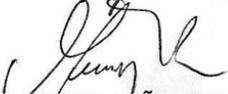
Director: ING. MEIMER PEÑARANDA CARRILLO

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
JAIME DANIEL RIVERA VACA	1121234	CUATRO-CUATRO	4.4

**APROBADA**

  
ING. CAMILO ALBERTO FLÓREZ SANABRIA

  
ING. JORGE ENRIQUE CABALLERO PRIETO

  
Vo.Bo- MEIMER PEÑARANDA CARRILLO  
Coordinador Comité Curricular  
Ingeniería Mecánica

## Contenido

	Pág.
Introducción	16
1. El problema	17
1.1. Título	17
1.2. Planteamiento del problema	17
1.3. Justificación	18
1.4. Objetivos	19
1.4.1. General	19
1.4.2. Específicos	19
1.5. Alcances y limitaciones	19
1.5.1. Alcances	19
1.5.2. Limitaciones y delimitaciones	19
2. Marco referencial	21
2.1. Antecedentes en la solución del problema	21
2.1.1. Antecedentes internacionales	21
2.1.2. Antecedentes nacionales	22
2.2. Marco teórico	23
2.2.1. Definición de distribución en planta	23
2.2.2. Principios básicos de distribución en planta	23

2.2.3. Tipos de distribución en planta	26
2.2.4. Limpieza de cereales	28
2.2.5. Secado de cereales	37
2.2.6. Sistemas de transporte mecánico para grano	43
2.2.7. Equipos de almacenamiento	46
2.3. Marco conceptual	47
2.4. Fundamentos legales	49
3. Diseño metodológico	51
3.1. Tipo de investigación	51
3.1.1. Primera fase	51
3.1.2. Segunda fase	52
3.1.3. Tercera fase	52
3.2. Fuentes de investigación	53
3.2.1. Fuente de investigación primaria	53
3.2.2. Fuente de investigación secundaria	53
3.3. Técnicas y procedimientos para la recolección de información	53
3.4. Recursos materiales	54
3.5. Recursos humanos	54
3.6. Recursos institucionales	55
4. Resultados	56

4.1. Localización de la planta	56
4.1.1. Macro localización	56
4.1.2. Micro localización	58
4.1.3. Reconocimientos de las áreas disponibles	61
4.2. Factores a considerar en el diseño de la planta	64
4.2.1. Factor Material	64
4.2.2. Factor Maquinaria	71
4.2.3. Factor Hombre	73
4.2.4. Factor Espera/Almacenamiento	78
4.2.5. Factor Movimiento	79
4.2.6. Factor de Servicio	80
4.3. Diagrama de proceso y circulación del cereal	84
4.4. Selección de la maquinaria y equipos	86
4.4.1. Bascula camionera	86
4.4.2. Calador de cereal	87
4.4.3. Homogeneizador de muestras	90
4.4.4. Determinador de impurezas	92
4.4.5. Determinador de humedad	93
4.4.6. Tolva de recepción	93
4.4.7. Limpieza del cereal	97

4.4.8. Secado del cereal	98
4.4.9. Silos	100
4.4.10. Maquina ensacadora	102
4.5. Selección de los equipos de transporte mecánico del grano	103
4.5.1. Elevadores de cangilones	103
4.5.2. Bandas transportadoras	144
4.5.3. Transportadores de arrastre	176
4.6. Dimensionamiento de los espacios de la planta	183
4.6.1. Determinación de las áreas por el método guerchet	184
4.6.2. Determinación de otras áreas de la planta	186
4.6.3. Resumen general de las áreas de la planta	191
4.6.4. Distribución final de la planta	191
Conclusiones	196
Recomendaciones	199
Referencias bibliográficas	201

## Lista de Tablas

Tabla 1. Recursos humanos necesarios para el desarrollo del proyecto. ....	54
Tabla 2. Requerimientos de personal administrativo, de ventas y de producción. ....	75
Tabla 3. Dimensiones mínimas en espacios sanitarios. ....	82
Tabla 4. Especificaciones bascula camionera Coagronorte .....	87
Tabla 5. Número de sacos a ser muestreados .....	88
Tabla 6. Puntos de Muestreo de carga a granel. ....	88
Tabla 7. Aparatos para el muestreo de cereales .....	89
Tabla 8. Especificaciones sonda de doble tubo para calado de camiones gaviagro.....	90
Tabla 9. Especificaciones sonda para el calado de sacos gaviagro .....	90
Tabla 10. Especificaciones divisor de muestras gaviagro. ....	91
Tabla 11. Especificaciones Carter-Day Dockage Tester.....	92
Tabla 12. Especificaciones determinador de humedad - GAC 2500 INTL .....	93
Tabla 13. Especificaciones pre-limpiadoras famag scalpert c-13 .....	98
Tabla 14. Especificaciones tecnicas horno ciclónico TEO IV - 1000.....	100
Tabla 15. Especificaciones silo 1804-E Kepler Weber .....	100
Tabla 16. Especificaciones silo 2109-E Kepler Weber .....	101
Tabla 17. Especificaciones silo G01TA250G60M2 Growket .....	102
Tabla 18. Especificaciones ensacadoras de bultos DCS-50FE-B .....	103
Tabla 19. Selección del elevador en función del material.....	107
Tabla 20. Velocidades recomendadas en función del elevador de cangilones, el tipo de carga y descarga.....	108

Tabla 21. Valor de corrección de altura asociado al material a transportar y a la velocidad de banda.....	112
Tabla 22. Número mínimo y tipo de telas a utilizar.....	113
Tabla 23. Peso del tambor conductor según sus dimensiones.....	117
Tabla 24. Coeficiente de fricción entre la banda y el tambor.....	118
Tabla 25. Factor de impulso.....	119
Tabla 26. Valores para $e\mu \propto \text{si } \alpha = 180^\circ$ .....	120
Tabla 27. Especificaciones generales banda icobandas ENL-150 500/3.....	121
Tabla 28. Propiedades del material a transportar.....	145
Tabla 29. Longitud estándar de rodillos portantes.....	149
Tabla 30. Coeficiente de rozamiento entre la cinta y el tambor.....	155
Tabla 31. Factor de transmisión K basado en el coeficiente de fricción, arco de contacto y tipo de tensor.....	156
Tabla 32. Factor de impacto $F_d$ .....	160
Tabla 33. Factor de servicio $F_s$ .....	160
Tabla 34. Factor de ambiente $F_m$ .....	161
Tabla 35. Factor de velocidad $F_v$ .....	161
Tabla 36. Factor de participación $F_p$ .....	161
Tabla 37. Valores W para el cálculo de diámetro primitivo.....	180
Tabla 38. Constante "k" para algunas actividades productivas.....	185
Tabla 39. Áreas requeridas en la planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz. ..	191

## Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Ejemplo de productos que podrían constituir una familia. ....	27
Figura 2. Ejemplo de distribución por producto. ....	27
Figura 3. Limpieza con viento.....	30
Figura 4. Limpieza con zaranda manual. ....	31
Figura 5. Limpieza con ventilador. ....	32
Figura 6. Limpiador de zaranda cilíndrica rotativa. ....	33
Figura 7. Máquina de limpieza con ventilador y zarandas.....	34
Figura 8. Prelimpiadora tipo scalper. ....	35
Figura 9. Prelimpiadora mixta (scalper, zaranda y aire). ....	37
Figura 10. Secador de flujo mixto (caballetes). ....	39
Figura 11. Secador de flujo cruzado (Columnas).....	40
Figura 12. Cuerpo principal de un secador de columnas. ....	41
Figura 13. Secador de cascada .....	42
Figura 14. Esquema de transportadores: (a) horizontal, (b) inclinado, (c) horizontal- inclinado-horizontal, (d) horizontal-inclinado. ....	43
Figura 15. Elevadores de cangilones: a, vertical; b y c, inclinados.....	44
Figura 16. Diseño Metodológico.....	51
Figura 17. Mapa Político del Departamento. ....	57
Figura 18. Ubicación del Molino Oro Coagronorte. ....	58
Figura 19. Terrenos de Coagronorte. ....	59
Figura 20. Mapa Vial del Departamento. ....	60

Figura 21. Identificación de zonas. ....	61
Figura 22. Delimitación del área disponible. ....	62
Figura 23. Red de alcantarillado en la zona de trabajo. ....	63
Figura 24. Sacos para empaquetado. ....	66
Figura 25. Flujograma del proceso. ....	69
Figura 26. Maquinaria necesaria en los procesos productivos. ....	73
Figura 27. Equipos de almacenamiento. ....	79
Figura 28. Equipos para el transporte de insumos, materia prima, producto terminado, repuestos, herramientas, etc. ....	80
Figura 29. Equipos de iluminación. ....	81
Figura 30. Equipo de ventilación (Extractor de aire eólico). ....	81
Figura 31. Equipo de ventilación (Aire Acondicionado). ....	82
Figura 32. Dispensadores de agua potable. ....	83
Figura 33. Cafetería (instalaciones molino oro). ....	84
Figura 34. Flujograma del proceso productivo. ....	86
Figura 35. Bascula camionera (instalaciones molino oro). ....	87
Figura 36. Cuarteadores de muestras. ....	91
Figura 37. Dimensiones generales tolva de recepción. ....	95
Figura 38. Especificaciones técnicas secadora Law SBC 11L. ....	99
Figura 39. Dimensiones de ubicación de la fosa del Elevador N°1. ....	104
Figura 40. Altura de descarga del elevador N°1 sobre la pre-limpadora. ....	105
Figura 41. Cangilones Maxi-Lift., estilos y opciones de material. ....	109
Figura 42. Datos de Cangilones HD-MAX Carga Pesada. ....	109

Figura 43. Características bandas ENL-150 Icobandas.....	114
Figura 44. Diagrama de fuerzas involucradas en elevadores de cangilones. ....	115
Figura 45. Hoja de cálculo elevador de cangilones N°1 .....	122
Figura 46. Factor de servicio $f_B$ .....	124
Figura 47. Selección de motorreductor para elevador de cangilones EL-01.....	125
Figura 48. Gráfico para la selección de cadenas KANA.....	127
Figura 49. Dimensiones elevador de cangilones SB16-10.....	128
Figura 50. Ubicación del Elevador N°2. ....	130
Figura 51. Hoja de cálculo elevador de cangilones N°2 .....	132
Figura 52. Selección de motorreductor para elevador de cangilones EL-02.....	133
Figura 53. Ubicación del Elevador N°3. ....	135
Figura 54. Hoja de cálculo elevador de cangilones N°3 .....	137
Figura 55. Selección de motorreductor para elevador de cangilones EL-03.....	138
Figura 56. Ubicación del Elevador N°4. ....	140
Figura 57. Hoja de cálculo elevador de cangilones N°4 .....	142
Figura 58. Selección de motorreductor para elevador de cangilones EL-04.....	143
Figura 59. Ángulos de reposo y sobrecarga del material .....	145
Figura 60. Configuración de los rodillos portantes en bandas transportadoras .....	147
Figura 61. Flujo volumétrico teórico en bandas transportadoras .....	148
Figura 62. Coeficiente “r” resistencia proporcionada por tensores verticales en bandas transportadoras .....	152
Figura 63. Valores de corrección por fricción en bandas transportadoras. ....	152
Figura 64. Peso de las partes móviles en transportadores de banda (Zignoli). ....	153

Figura 65. Especificaciones banda icobandas ANL-150 300/2 .....	154
Figura 66. Separación entre rodillos rumelca.....	158
Figura 67. Diámetro de rodillo recomendado en función del ancho de la banda Rotrans ...	158
Figura 68. Características rodillo Rumelca series MPS.....	159
Figura 69. Dimensiones de los tambores de cabeza y cola, banda transportadora N°1. ....	163
Figura 70. Carga radial resultante para banda horizontal y ángulo de arroyo > 180° .....	164
Figura 71. Cadena 81X para transportadores de arrastre .....	178
Figura 72. Selección de motorreductor para transportador de arrastre N°1.....	182
Figura 73. Dimensiones transportador de arrastre SD810. ....	183
Figura 74. Áreas requeridas para la maquinaria y equipo del proceso productivo. ....	186
Figura 75. Área requerida para la zona de empaquetado. ....	186
Figura 76. Estibado de bultos. ....	188
Figura 77. Dimensiones de las estibas de almacenamiento.....	188
Figura 78. Área de estibado y almacenamiento de bultos.....	189
Figura 79. Diagrama de análisis de proximidad de áreas.....	193
Figura 80. Normas para el trazado del diagrama relacional de espacios de recorridos. ....	194
Figura 81. Diagrama de relación de recorridos .....	195
Figura 82. Distribución basada en el diagrama de espacios.....	195

## **Lista de Anexos**

Anexo 1. Distribución y ubicación de equipos vista planta (Plano N°001)

Anexo 2. Distribución y ubicación de equipos vista lateral (Plano N°002)

Anexo 3. Distribución y ubicación de equipos vista frontal (Plano N°003)

Anexo 4. Distribución de equipos y áreas de bodega vista de planta (Plano N°004)

## **Introducción**

La Cooperativa Agropecuaria del Norte de Santander – Coagronorte es una empresa que se dedica al cultivo, producción y comercialización de productos agropecuarios, principalmente en derivados del arroz, cuenta con una infraestructura física con capacidad molinera de 10 toneladas por hora, con la tecnología más moderna instalada en el país y comercializan 48.000 toneladas al año de arroz blanco y subproductos, en varias ciudades del país.

Según datos de organismos internacionales encargadas en velar por el medio ambiente como la Organización de Agricultura y Alimentos (FAO), demuestran que gran parte del agua consumida en países en vías de desarrollo se dedican a la agricultura especialmente en cultivos intensivos de ciclo corto como el arroz. Por tal razón, Coagronorte busca abrir nuevas puertas a diferentes sectores productivos, planteándose realizar el montaje de una planta de limpieza secado y almacenamiento de maíz a granel, logrando de esta manera afrontar los inconvenientes que se puedan presentar tanto a corto como largo plazo en la industria arrocera.

Este proyecto busca diseñar la distribución de planta más adecuada y la selección de los equipos para realizar el proceso de limpieza, secado y almacenamiento de maíz a granel, como una iniciativa que permita a futuro la elaboración de alimento balanceado para la producción animal de los asociados de la cooperativa.

## **1. El problema**

### **1.1. Título**

Diseño de una planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz a granel en las instalaciones del Molino Oro de Coagronorte Ltda. en Cúcuta.

### **1.2. Planteamiento del problema**

Debido al alto consumo de agua que presentan los cultivos de arroz, el sector arrocero empieza a buscar alternativas que permitan consolidar nuevas opciones productivas. Un estudio de suelos semidetallado realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), arrojó un amplio ramillete de nuevas opciones productivas. Se estudió un total de 45.494 hectáreas del Distrito de Riego del Zulia, ubicado los valles de los ríos Zulia y Pamplonita en Norte de Santander, y el 29.3% de esta área estudiada tiene tierras agrícolas arables aptas para cultivos como maíz, ahuyama, plátano, melón, sandía, tomate, papaya, toronja, yuca, mango y guanábana. (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2018)

“El maíz se ha convertido en uno de los cereales más consumidos en el mundo. Es utilizado para la alimentación humana y animal, y como materia prima en la producción de almidón industrial y alimenticio, en la elaboración de edulcorantes, dextrinas, aceite y otros productos derivados de su proceso de fermentación, como son el etanol, el alcohol industrial, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), diversos aminoácidos, antibióticos y plásticos, y como sustituto del petróleo y sus derivados que son recursos no renovables”. (Grande Tovar & Orozco Colonia, 2013)

Coagronorte Ltda. planea realizar el montaje de una planta limpiadora y secadora de maíz como una iniciativa que le permita a futuro aprovechar los productos y subproductos que provienen de la planta de maíz y de arroz de los asociados de la cooperativa, y de esta manera crear una planta de alimentos balanceados para la alimentación animal.

¿Cuál es el diseño de planta para la limpieza, secado y almacenamiento de maíz a granel más adecuado, que permita el mayor aprovechamiento de los recursos para la empresa Coagronorte Ltda.?

### **1.3. Justificación**

Una de las principales preocupaciones en el sector arrocero es la gran cantidad de agua que es necesaria para sostener un cultivo de arroz, el desabastecimiento de agua y secamiento de los ríos a causa del cambio climático, pueden llegar a afectar la producción de ciertos productos agropecuarios que requieren de elevada cantidad de agua en su proceso de siembra.

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) afirma que, “Si se mantiene el excesivo consumo de agua para mantener los arrozales de los municipios de Cúcuta, Zulia y Puerto Santander, se podría desembocar una crisis por desabastecimiento en el departamento, además de la desaparición de los humedales y una disminución del caudal que discurre hacia Venezuela.

Piña, maíz, ahuyama, plátano, melón, sandía, tomate, papaya, toronja, yuca, mango y guanábana, podrían ser las nuevas opciones productivas en la región, ya que a su vez son rentables y sostenibles”.

Además de esto la producción animal toma cada día mayor importancia en la economía nacional, siendo el alimento, el costo más alto en su producción. Productos concentrados para la alimentación animal que derivan de plantas como el maíz, trigo, sorgo, etc., son alternativas que permitirían reducir el consumo de agua en los cultivos de arroz y a su vez reducir los costos de alimentación animal de los asociados de la Cooperativa Agropecuaria del Norte de Santander.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. General**

Diseñar una planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz a granel en las instalaciones del Molino Oro de Coagronorte Ltda. en Cúcuta.

### **1.4.2. Específicos**

- Identificar la ubicación del área de trabajo para la instalación de la planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz a granel.
- Definir los equipos, maquinarias y demás factores necesarios para la distribución de planta del proceso de limpieza, secado y almacenamiento.
- Diseño de la distribución de planta que cumpla con los requisitos mínimos para realizar el proceso de limpieza, secado y almacenamiento del producto.

## **1.5. Alcances y limitaciones**

### **1.5.1. Alcances**

Diseñar una planta de limpieza y secado del grano de maíz, que permita aprovechar los productos y subproductos provenientes del cultivo de maíz de los asociados de la Cooperativa Agropecuaria del Norte de Santander.

### **1.5.2. Limitaciones y delimitaciones**

#### ***1.5.2.1. Limitaciones***

Factores asociados con la pandemia que se vive actualmente a nivel mundial por causas del Covid-19, que puedan llegar a retrasar algunas de las actividades propuestas en el cronograma.

Disponibilidad de tiempo del director de mantenimiento y gerente general, para la revisión y aprobación de las decisiones que requiera el desarrollo del proyecto.

#### ***1.5.2.2. Delimitación espacial***

El presente proyecto de grado modalidad pasantía se desarrollará en las instalaciones del Molino Oro – Coagronorte Ltda., el cual se encuentra ubicado en el Km8, Cúcuta-El Zulia, Norte de Santander.

#### ***1.5.2.3. Delimitación temporal***

El tiempo estipulado para el desarrollo de este proyecto de grado modalidad pasantía es de entre 4 a 5 meses desde el momento en que este sea aprobado por los jurados evaluadores asignados por el comité curricular del programa de ingeniería mecánica.

#### ***1.5.2.4. Delimitación conceptual***

Los términos que serán utilizados como referencia para el desarrollo de este proyecto son: Diseño, distribución en planta, equipos, maquinaria, producción, materias primas, etc.

## **2. Marco referencial**

### **2.1. Antecedentes en la solución del problema**

#### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

**Plan de operación y manejo del centro de recepción, secado y limpieza de maíz para la Asociación de Productores Agropecuarios Juntos por un Futuro Mejor del Cantón Pindal, de la Provincia de Loja.** (Morocho Herrera, 2016)

La investigación tiene como objetivo contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de los productores asociados a la organización Juntos por un Futuro Mejor, a través de la formulación y posterior implementación de un plan de manejo del centro de acopio de maíz.

**Optimización en los procesos de recepción y comercialización de maíz en la empresa comercial “don pancho” del cantón El Empalme, año 2013.** (Solis Intriago, 2015)

El objetivo principal de esta investigación se fundamentó en lograr una gestión eficiente, parame trizando y monitorizando convenientemente los aspectos críticos del proceso, sin olvidar el equipo humano implicado. Se establecieron mecanismos para controlar los resultados de las actividades y procesos, el exceso de tiempo de procesamiento, eliminar la confusión en un departamento o una operación, que permita aumentar el nivel de satisfacción del cliente.

**Análisis del control de calidad en los procesos de almacenamiento y conservación de arroz y maíz en las empresas Agroindustriales del cantón Daule.** (Mata Balón, 2018)

de control de calidad en los procesos de almacenamiento y conservación de arroz y maíz en las agroindustrias o almacenes generales de acopio en el cantón Daule.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

**Diseño, construcción y montaje de los equipos para la ampliación de la capacidad de almacenamiento de la planta de limpieza y secamiento de granos “la Fazenda”.** (Caballero Martínez, 2008)

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

**Manejo y almacenamiento de granos a nivel rural.** (Ospina & Hernández, 1989)

En este manual se pretende dar algunos fundamentos que son básicos en el manejo y almacenamiento de granos orientados a pequeños y medianos agricultores, con el fin de reducir al mínimo las pérdidas que se ocasionan en la propia finca y puedan conservar mejor su producto.

**Caracterización y evaluación de alternativas tecnológicas de secamiento y almacenamiento de maíz a implementar en Colombia.** (Martínez Álvarez, 2014)

Caracterizar y evaluar diversas alternativas tecnológicas de secamiento y almacenamiento viables para su implementación en fincas de pequeños, medianos y grandes productores nacionales de maíz.

## 2.2. Marco teórico

### 2.2.1. Definición de distribución en planta

La distribución en planta consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área, en la determinación de las figuras relativas y ubicación de los distintos departamentos. El principal objetivo de esta es que esta disposición de elementos sea eficiente y se realice de tal forma que contribuya satisfactoriamente la consecución de los fines fijados por la empresa. (De La Fuente Garcia & Fernandez Quesada, 2005)

La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales y comerciales. Esta ordenación ya practicada o en proyecto, incluye, tanto los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las actividades de servicio. (Muther, 1981)

### 2.2.2. Principios básicos de distribución en planta

Richard Muther (1981), en su libro *Distribución en planta*, expresa los principales objetivos de la distribución en planta en 6 principios básicos que son los siguientes:

**2.2.2.1. Principio de la integración de conjunto.** “La mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como cualquier factor, de modo que resulte el mejor compromiso entre todas las partes”. (Muther, 1981)

**2.2.2.2. Principio de la mínima distancia recorrida.** “A igualdad de condiciones, es siempre mejor la Distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta”. (Muther, 1981)

Debido a que cualquier proceso industrial requiere del movimiento de material, por más que se desee eliminar estas distancias, esto no es posible del todo, pero si es posible buscar la manera

más eficiente de realizar estos procesos de movimiento de materia prima, aunque estos no generen ningún valor agregado al producto.

“Al trasladar el material se debe procurar reducir las distancias que la materia debe recorrer. Esto significa que se debe colocar las operaciones sucesivas inmediatamente adyacentes unas a otras. Esto eliminará el transporte entre ellas, puesto que cada uno descargará el material en el punto en que la siguiente lo recoge”. (Muther, 1981)

**2.2.2.3. Principio de la circulación o flujo de materiales.** “En igualdad de condiciones, es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforma, tratan o montan los materiales”. (Muther, 1981)

Siendo este un complemento del principio de la mínima distancia recorrida. Esto quiere decir que el material tendrá un movimiento progresivo de cada operación o proceso al que continua, hacia su final. Los retrocesos o movimientos transversales no deben existir; la congestión con otros materiales será mínimo. Se deslizará el material sin interrupción atreves de la planta. (Muther, 1981)

“Este principio no implica que el material tenga que desplazarse siempre en línea recta, ni limita tampoco el movimiento a una sola dirección. Muchas buenas distribuciones precisan de recorridos en zigzag o en circulo y, cuando por ejemplo trabajamos en uno de los pisos de un edificio que solo posea un elevador, la mejor circulación será siempre la que tenga forma de «U». El concepto de circulación se centra en la idea de un constante progreso hacia la terminación, con un mínimo de interrupciones, interferencias o congestiones, más bien que en una idea de dirección”. (Muther, 1981)

**2.2.2.4. Principio del espacio cubico.** Al utilizar todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal se obtiene una economía de un modo muy efectivo.

Esto quiere decir que la distribución es la orientación de espacio o la organización de los diversos espacios ocupados por los individuos, material, maquinaria y servicios auxiliares. Todos los anteriores ocupan las tres dimensiones, ninguno abarca solo el suelo. Por lo tanto, una distribución correcta debe utilizar la tercera dimensión de la fábrica tanto como el área del suelo. (Muther, 1981)

**2.2.2.5. Principio de la satisfacción y de la seguridad.** En condiciones iguales, siempre será más efectiva la distribución que haga el proceso para el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.

Un factor importante es la satisfacción del obrero. Se dice que como objetivo es fundamental ya que se dice que el trabajo debe hacerse de manera satisfactoria, y esto tendrá más beneficios. Puede proporcionar costes de operación más bajos y mejor moral de los empleados.

Otro factor de gran importancia es la seguridad en la mayor parte de las distribuciones y vital en algunas otras. Si se somete a los trabajadores a riesgos o accidentes, nunca será efectiva la distribución. (Muther, 1981)

**2.2.2.6. Principio de la flexibilidad.** “A igualdad de condiciones, siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada, con menos costo o inconvenientes”. (Muther, 1981)

Día a día este objetivo va tomando más relevancia. Con los avances en la ciencia y la tecnología, provoca que la industria le siga el ritmo a esta evolución. Los cambios frecuentes son indispensables, ya sea en el diseño de los productos, procesos, equipos, producción, o tiempos de entrega. La pérdida de pedidos de los clientes a menudo en las plantas a causa de que no logran

readaptar sus medios de producción con suficiente rapidez. Se espera beneficios notables de una distribución que permita para las plantas la facilidad de adaptarse o ajustarse con rapidez y economía. (Muther, 1981)

### **2.2.3. Tipos de distribución en planta**

Se tiene en cuenta principalmente el tipo de producción de la empresa, la distribución adoptada puede ser una de las siguientes descritas en 5 tipos.

**2.2.3.1. Distribución de proyecto singular.** Se refiere a la fusión de actividades, en algunos casos de carácter irreplicable, que se dan cuando el proyecto es de gran impacto o grandes proporciones. Este tipo de distribución se lleva a cabo situando las estaciones de trabajo o el centro de producción alrededor del producto en oficio de la secuencia conveniente del proceso. (De La Fuente Garcia & Fernandez Quesada, 2005)

**2.2.3.2. Distribución de posición fija.** La distribución de producto fijo o como también se le denomina producto estático, es utilizado cuando el producto es demasiado grande o que conlleva un gran esfuerzo para moverlo a lo largo de las distancias o fases del proceso. En este caso se adapta el proceso al producto para no tener que mover el producto de estaciones de trabajo a otras. (De La Fuente Garcia & Fernandez Quesada, 2005)

**2.2.3.3. Distribución por grupos autónomos de trabajo.** “Es utilizado cuando los volúmenes de producción para cada producto particular no son suficientes como para la justificación de una distribución de producto, mientras que, si se agrupan de forma lógica ciertos productos en familias por ejemplo los que se muestran en la (Figura 1. Ejemplo de productos que podrían constituir una familia.), la distribución de producto puede ser adecuada para cada familia. De esta manera, cada grupo homogéneo de productos se destinará a un grupo o

subdivisión de trabajo, que funcionará de forma autónoma de los demás y completará, total o de forma mayoritaria, el proceso”.

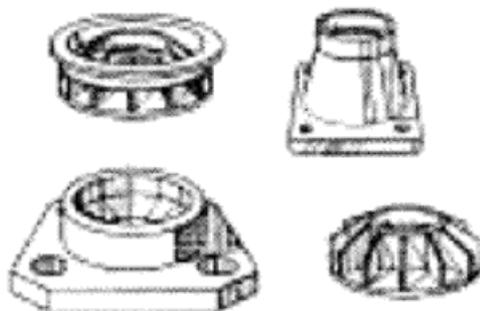


Figura 1. Ejemplo de productos que podrían constituir una familia.

Fuente: (De La Fuente Garcia & Fernandez Quesada, 2005)

**2.2.3.4. Distribución basada en el producto.** Esta distribución se usa en aquellos procesos de producción en los que la maquinaria y los servicios auxiliares se proceden uno a continuación del otro de forma que los materiales tengan una fluides directa desde una estación de trabajo a la siguiente, teniendo en cuenta la secuencia de proceso del producto, esto quiere decir que en el mismo orden que marca la propia evolución del producto a lo largo del proceso de producción. En la Figura 2. Ejemplo de distribución por producto. se puede observar un ejemplo de esta distribución.

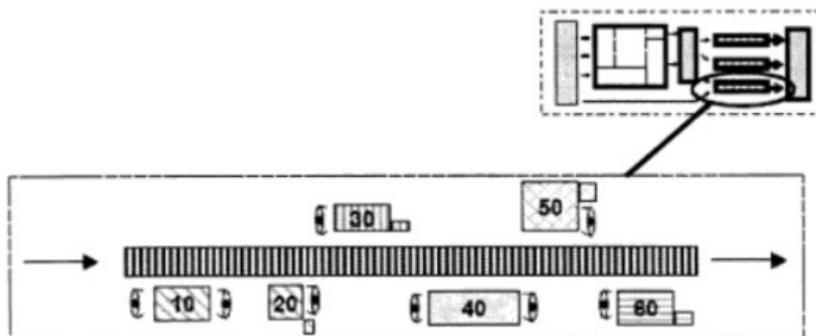


Figura 2. Ejemplo de distribución por producto.

Fuente: (De La Fuente Garcia & Fernandez Quesada, 2005)

Esta distribución es adecuada para productos tales que sus niveles de producción sean elevados. Otras características usuales de este tipo de distribución son que los movimientos suelen ser simples y baratos, ya sea que el sistema pueda resultar poco flexible. La obra en curso es menor, como a su vez, el espacio necesario para almacenarla. Los plazos de producción son normalmente reducidos. Los operarios no necesitan una elevada calificación ya que las actividades a desarrollar en sus puestos de trabajo son repetitivas y sencillas. Por lo tanto, el coste en capacitación no es significativo dentro de los costes globales de la empresa.

Se divide esta distribución en dos, la primera es la producción en línea y la segunda la producción de tipo continuo (acero, química). (De La Fuente Garcia & Fernandez Quesada, 2005)

**2.2.3.5. Distribución basada en proceso.** En este tipo de producción tanto la maquinaria como los servicios se agrupan según como se caracterizan sus funciones. Se emplea generalmente cuando existe un bajo volumen de producción de diferentes productos en masa, así como cuando se presenta un frecuente cambio en el volumen o composición, o cuando la distribución de grupo o la de producto no son factibles.

Dos características que pueden definir la distribución basada en el proceso son un pequeño volumen de producción y la necesidad de mano de obra calificada. (De La Fuente Garcia & Fernandez Quesada, 2005)

#### **2.2.4. Limpieza de cereales**

Los cereales cosechados de manera manual o mecánica contienen cierta cantidad de impurezas que deben ser extraídas para una buena conservación de la materia prima, para esto es necesario tener en cuenta dos aspectos importantes de las impurezas; uno de estos es el hecho de

que su presencia hace más difícil la preservación de los granos, y el otro se refiere a las dificultades que estas pueden generar en las unidades almacenadoras. Una gran cantidad de impurezas influye de manera negativa en el producto almacenado, ya que normalmente tienden a humedecer los granos y además de ser un medio favorable para el desarrollo de insectos y microorganismos. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 1993)

**2.2.4.1. Principios básicos de la separación.** La separación de las impurezas de los granos se basa principalmente en las diferencias entre las propiedades físicas de los mismos y las impurezas. Cuando hay una alta similitud entre estas, por ejemplo, mismo tamaño del grano y la impureza, se dificulta la separación de los componentes, en este caso la limpieza del producto se debe hacer teniendo en cuenta la propiedad cuya diferencia es más pronunciada. Las máquinas de limpiar realizan la separación en función de tres características básicas: tamaño, forma y velocidad terminal. Las características de tamaño y forma de un producto interactúan durante el proceso de separación, por lo que es muy importante definir correctamente estas características. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 1993)

**2.2.4.2. Métodos de limpieza.** La limpieza de los productos agrícolas es una práctica que se ha realizado desde hace miles de años y que ha tenido pocos cambios desde entonces, ya que en la actualidad se siguen utilizando los mismos principios mecánicos para la realización de este proceso. No obstante, el avance tecnológico ha permitido que las máquinas modernas realicen estos trabajos de limpieza de una manera muy eficaz.

En el medio rural, los métodos de limpieza que son utilizados son muy rudimentarios; por lo general, las impurezas son separadas por medio del viento, utilizando implementos manuales. En la industria se pueden encontrar equipos más complejos, como máquinas con sistemas de

aspiración de aire y juego de mallas o zarandas. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 1993)

### **2.2.4.3. Sistemas y equipos**

*2.2.4.3.1. Limpieza con viento.* Uno de los métodos más tradicionales y simples para la limpieza de granos es aquel que utiliza el viento, este es un método muy utilizado en la actualidad por los pequeños productores rurales, que cuentan con bajo poder adquisitivo. El sistema consiste en levantar los granos hasta cierta altura y dejarlos caer, logrando de este modo que el viento separe las impurezas más livianas, como hojas, polvo, granos vacíos, etc., este método tiene el inconveniente de que no elimina las impurezas o materias extrañas más pesadas como piedras, arena, terrones, etc., que caen con los granos. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 1993)



Figura 3. Limpieza con viento.

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 1993)

*2.2.4.3.2. Limpieza con zarandas manuales.* El método consiste en utilizar mallas o zarandas manuales realizando un movimiento hacia arriba con la finalidad de elevar el producto y que este se encuentre con la corriente de aire, de este modo el viento se encarga de eliminar las impurezas más livianas, posterior a esto se realiza un movimiento de vibración o de vaivén de la zaranda para propiciar que las impurezas de menor tamaño pasen por los orificios.

Las zarandas manuales son muy utilizadas porque permiten realizar limpieza a pequeñas cantidades de producto de una manera muy eficiente y estas puede ser construidas fácilmente por los mismos agricultores.



Figura 4. Limpieza con zaranda manual.

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 1993)

*2.2.4.3.3. Limpieza con ventilador.* La implementación de los ventiladores para la limpieza de los granos es un método muy utilizado y difundido por algunos países. Básicamente consiste en posicionar un ventilador que produce un flujo de aire, y este se encarga de realizar la separación de las impurezas del producto. Esta separación se efectúa a base de las diferencias de la velocidad terminal de las impurezas y de los granos.

El sistema de limpieza con ventilador permite eliminar impurezas livianas como polvo, tallos, hojas, ramas, etc., y es muy recomendado para la limpieza de granos como el maíz, arroz, frijoles a nivel de pequeños productores.

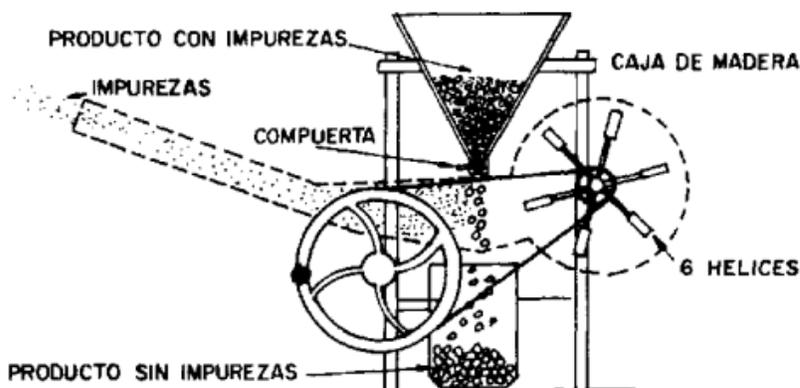


Figura 5. Limpieza con ventilador.

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 1993)

2.2.4.3.4. *Limpieza con zarandas cilíndricas rotativas.* Las máquinas de limpieza con malla cilíndricas rotativas son muy utilizadas en las grandes haciendas, debido a que estas cuentan con una gran capacidad de procesamiento y porque requieren de baja potencia para su funcionamiento. Estas están constituidas básicamente por dos mallas cilíndricas, una dentro de la otra.

En el funcionamiento, los granos entran por la malla interna que posee orificio de mayor diámetro, lo que permite que estos pasen y se retengan las impurezas más grandes. La malla externa posee orificios menores que retienen los granos y permiten el paso de las impurezas menores. Generalmente estas máquinas permiten sustituir las mallas, por lo cual es posible limpiar diferentes tipos de productos.

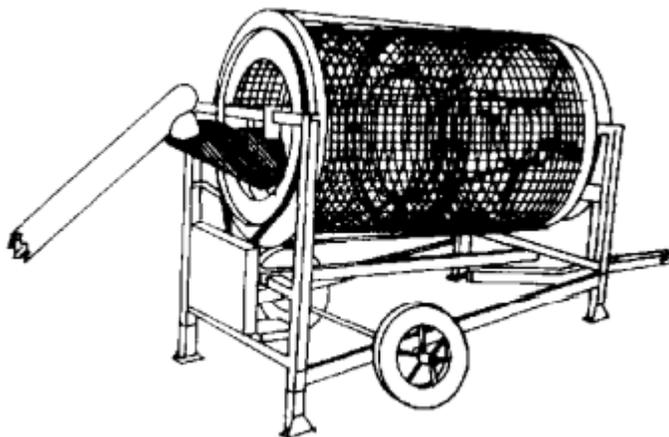


Figura 6. Limpiador de zaranda cilíndrica rotativa.

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 1993)

2.2.4.3.5. *Limpieza con ventilador y zarandas.* Las máquinas para la limpieza que cuenta con ventilador y zarandas constituyen el sistema más eficiente para la limpieza de granos, estas máquinas se utilizan cuando se requiere de una limpieza más eficiente del producto. El sistema cuenta con un ventilador y un conjunto de zarandas, este puede ser utilizado en la operación de pre – limpieza para eliminar la mayor parte de las impurezas o en la operación de limpieza que se da después del secado. La principal diferencia entre un equipo de pre – limpieza y de limpieza es que las máquinas de limpieza tienen ventiladores más potentes, o un mayor número de zarandas lo que permite realizar una limpieza más eficiente.

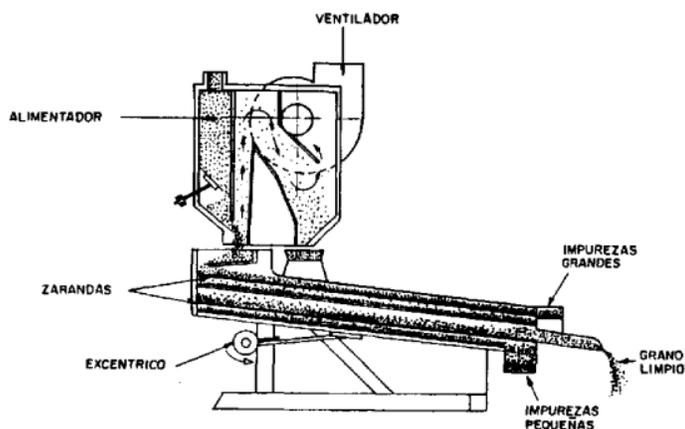


Figura 7. Máquina de limpieza con ventilador y zarandas.

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 1993)

#### ***2.2.4.4. Tipos de sistemas utilizados en las máquinas pre – limpiadoras***

***2.2.4.4.1. Prelimpiadora de granos circuito cerrado tipo “Scalper”.*** Un cilindro tipo Scalper es construido con una malla de alambre que puede ser de abertura cuadrada o de abertura rectangular, las de abertura cuadrada tiende a separar el producto por diferencia de anchura y por el contrario la de abertura rectangular tiende a separar por diferencia de espesor. La finalidad del cilindro Scalper es librar al grano de impurezas mayores tales como pedazos de lana, cabuyas, paja, tallos, etc.

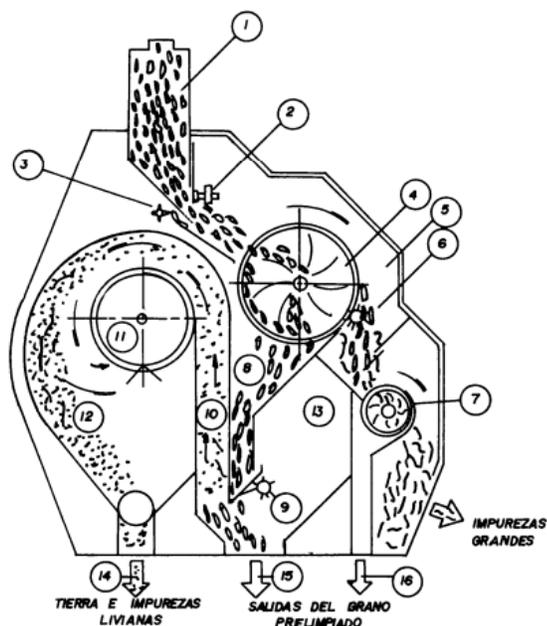


Figura 8. Prelimpiadora tipo scalper.

Tolva recepción (1), Reguladores (2)(3), Cilindro Scalper (4), Cámara de impurezas (5), Regulador cilindro estrella (6), Cilindro Scalper de menor diámetro (7), Grano cribado (8), Compuerta reguladora (9), Cámara de partículas livianas (10), Ventilador (11), Cámara de sedimentación (12), Cámara de aire (13), Salida tierra e impurezas (14), Salida del grano prelimpiado (15)(16).

Fuente: (Buenaver Mussini et al., 1992)

2.2.4.4.2. *Pre – limpiadora de zarandas.* En este tipo de sistemas solo se utiliza un cribado que usa una o más zarandas, y el funcionamiento de cada una de las partes que componen la maquina son las siguientes:

Tolva: Esta se encarga de recibir la semilla o grano que se limpiará, y alimentar el sistema de una manera controlada dentro de los componentes de limpieza de la máquina. Generalmente la velocidad de alimentación puede ser reguladas por medio de una compuerta corrediza o por

medio de un rodillo alimentador colocado en el fondo de la tolva. (Buenaver Mussini et al., 1992)

Cribas o zarandas: Las cribas se encargan de separar el volumen mayor de impurezas o de materiales extraños que se encuentran en el lote de semillas, los tamaños totales de las cribas son variables, así como también los tamaños y los tipos de perforaciones disponibles varían según el tipo de granos o acondicionar. (Buenaver Mussini et al., 1992)

Zapata o cajones de cribas: La zapata es la parte vibradora o sacudidora de la maquina en la cual están colocadas las cribas. La cantidad de cribas puede variar entre uno o dos, dependiendo por lo general del tamaño o capacidad de la máquina. Las zapatas son ubicadas con cierto grado de inclinación para permitir que el grano fluya sobre las cribas. En el caso de las máquinas de dos zapatas la inclinación de las cribas es en direcciones opuestas, formando un V, de modo que el movimiento de una contrarreste la vibración ocasionada por la otra. De esta forma se logra reducir la vibración en la máquina. (Buenaver Mussini et al., 1992)

2.2.4.4.3. *Pre – limpiadora mixta (scalper, zaranda y aire)*. Este tipo de prelimpiadora garantiza un producto de muy buena calidad, logrando aumentar de esta manera la capacidad de secamiento y clasificación. El scalper realiza una prelimpieza inicial logrando extraer todas las impurezas de mayor tamaño como cabuyas, tallos, hoja, etc.

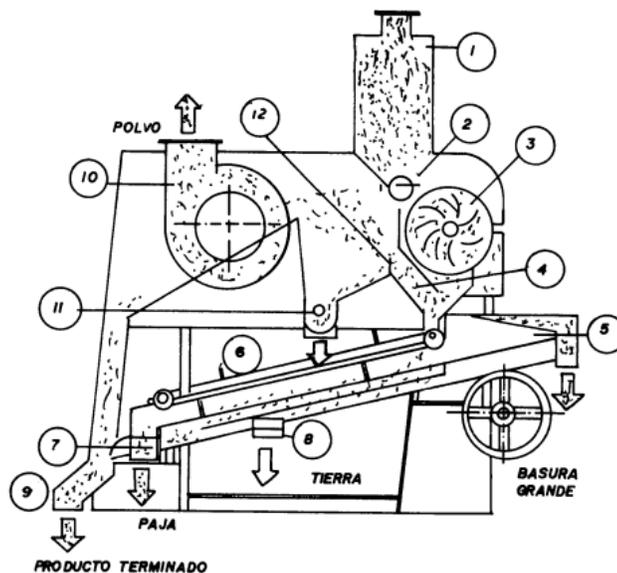


Figura 9. Prelimpiadora mixta (scalper, zaranda y aire).

Tolva de carga (1), Redireccionado del grano (2), Compuerta reguladoras (3), Cilindro Scalper (4), Succión neumática (5), Zaranda (6), Salida de subproducto (6) hacia canales laterales (7) y (8), Túnel de succión de aire (9), Sistema de ventilación (10), Cámara de succión (11), Compuertas reguladora (12) y (13)

Fuente: (Buenaver Mussini et al., 1992)

### 2.2.5. Secado de cereales

La semilla cosechada no debe contener excesiva humedad, debido a que esta ejerce una influencia decisiva sobre el almacenamiento. La semilla con un contenido de humedad demasiado alto se calentará y se deteriorará en el almacenamiento. Por este motivo se debe secar la cosecha inmediatamente después de la recogida, ya sea al sol, viento, o mediante un secado. El proceso de secado no debe ser excesivamente rápido pues este podría reducir la germinación o matar la semilla. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., 1985)

Sin el uso de equipos secadores especiales, la cantidad de humedad que contenga el grano para un almacenamiento seguro, se alcanzará solamente en condiciones de cosecha extremadamente favorables, si la humedad en el grano es extremadamente alta, la semilla almacenada puede resultar dañada. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., 1985)

El secado puede realizarse de dos modos, secado natural o secado artificial.

**2.2.5.1. *Secado Natural.*** El material cosechado, trillado o sin trillar, se seca al sol y al viento, cuando la humedad relativa es baja.

Este método tiene algunos inconvenientes como son el desparramamiento y el acopio posterior de la cosecha, lo cual requieren de mucho tiempo y trabajo, además de otros factores como secamiento demasiado rápido, contaminación con polvo y suciedad y de infestación por insectos.

**2.2.5.2. *Secado artificial.*** Se debe diferenciar entre secado por ventilación y secado por aire caliente.

**2.2.5.2.1. *Secado por ventilación.*** En este proceso se impulsa aire, a temperatura ambiente, a través de la semilla, que es almacenada en suelos o contenedores ventilados. Este proceso solo es efectivo cuando la humedad relativa del aire es baja. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., 1985)

**2.2.5.2.2. *Secado por aire caliente.*** El aire es calentado antes de ser dirigido hacia la semilla, lo cual reduce la humedad relativa de esta, con el fin de eliminar más humedad. En los secadores de aire caliente, el proceso de secado puede completarse en un periodo de tiempo más breve. (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación., 1985)

### 2.2.5.3. Secadoras de flujo continuo

Son aquellas en las que el grano se introduce y descarga en forma continua o intermitente, permaneciendo constantemente llenas las secciones de secado y enfriamiento. Las operaciones de secado y enfriamiento se efectúan en forma simultánea e interrumpida. (de Dios, 1996)

Estas secadoras de flujo continuo se pueden clasificar en 3 distintos tipos que son: verticales, de cascada y horizontales.

*Secadoras de tipo vertical:* Las secadoras verticales también conocidas como secadoras “tipo torre”, se caracterizan por el recorrido del grano, desde la parte superior del secador hasta llegar a la parte inferior, y estas se puede clasificar en varios grupos. (de Dios, 1996)

*Secadoras de Flujo Mixto:* También conocidas como secadoras de “caballetes”, estas tienen como elemento principal, en las zonas de secado y enfriamiento, una serie de conductos en forma de V invertida, por donde circula aire caliente o frío.

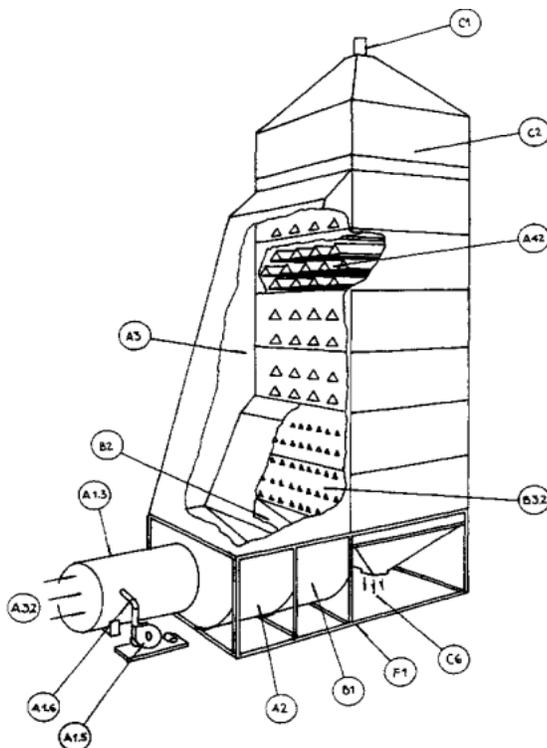


Figura 10. Secador de flujo mixto (caballetes).

A.1.3: cámara de combustión; A.1.5: ventilador para el aire de combustión; A.1.6: conducto de aire para la combustión; A.2: ventilador de aire caliente; A.3: plenum de aire caliente; A.3.2: entrada de aire; A.4.2: cámara de secado (de caballetes); B.1: ventilador de aire frío; B.2: plenum de aire frío; B.3.2: cámara de enfriamiento; C.1: entrada de granos; C.2: depósito de granos; C.6: descarga de granos; F.1: bastidor

Fuente: (de Dios, 1996)

*Secadora de flujo cruzado*: También llamadas como secadoras de “Columnas”, esta posee columnas rectas por donde circula por gravedad el material; estas columnas están formadas por paredes de chapas perforadas, por donde atraviesa el aire caliente o frío en forma cruzada o perpendicular al espesor de la columna.

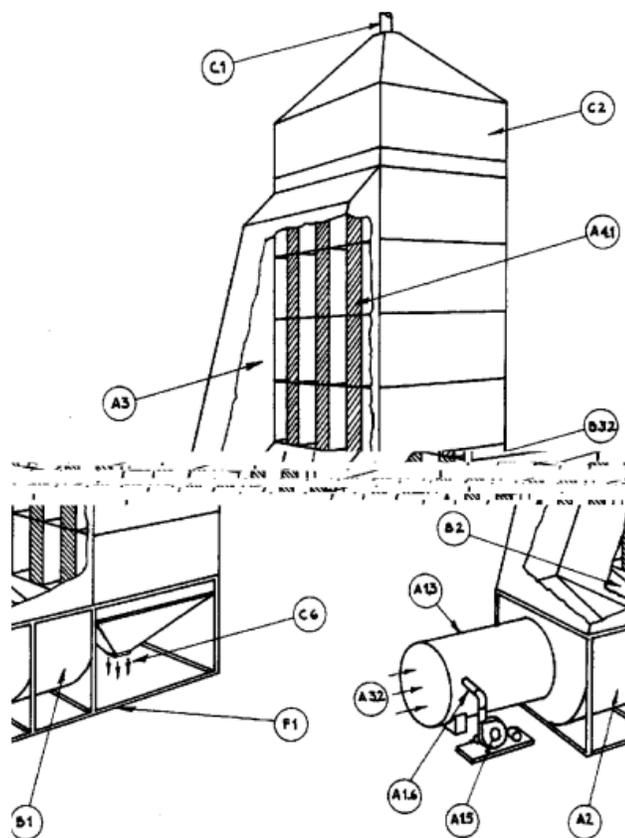


Figura 11. Secador de flujo cruzado (Columnas).

Los nombres de las distintas partes son iguales que los de la Figura 10, con excepción de A.4.1: cámara de secado (de columnas).

Fuente: (de Dios, 1996)

*Secadoras de persianas:* Las secadoras de persianas están conformadas principalmente por tres tabiques verticales, siendo los dos exteriores abiertos por las dos caras, y el tabique medio en zigzag con grandes perforaciones. Este es un sistema que permite que el grano situado en el costado por donde ingresa el aire caliente descienda más rápidamente que el grano situado en el costado opuesto, con el fin de lograr obtener un secado más homogéneo.

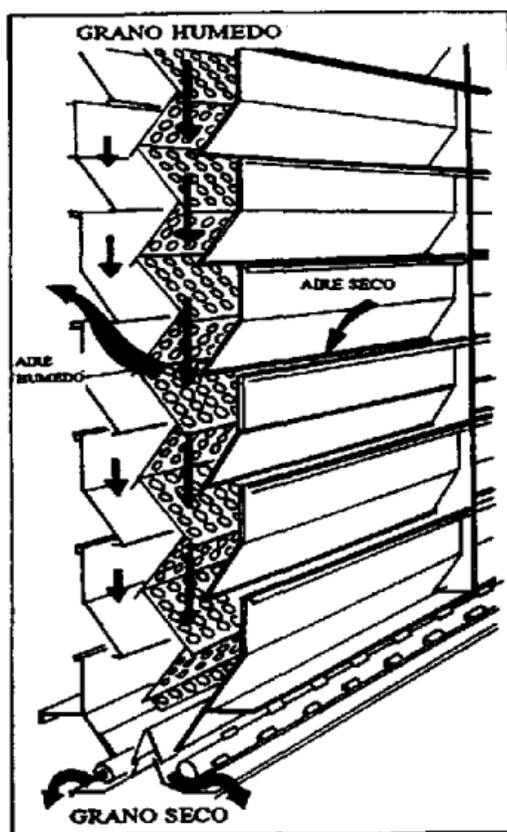


Figura 12. Cuerpo principal de un secador de columnas.

Fuente: (de Dios, 1996)

*Secadores de flujo contracorriente y de flujo concurrente:* Son conocidas como secadoras de flujos paralelos de aire y de grano, las de flujos contracorriente son aquellas en las que el aire y el grano viajan en mismas direcciones, pero en sentidos contrarios. Los de flujo concurrente son las que el aire y el grano marchan en la misma dirección y en el mismo sentido.

*Secadoras de cascada.* Estas máquinas están formadas por uno o dos planos inclinados, compuestos por persianas (las que atraviesan el aire) por las cuales el producto va bajando en forma de una cascada continua. Este es un sistema que tiene la ventaja de que no se tapan los agujeros con impurezas o basuras debido a que no tiene perforaciones en las paredes. También es muy apta para secar semillas muy pequeñas.

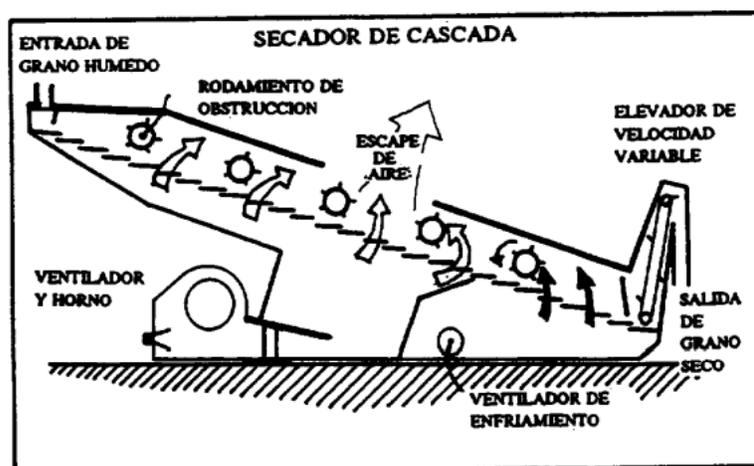


Figura 13. Secador de cascada

Fuente: (de Dios, 1996)

*Secadores horizontales:* Las secadoras horizontales se pueden clasificar en dos tipos, las secadoras horizontales de columnas hexagonales y las secadoras horizontales planas.

Estas secadoras son de operación continuo, cuentan con ciclo de enfriamiento, son más complejas y por lo general suelen ser muy largas, la capacidad de estas máquinas se aumenta haciéndolas de mayor longitud, las secadoras horizontales planas se caracterizan principalmente por tener la sección de secado y enfriamiento en posición horizontal plana.

Estas secadoras también pueden ser usadas para el secado de forraje, pellets y otros productos y subproductos, son secadoras de baja capacidad de secado, generalmente sus capacidades rondan las 5 – 7 toneladas por hora. (de Dios, 1996)

### 2.2.6. Sistemas de transporte mecánico para grano

Dentro de las instalaciones industriales, el transporte del grano de un punto a otro se lleva a cabo mediante dispositivos mecánicos o usando transporte neumático.

Los equipos de transporte mecánico más utilizados en la actualidad son los siguientes:

**2.2.6.1. Cintas transportadoras.** Este es un equipo que está constituido por una banda que es accionada por dos rodillos situados en sus extremos, y sobre el cual se transportan los materiales. Tiene una gran ventaja y es su consumo energético bajo y permite un fácil mantenimiento. Sin embargo, estas no son aptas para productos pulverulentos, aunque estos equipos pueden construirse con estructuras cerradas para reducir la pérdida de material, estas tampoco pueden trabajar con inclinaciones superiores a los 20 – 25°. (Moreno Vega, 2015)

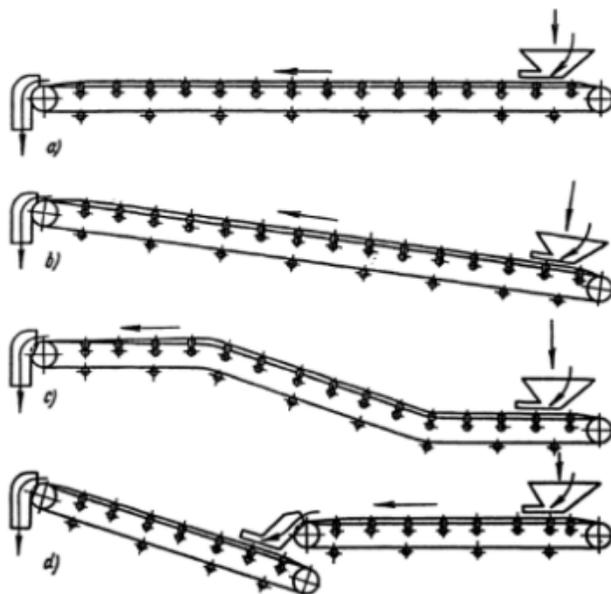


Figura 14. Esquema de transportadores: (a) horizontal, (b) inclinado, (c) horizontal-inclinado-horizontal, (d) horizontal-inclinado.

Fuente: (Miravete & Larrodé, 1996)

**2.2.6.2. Elevadores de cangilones.** Permite el transporte vertical de materiales sólidos, pulverulentos o troceados (de 1 micra a 10 cm), teniendo ventajas como el bajo consumo de energía, bajo coste y simple construcción. Constan de una serie de cubetas, denominadas cangilones, montados sobre una cadena o banda dispuesta verticalmente y apoyada sobre rodillos o tambores motrices. Este es un sistema que se utiliza muy comúnmente para elevar el grano durante el proceso de llenado de los silos de almacenamiento, que siempre se lleva a cabo por su parte superior. (Moreno Vega, 2015)

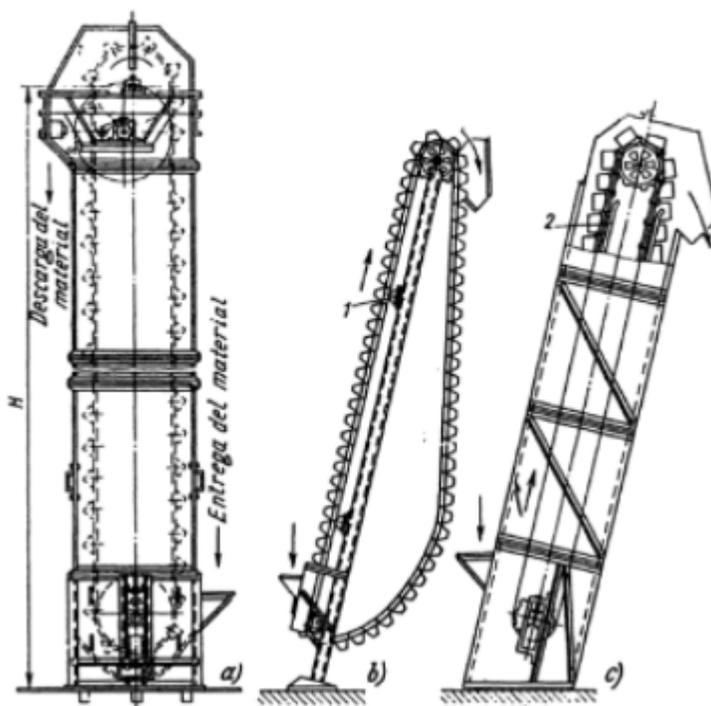


Figura 15. Elevadores de cangilones: a, vertical; b y c, inclinados.

Fuente: (Miravete & Larrodé, 1996)

**2.2.6.3. Transportadores de tornillo sin fin.** Están conformados por una hélice o tornillo montado sobre un eje que se haya suspendido en un canal en forma de “U”, un motor hace girar el tornillo, que debido a su movimiento arrastra el material solido por el canal. Son equipos de

bajo costo y sencilla construcción, y permite el transporte materiales pulverulentos en ambientes cerrados. Uno de sus inconvenientes es su elevado consumo energético, su rápido desgaste, así como la imposibilidad de transportar materiales en grandes pendientes manteniendo su eficacia. (Moreno Vega, 2015)

**2.2.6.4. Transportadores de cadena.** Es un tipo de transportador que desplaza el producto en masa arrastrándolo en flujo continuo dentro de una caja o conducto. La fuerza se comunica a la masa por medio de una cadena provista de travesaño de arrastre de diferentes secciones. Son aptas para materiales pulverulentos de pequeño tamaño de partícula y permiten transportar el producto por superficies inclinadas de hasta  $60^\circ$ , aunque para que este pueda funcionar correctamente es necesario que el producto presente cierto grado de adherencia interna. (Moreno Vega, 2015)

**2.2.6.5. Transporte neumático.** Este tipo de transporte es muy utilizado en la industria de los cereales, es un medio de transporte muy adecuado para materiales ligeros y pulverulentos de no muy alta granulometría, como es el caso de las harinas. Además, es un método muy indicado cuando se pretende mantener el producto fuera de contacto con el ambiente, y de este modo se conserva el producto libre de impurezas. Los sólidos son arrastrados en suspensión en una corriente de aire a través de un conducto cerrado, al final de la cual se encuentra un equipo de separación solido – gas “ciclón”, para separar los sólidos del aire. (Moreno Vega, 2015)

Estos equipos poseen una gran capacidad de transporte en diferentes direcciones, sin embargo, el consumo de energía es muy elevado a comparación con otros métodos de transporte mecánico, requiere del uso de equipos de separación y para ciertos productos se puede ocasionar la formación de nubes de polvo explosivas, debido a la aparición de cargas provocadas por el rozamiento del solido en las tuberías.

Existen en general dos métodos para el transporte neumático:

*En aspiración (vacío):* “Se usa un dispositivo de aspiración que succiona el aire a través de la tubería, lo que provoca el arrastre del sólido, alimentando la misma”. (Moreno Vega, 2015)

*En impulsión:* Un compresor impulsa aire al interior de la conducción, arrastrando con él los sólidos, que se alimentan a la misma. (Moreno Vega, 2015)

### **2.2.7. Equipos de almacenamiento**

El almacenamiento del grano se lleva a cabo tanto a pequeña como a media escala, en la propia granja o en las instalaciones de procesamiento, además también a gran escala en los centros de distribución y comercialización.

A parte de los sistemas de almacenamiento más tradicionales, el grano también puede ser almacenado en bruto, en grandes depósitos verticales u horizontales, o también ensacados y estos apilados convenientemente, siendo conservados en almacenes bien sellados y generalmente contruidos en hormigón.

En el caso del almacenamiento del grano en bruto, el sistema más utilizado son los grandes depósitos cilíndricos verticales conocidos como silos.

En la actualidad los silos son contruidos en acero como también en hormigón y estos pueden llegar hasta las 15000 toneladas de almacenamiento. Los silos que son más frecuentemente utilizados son aquellos que se contruyen mediante placas de acero corrugado y galvanizado, y normalmente disponen de una doble pared. Además, los silos deben contar con una serie de dispositivos adicionales, tales como: boca de llenado y vaciado, boca para inspección y limpieza, en algunos casos se le agregan sistemas de aireación con corriente de aire caliente o no, y elevadores de cangilones para elevar el grano hasta la alimentación del silo.

Existen dos clases de silos de acero para el almacenamiento, que se diferencian principalmente en la forma del fondo de estos, así como en la forma de descarga.

*Silos convencionales de fondo plano:* Este sistema de almacenamiento se diferencia principalmente por tener su fondo plano, y la descarga del material se da mediante la instalación de un tornillo sin fin situado en el fondo de este.

*Silo tolva:* Conocidos también como “Hopper silos” de fondo troncocónico, lo que permite su descarga como si de una tolva se tratara, dando apertura a una compuerta ubicada en su base. Estos silos permiten un menor diámetro y altura que los silos de fondo plano, lo que se traduce en menor capacidad de almacenamiento.

### **2.3. Marco conceptual**

#### **Diseño**

El diseño se refiere a la elaboración de algo (un dispositivo, producto o sistema), el cual puede ser realizado desde cero o consistir en un componente modificado. De acuerdo con esto, el diseño puede ser visto desde tres tipos. El primero es el original, que conlleva la creación de algo desde un punto cero. El segundo se trata del adaptativo, que implica la aplicación de un sistema ya elaborado a una nueva área. El tercer diseño es de tipo variante, que consiste en la variación de aspectos de un sistema, pero la función y el principio de solución siguen siendo los mismos.

(Vanegas Useche, 2018)

#### **Almacenamiento**

Es de vital importancia para los granos ser almacenados de una manera segura hasta su consumo. El almacenamiento requiere tener la seguridad de que el grano este en excelentes condiciones, es necesaria una correcta manipulación de los siguientes factores: la temperatura y

el contenido de humedad, que previenen la invasión de insectos, ácaros, roedores o aves.

(Martínez Álvarez, 2014)

### **Limpieza de grano**

La limpieza es la operación que busca eliminar las impurezas de un lote de granos provenientes del campo, las cuales deben ser separadas para obtener una menor cantidad de material contaminante si se requiere secar, pues esto también disminuye la cantidad de humedad a extraer y mejora a su vez la circulación del aire a través de la capa de granos, aumentando la capacidad y eficiencia de los equipos. (Martínez Álvarez, 2014)

### **Manufactura**

Es el proceso de transformar la materia prima en productos. Esto incluye el diseño del producto, la selección de la materia prima y las fases del proceso a través de los cuales será manufacturado el producto. (Kalpakjian & Schmid, 2002)

### **Maquinas**

“Conjunto de cuerpos resistentes, unidos entre sí, entre los cuales se establecen determinados movimientos relativos y cuya principal misión es transmitir fuerzas desde una fuente de potencia a otro sistema donde han de ser vencidas ciertas resistencias o desarrolladas ciertas funciones mecánicas”. (García Prada et al., 2015)

### **Mecanismos**

“Un mecanismo se puede definir como una cadena cinemática en la que uno cualquiera de sus elementos se ha hecho fijo”. (Avello Iturriagoitia, 2014)

## **Procesos**

Pall (1986) citado por (Arias Coello, n.d.) define un proceso como “la organización lógica de personas, materiales, energía, equipamiento e información en actividades de trabajo diseñadas para producir un resultado final requerido (producto o servicio)”.

## **Producción**

Es la transformación de recursos en bienes o servicios por medio de un proceso, utilizando o por medio de la aplicación de una tecnología determinada. (Anaya Tajero, 2016)

### **2.4. Fundamentos legales**

**Ntc 1700, Icontec.** Esta norma establece los requerimientos mínimos que deben cumplir los medios de salida para facilitar la evacuación de los ocupantes de una edificación, en caso de fuego u otra emergencia.

**Resolución 2400 de 1979, Ministerio de trabajo y seguridad social.** Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.

**Gtc 45, Icontec.** Esta guía proporciona directrices para identificar los peligros y valorar los riesgos en seguridad y salud ocupacional.

**Ley 9 del 24 de enero de 1979.** expedido por el congreso de Colombia por el cual se dictan medidas sanitarias. Por el cual reglamenta el 126 del decreto ley 19 de 2012.

**Decreto 3075 del 23 de diciembre de 1997.** por el cual se reglamenta parcialmente la ley 9 de 1979 y se dictan otras disposiciones.

**Norma Técnica Nts-Usna Sectorial Colombiana 007.** Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos sanitarios que se deben cumplir en los establecimientos de la industria gastronómica, para garantizar la inocuidad de los alimentos, durante la recepción de materia

prima, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización y servicio, con el fin de proteger la salud del consumidor.

**Resolución 000187 del 31-Julio-2006.** Por la cual se establece el reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación, comercialización y se establece el Sistema de Control de Productos agropecuarios Ecológicos.

**Resolución 397 del 31 octubre 1974.** Por la cual se establecen los requisitos específicos mínimos para la Certificación de Semillas básicas y Comerciales de Maíz.

### 3. Diseño metodológico

#### 3.1. Tipo de investigación

La metodología que se maneja en este proyecto es de tipo descriptiva, donde se detalla el problema, se describen las características, y las posibles alternativas para aportar soluciones.

A Continuación, se detalla la metodología de este proyecto, el cual se llevará a cabo en 3 fases para el cumplimiento de los objetivos específicos y el general, esperando con ello cumplir las metas establecidas.

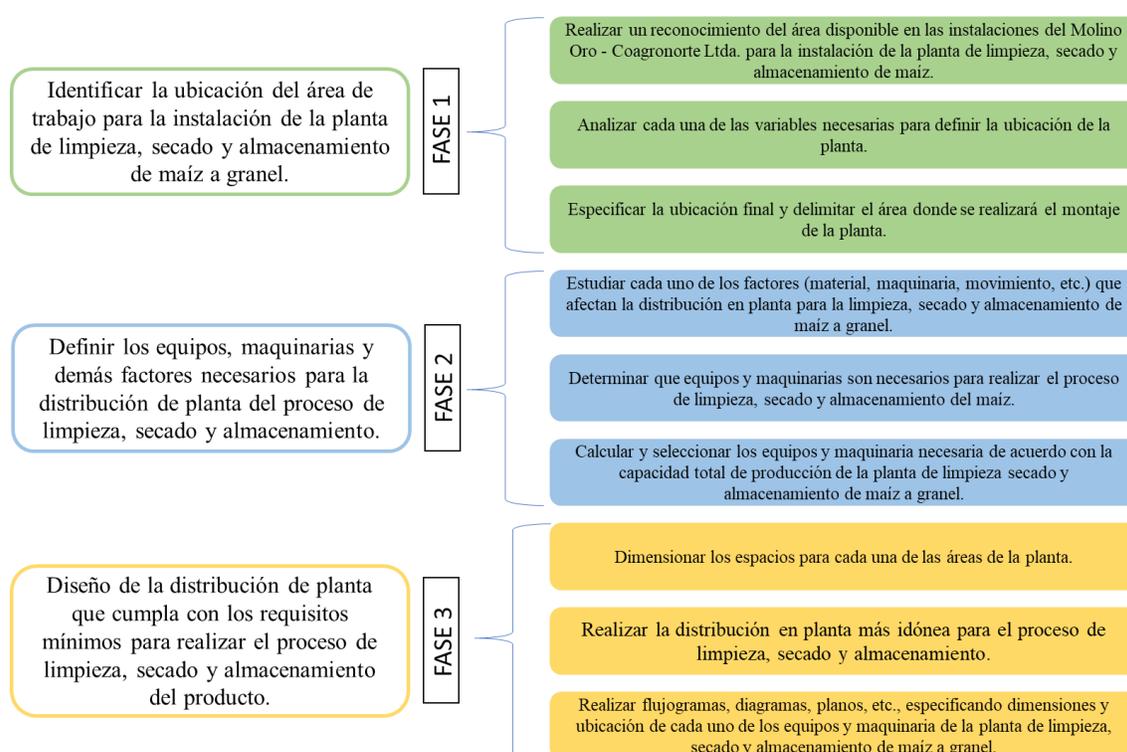


Figura 16. Diseño Metodológico

##### 3.1.1. Primera fase

Realizar un reconocimiento del área disponible en las instalaciones del Molino Oro - Coagronorte Ltda. para la instalación de la planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz.: Realizar recorridos de reconocimiento por las instalaciones del Molino Oro, para de esta forma identificar las áreas disponibles dentro de los terrenos de la cooperativa.

Analizar cada una de las variables necesarias para definir la ubicación de la planta.: analizar variables como área, acceso, energía eléctrica, desagües, etc., que permitan precisar la mejor ubicación de la planta en las instalaciones del Molino Oro.

Especificar la ubicación final y delimitar el área donde se realizará el montaje de la planta.: identificar la ubicación teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado y en base a esto especificar las dimensiones del área disponible.

### **3.1.2. Segunda fase**

Estudiar cada uno de los factores (material, maquinaria, movimiento, etc.) que afectan la distribución en planta para la limpieza, secado y almacenamiento de maíz a granel.: identificar los factores que tienen influencia sobre la distribución, como: Material (materias primas, cantidad, variedad, operaciones necesarias, secuencias), Maquinaria (equipos de producción, herramientas), Movimiento (rampas, conductos, tuberías, transportadores, estibado y colocación, etc.).

Determinar qué equipos y maquinarias son necesarios para realizar el proceso de limpieza, secado y almacenamiento del maíz.: se definen cada uno de los procesos necesarios para la limpieza, secado y almacenamiento del maíz a granel, y con base a esto se especifica el tipo de maquinaria que es necesaria para cada proceso.

Calcular y seleccionar los equipos y maquinaria necesaria de acuerdo con la capacidad total de producción de la planta de limpieza secado y almacenamiento de maíz a granel.: dependiendo de la cantidad de materia prima que se desee procesar se calcularán y seleccionarán los equipos para el procesamiento del maíz a granel.

### **3.1.3. Tercera fase**

Dimensionar los espacios para cada una de las áreas de la planta: especificar el tamaño

necesario de las áreas de la planta como lo es el área de recepción, producción, almacenamiento, despachos, además de espacios para baños, oficinas, etc.

Realizar la distribución en planta más idónea para el proceso de limpieza, secado y almacenamiento.: analizar las posibles distribuciones de las áreas, equipos y maquinaria para de esta forma lograr la mejor distribución que permita realizar los procesos de una manera más eficiente.

Realizar flujogramas, diagramas, planos, etc., especificando dimensiones y ubicación de cada uno de los equipos y maquinaria de la planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz a granel.: a través de herramientas de software realizar diagramas, flujogramas, planos y demás ilustraciones del diseño de la planta.

### **3.2. Fuentes de investigación**

#### **3.2.1. Fuente de investigación primaria**

La principal fuente de investigación son las bases de datos, proyectos, NTC, catálogos, manuales, etc. Todo lo que tenga referencia y sea de utilidad para la realización del proyecto.

#### **3.2.2. Fuente de investigación secundaria**

Artículos de revistas, sitios web

### **3.3. Técnicas y procedimientos para la recolección de información**

La cooperativa Agropecuaria del Norte de Santander – COAGRONORTE LDTA., cuenta con los recursos humanos, financieros y estructurales, necesarios para llevar a cabo los objetivos propuestos.

Los instrumentos mediante los cuales se planea recolectar la información se basan en:

- Bases de datos, proyectos y libros de los cuales se pueda obtener información que sea de utilidad para el desarrollo del proyecto.

- Principales proveedores de equipos y maquinaria del Molino Oro – Coagronorte.
- Cintas métricas: para obtener información de dimensionamiento de áreas y espacios.
- Cámara fotográfica: para realizar el reconocimiento de las áreas disponibles en las instalaciones del Molino Oro – Coagronorte.

### 3.4. Recursos materiales

Alguno de los recursos materiales para el desarrollo de este proyecto son los siguientes: Computador portátil, útiles de escritorio, papel y lápiz, dotación (camisas, pantalón, botas, guantes, casco, lentes de protección, tapa bocas, etc.), cinta métrica, decámetro, cámara fotográfica, transporte, muebles y equipos, software, luz, agua e internet, etc.

### 3.5. Recursos humanos

Los recursos humanos que serán necesarios para el desarrollo de este proyecto son los siguientes:

Tabla 1. Recursos humanos necesarios para el desarrollo del proyecto.

<b>Nombre</b>	<b>Cargo</b>	<b>Profesión</b>
Jaime Daniel Rivera Vaca	Autor del Proyecto	Estudiante de Ingeniería Mecánica UFPS
Meimer Peñaranda Carrillo	Director del Proyecto	Ingeniero Mecánico, Especialista en Practica Pedagógica Universitaria, Magister en Ingeniería Mecánica.
Jaime Daniel Rivera Baldion	Asesor del proyecto	Administrador de Empresas, Mecánico Industrial. Director del Área de Mantenimiento Coagronorte Ltda.

### **3.6. Recursos institucionales**

Las entidades que participan en el proyecto son la Universidad Francisco de Paula Santander y la Cooperativa Agropecuaria del Norte de Santander – Coagronorte Ltda., los cuales cuentan con un convenio interinstitucional de cooperación.

- Recursos bibliográficos facilitados por la Biblioteca Eduardo Cote Lamus.
- Bases de datos y contactos de proveedores del Molino Oro – Coagronorte Ltda.

## **4. Resultados**

### **4.1. Localización de la planta**

La localización de la planta depende de la disponibilidad de ciertos factores, como: infraestructura, servicios básicos, distancia de proveedores de materia prima, etc. Estos influyen en la selección del lugar.

#### **4.1.1. Macro localización**

Tomando en cuenta la disponibilidad del lugar donde se ubicará la planta y la cercanía de la materia prima, se decide situar el proyecto en la ciudad de Cúcuta – Norte de Santander. Este proyecto está dirigido a los municipios pertenecientes al departamento de Norte de Santander, principalmente a El Zulia, San Cayetano, Los Patios, Villa del Rosario, Cúcuta, Puerto Santander y Tibú, debido a que en estos se encuentran los más de 500 socios de la Cooperativa Agropecuaria del Norte de Santander, quienes se encargaran de producir la mayor parte del maíz que será procesado en la planta.

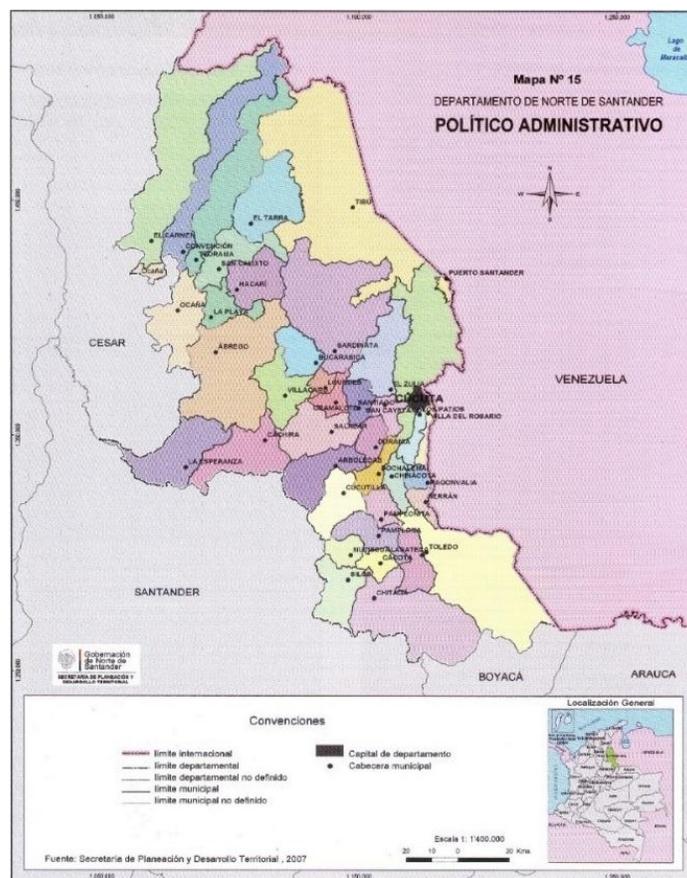


Figura 17. Mapa Político del Departamento.

Fuente: (PDEA Norte De Santander et al., 2020)

**Aspectos geográficos:** El departamento de Norte de Santander está ubicado en el noreste de la región andina del país, cuenta con una superficie de 22.367 km<sup>2</sup> lo que representa el 1.9% del territorio nacional. Limita por el norte y el este con la república de Venezuela, por el sur con los departamentos de Boyacá y Santander, y por el oeste con los departamentos de Santander y Cesar.

El relieve departamental del norte de Santander determina gran variedad de climas; las temperaturas van desde los 30°C, en los valles del Zulia y Catatumbo, hasta los 3°C en los altos páramos. Debido a estas características del relieve se encuentran pisos térmicos cálidos, templado y frío y el piso bioclimático páramo.

#### 4.1.2. Micro localización

La planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz se ubicará dentro de las instalaciones del Molino Oro – Coagronorte, esta se encuentra en la ciudad de Cúcuta más exactamente en el kilómetro 8 de la vía Cúcuta – Zulia.

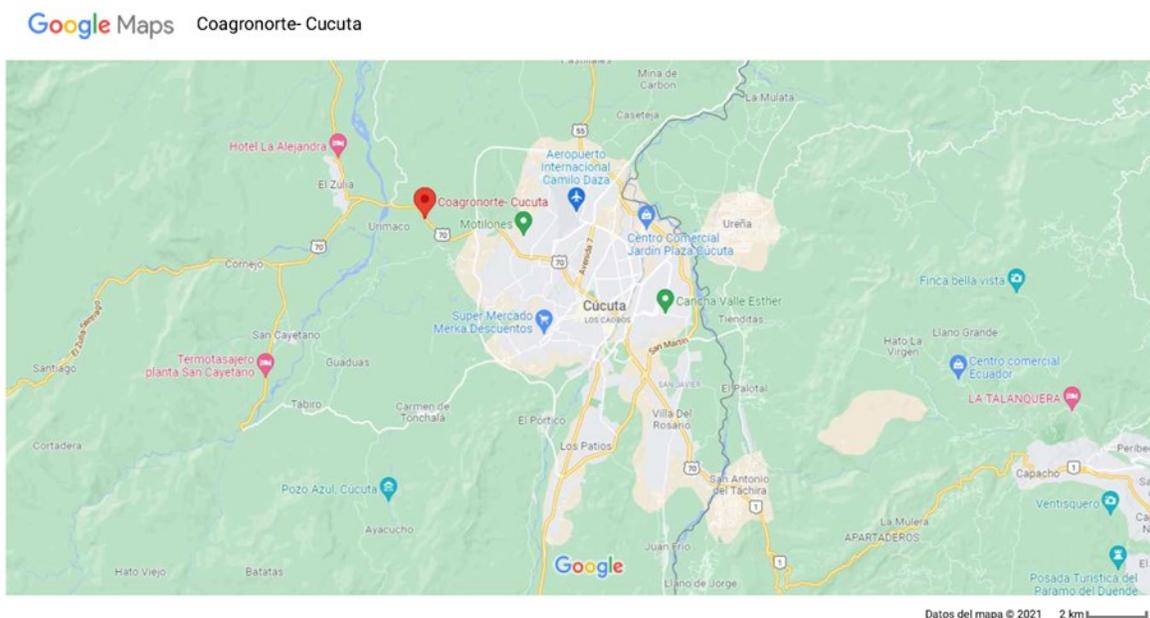


Figura 18. Ubicación del Molino Oro Coagronorte.

Fuente: Google Maps, 2021

En el mapa se puede apreciar la ubicación del Molino Oro Coagronorte además del área metropolitana de Cúcuta y sus municipios aledaños, se decide ubicar la planta en este punto debido a las siguientes consideraciones:

**Disponibilidad de terreno.** La Cooperativa Agropecuaria Del Norte De Santander cuenta con terreno disponible en los predios donde se ubica la planta de producción de arroz blanco “Molino Oro”. Esto facilita las labores de búsqueda de terrenos/bodegas y no se genera ningún costo en cuanto a la compra o renta de estos. Además, en las instalaciones del Molino Oro se

cuenta con los recursos físicos, materiales, humanos, etc., que permitirán el desarrollo del proyecto.

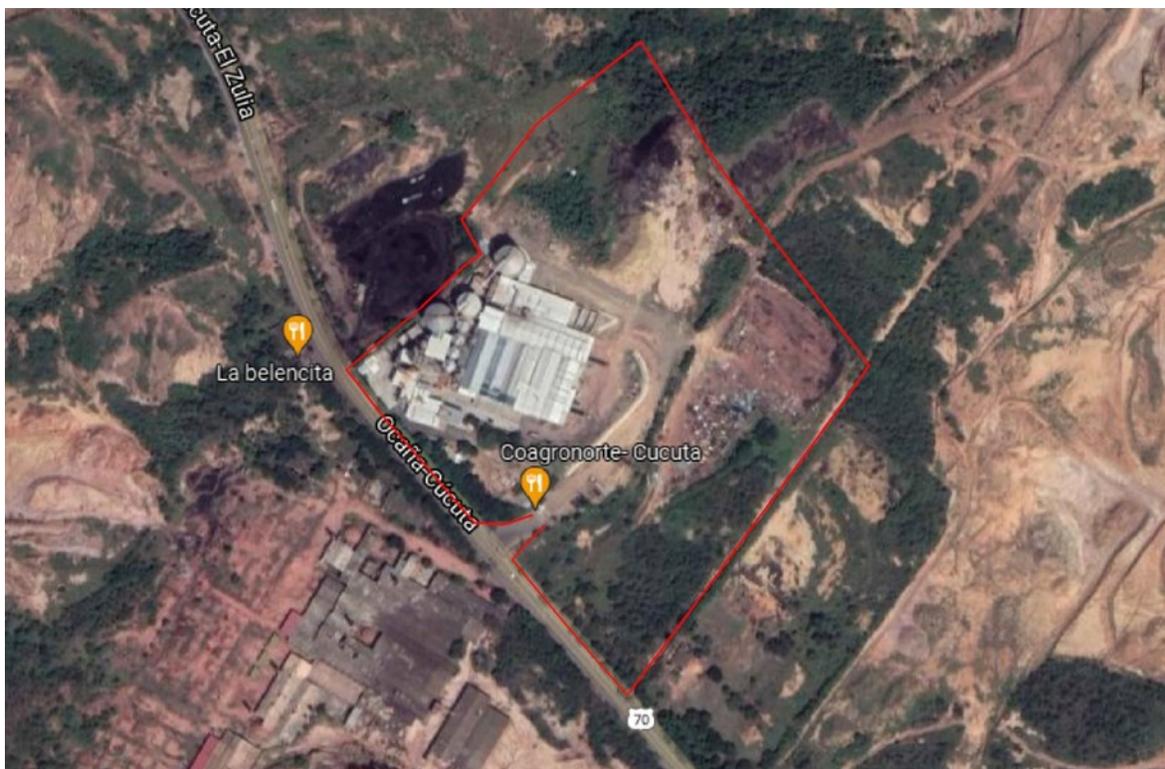


Figura 19. Terrenos de Coagronorte.

Fuente: Google Maps, 2021

**Facilidad y costo de transporte.** Ubicar la planta en la ciudad de Cúcuta facilita el transporte tanto de las materias primas como de los productos procesados. Debido a que esta cuenta con conexión vía terrestre hacia el resto del país destacando destinos como Bogotá, Medellín, Bucaramanga, etc. Asimismo, la carga generada en los municipios de Norte de Santander, especialmente productos agrícolas, es movilizada en buena parte hacia las ciudades de Cúcuta y Bucaramanga (Santander), siendo estos dos los principales centros de acopio de la región.

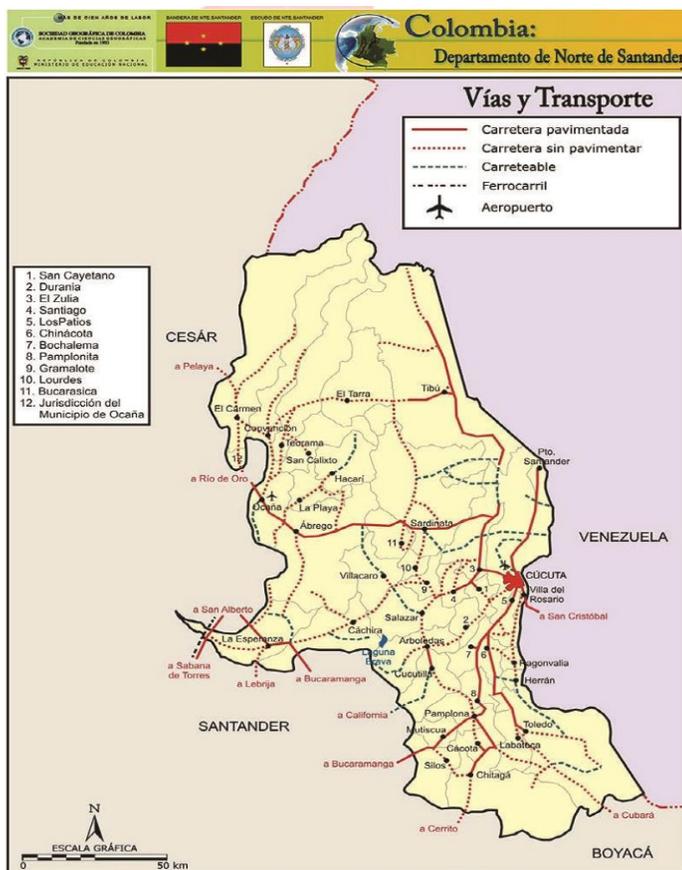


Figura 20. Mapa Vial del Departamento.

Fuente: (PDEA Norte De Santander et al., 2020)

**Disponibilidad de mano de obra e insumos.** Al contar la Cooperativa Agropecuaria Del Norte De Santander con una amplia experiencia en el sector comercial de la ciudad de Cúcuta, esto le permite realizar una buena ejecución del proyecto y una fácil obtención de la mano de obra e insumos necesarios.

**Servicios básicos.** En lo que respecta a este factor las instalaciones del Molino Oro cuentan con servicios de energía eléctrica e internet, el servicio de agua es suministrado en carrotanque y el de gas en cilindros.

**Energía eléctrica adecuada.** El Molino Oro – Coagronorte cuenta con una línea de media tensión de 34500 V que es suministrado a dos subestaciones de la planta, esta energía es transformada a (440V) y (220V) para suplir las diferentes necesidades energéticas de la planta.

#### 4.1.3. Reconocimientos de las áreas disponibles

Para lograr identificar el área donde se ubicará la planta se realizaron recorridos de reconocimiento por los terrenos de la cooperativa y se descartaron áreas que ya se encuentran destinadas a otros proyectos de Coagronorte, con esto se logró identificar la siguiente zona.



- Área disponible para el proyecto.
- - - Planta Molino Oro.
- ..... Áreas destinadas a proyectos de ampliación Molino Oro.

Figura 21. Identificación de zonas.

Fuente: Satellites.pro, 2021

El lugar que se identificó para este proyecto se encuentra ubicado al Este de los terrenos de la cooperativa, y esta tiene un área aproximada de 11752 m<sup>2</sup>.



Figura 22. Delimitación del área disponible.

Fuente: Satellites.pro, 2021

**Condiciones del lugar:** La zona donde se ubicará la planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz, se encuentra en un sitio libre de inundaciones por quebradas o ríos, y no presenta riesgos de deslizamientos.

Un estudio de suelos realizado en marzo del 2021 por el Ing. Armando Maldonado Duarte., donde se tomaron muestras de 3 pozos exploratorios, ubicados en las coordenadas N 7° 55.567' W 72° 34.019'; N 7° 55.555' W 72° 34.019'; N 7° 55.547' W 72° 34.018', dio como resultado que la zona es apta para la construcción de bodega bajo las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda tener en cuenta todas las consideraciones de fundación, presentadas en el informe del estudio de suelos.
- Se recomienda el uso de zapatas aisladas implantadas por lo menos a 2,50 m de profundidad.
- La dimensión mínima de la zapata aislada debe ser de 1,00 m.
- Evitar cajas de repartición de aguas residuales dentro de la edificación.

En el estudio de suelos también se pudo observar que no se encontró nivel freático en las zonas estudiadas, pero se hizo una observación en el pozo exploratorio ubicado en las coordenadas N 7° 55.555' W 72° 34.019' debido a que se detectó a 2,20 m de profundidad una filtración de agua en la pared de excavación, proveniente de una capa de arena.

La localización del lugar con respecto a las vías de acceso es adecuada, por lo que este factor no representa ningún tipo de problema y se asegura la entrada de materia prima al lugar de trabajo, además de la cercanía del transporte público, entre otros.

En la zona también se encuentra una red de alcantarillado, siendo este un factor importante



Figura 23. Red de alcantarillado en la zona de trabajo.

## 4.2. Factores a considerar en el diseño de la planta

Los factores que se consideran pueden variar dependiendo del tipo de producto y del nivel de producción que se desea, para este caso se consideraron las siguientes:

### 4.2.1. Factor Material

#### 4.2.1.1. *Materia prima*

**El maíz.** En Colombia, el maíz es el tercer cultivo con mayor superficie de siembra después del café y el arroz, y es uno de los cultivos más relevantes en el sector agroalimentario, las pocas condiciones requeridas para su cultivo entre las cuales se destacan el ciclo de reproducción, la luminosidad, la temperatura y la humedad, entre otras, permiten su crecimiento y desarrollo en diferentes regiones geográficas. (PDEA Norte De Santander et al., 2020)

***Contexto regional.*** En el departamento se presentan dos modelos de siembra el tecnificado y el tradicional, en Norte de Santander se tiene una producción promedio de 1.2 a 1.5 toneladas por hectárea en el modelo tradicional, por lo general el cultivo se usa como una alternativa de sustento y en muchas ocasiones se utiliza para rotarse con otro cultivo. (PDEA Norte De Santander et al., 2020)

El maíz que será procesado en la planta será tecnificado o también llamado “cultivo mecanizado”, este emplea agroquímicos y diversa maquinaria agrícola para la recolección y el procesamiento del maíz, como sembradoras, recolectores y trituradoras, entre otras. Se caracteriza por el uso de semillas certificadas y su práctica se lleva a cabo en extensiones de tierra relativamente grandes.

En el año 2017, el rendimiento nacional de maíz tecnificado alcanzó las 5,84 toneladas por hectárea (ton/ha), un crecimiento del 9% respecto al año 2016. Este cultivo es dirigido en su mayoría a la producción de alimentos balanceados para animales.

**Características físicas del maíz.** Las características físicas del maíz, pueden variar dependiendo de la variedad del grano y del manejo que se lleve a cabo durante su cultivo. Una de sus principales propiedades es su dureza, ya que esta representa la proporción de contenido proteico que pueda contener el maíz. Los componentes estructurales del grano de maíz son: 82.9 % de endospermo (tejido que rodea el embrión y proporciona alimento para el crecimiento de la semilla), 11.1% de germen (es el embrión del maíz, se encuentra en la parte inferior media del grano), 5.3% de pericarpio (conocido también como cascarilla. Recubre el grano) y 0.8% de punta (parte inferior del grano). (Grande Tovar & Orozco Colonia, 2013)

Para determinar la calidad del grano de maíz, se toman en consideración parámetros físicos como el tamaño, peso, forma y color. En industrias como el alimento balanceado, el tipo de maíz utilizado es el de grano duro de color amarillo, debido a que sus procesos son en seco.

La Cooperativa Agropecuaria Del Norte De Santander proyecta establecer inicialmente 100 ha de maíz tecnificado, he ir aumentando progresivamente sus cultivos hasta lograra superar las 500 ha de maíz cultivado.

#### ***4.2.1.2. Materiales indirectos***

**Empaque del maíz.** Por lo general, el maíz se envasa en sacos de fibra vegetal o fibra sintética, en pesos unitarios que van desde los 40 a 50 kilos, por norma. Asimismo, este puede ser empacado en bolsas de plástico o de papel de 23 kilogramos.



Figura 24. Sacos para empaquetado.

Fuente: Ciaempaques.com.co

**Algunas consideraciones a tener en cuenta son las siguiente:**

Los envases y embalajes deben estar fabricados con materiales tales que garanticen la inocuidad del alimento, de acuerdo a lo establecido en la reglamentación expedida por el Ministerio de Salud y Protección Social, especialmente las resoluciones 683, 4142 y 4143 de 2012; 834 y 835 de 2013 o las normas que las modifiquen, adicionen o sustituyan al respecto.

El maíz deberá envasarse en recipientes que salvaguarden las cualidades higiénicas, nutritivas, tecnológicas.

Los recipientes, incluido el material de envasado, deberán estar fabricados con sustancias que sean inocuas y adecuadas para el uso al que se destinan. No deberán transmitir al producto ninguna sustancia tóxica ni olores o sabores desagradables.

Cuando el producto se envasa en sacos, éstos deberán estar limpios, ser resistentes, y estar bien cosidos o sellados.

**Estibas de almacenamiento.** Para el almacenamiento de productos empacados para su posterior despacho, se exige que estos sean almacenados sobre estibas que permitan mantener el producto separado del suelo.

La Resolución 2674 De 2013 en su artículo 28 (Almacenamiento) numeral 4 establece que: El almacenamiento de los insumos, materias primas o productos terminados se realizará ordenadamente en pilas o estibas con separación mínima de 60 centímetros con respecto a las paredes perimetrales, y disponerse sobre palés o tarimas limpias y en buen estado, elevadas del piso por lo menos 15 centímetros que se permita la inspección, limpieza y fumigación, si es el caso.

**Cascarilla de arroz como combustible para el secado del grano.** El Molino Oro – Coagronorte utiliza la cascarilla de arroz que se produce allí mismo en la planta para reducir la humedad en el grano de arroz con un flujo de aire a alta temperatura, por lo cual para realizar el proceso de secamiento del maíz se utilizara este mismo combustible.

#### ***4.2.1.3. Proceso de producción***

A continuación, se detallan los procesos productivos que serán llevados a cabo en la planta:

**Recepción de las materias primas.** La recepción de la materia prima consiste en la realización de una serie de actividades previas a la descarga del material para de esta forma lograr comprobar si el cereal (Maíz) cuenta con las especificaciones fijadas en el contrato de compra como puede ser el peso, las características fisicoquímicas y el estado sanitario, ajustándose a lo establecido en normas como NTC 271 (Cereales. muestreo), NTC 2227 (Granos y cereales. Maíz. Determinación del contenido de humedad), NTC 535-1 (Alimento para animales. Maíz), etc.

En función de los resultados de las comprobaciones se decide si se autoriza o se rechazará su ingreso a la planta, y posterior se determinará el destino de la mercancía dentro de la fábrica. La descarga del cereal se realiza mediante el volcado en la tolva de recepción.

Por lo cual este proceso comprende las siguientes operaciones:

- Control de calidad
- Pesado
- Descarga en tolva

**Limpieza.** Posterior al recibo el producto es transportado hasta la zona de limpieza, en este punto se busca eliminar las impurezas y materiales extraños que pueda contener el cereal, como, por ejemplo: granos de otros cereales y semillas, polvo, tierra, piedras, etc.

**Silo Verde.** Una vez terminado el proceso de limpieza, se debe decidir si el grano se secará o será almacenado. En caso de que se desee almacenar el maíz, es necesario disponer de silos temperos o también llamados *silos pulmón*, estos se encargan de almacenar el cereal por un periodo corto de tiempo hasta que se tome la decisión de realizar el proceso de secado. La recomendación es no almacenar el maíz por tiempos muy prolongados si este no cuenta con porcentajes de humedad inferiores al 15%.

**Secado.** El maíz al igual que otros tipos de cereales se cosecha con grados de humedad altos, generalmente superiores al 20%, por esta razón es necesario secarlos hasta alcanzar un 13% o menos para así evitar su deterioro, siendo este el proceso más importante de la producción ya que su principal objetivo es reducir la humedad a niveles que no permitan que se produzca la descomposición durante la manipulación y almacenamiento del maíz.

**Almacenamiento.** Una vez el maíz se encuentre limpio y seco este se almacenará en naves o silos durante periodos de tiempo relativamente largos antes de su utilización, para lograr esto es

necesario que este se encuentre lo más limpio y seco posible. Siendo tres los factores que se deben controlar durante la fase de almacenamiento: la humedad, el tiempo y la temperatura de almacenamiento.

**Ensacado.** En este punto el maíz almacenado a granel será empacado en sacos de 40 – 50 kg para su posterior despacho y con esto termina el proceso del maíz en la planta.

### Proceso Productivo.

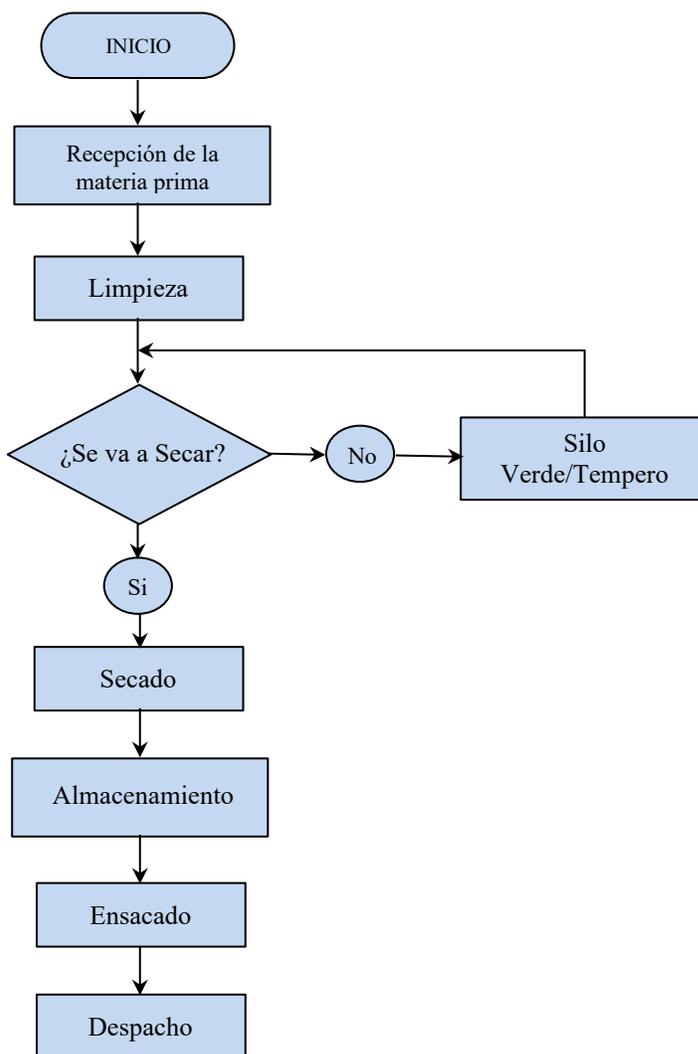


Figura 25. Flujograma del proceso.

#### ***4.2.1.4. Determinación de la capacidad de la planta***

Para definir el tamaño de la planta, se tuvieron en cuenta las consideraciones de la cooperativa agropecuaria del norte de Santander en cuanto a sus proyecciones de siembra de maíz en los terrenos disponibles para realizar la rotación de cultivos. En el año 2020, se llevaron a cabo los primeros ensayos de siembra en la parcela "Borriqueros", ubicada en el municipio de El Zulia, Norte de Santander. En estos ensayos, se logró obtener un rendimiento por hectárea de 6.909 kg con una humedad que rondó entre el 18% y el 22%, y un porcentaje de impurezas de aproximadamente el 4%, en las mejores condiciones del cultivo. No obstante, es importante tener en cuenta que existen diversos factores que pueden afectar la productividad de la siembra, lo que a su vez afectaría su rendimiento, logrando apenas superar los 5.200 kg/ha.

Según (FENALCE, 2022) En su publicación “Plan para avanzar con maíz de producción local en la sustitución competitiva de importaciones hacia la autosuficiencia alimentaria (2023-2026).”, en la cual se proponen una serie de estrategias y acciones para aumentar la producción de maíz local y mejorar la competitividad del sector, se determinó que el rendimiento productivo esperado para el departamento de Norte de Santander en comparación con los rendimientos actuales será de 6 toneladas por hectárea.

Teniendo en cuenta los ensayos realizados por Coagronorte y el rendimiento esperado para el departamento de Norte de Santander, se decidió realizar el dimensionamiento de la planta en base a un rendimiento estimado de 6 toneladas de maíz por hectárea.

La Cooperativa Agropecuaria del Norte de Santander planea iniciar con la siembra de 100 hectáreas e ir aumentando progresivamente sus cultivos hasta alcanzar una siembra total de 500 hectáreas. A partir de esta cantidad de hectáreas, podemos determinar la producción de los cultivos con el rendimiento esperado de los mismos. Con esto, tenemos que los cultivos iniciarán

con una producción de 600 toneladas e irían aumentando hasta alcanzar un total de 3000 toneladas. Se espera que esta cantidad sea recibida en un periodo de 30 días. Por lo cual, se recibiría un total de 100 ton/día, que sería equivalente a 10 ton/hora para 10 horas de trabajo en el recibo.

#### 4.2.2. Factor Maquinaria

A continuación, se da una descripción corta de la maquinaria que será necesaria para realizar los procesos productivos de la planta.

MAQUINARIA/EQUIPO	DESCRIPCION	FIGURA
Bascula Camionera (Recibo)	Para determinar el peso de los granos en la zona de recepción será utilizada una báscula electrónica. Estas básculas utilizan un sistema compuesto por celdas de carga, que por compresión o tracción generan una señal electrónica, facilitando la lectura de esta a través de un software.	
Calador de Cereal	Esta herramienta permite realizar la toma de muestras del maíz, en diferentes puntos del camión que ingresa a la planta.	
Determinador de Humedad del Grano	Equipo utilizado en laboratorio de recibo para determinar el porcentaje de humedad de las diferentes muestras tomadas, logrando de esta forma saber la cantidad de agua que contiene el grano.	

<p>Determinador de Impurezas</p>	<p>Equipo que permite obtener el porcentaje de impurezas realizando una limpieza del grano y separando las impurezas de este, esto mediante un cribado de la muestra y posterior cálculo de la cantidad de materia extraña que contiene el maíz que ingresara a la planta.</p>	
<p>Tolva de Recepción</p>	<p>Tolva ubicada en la zona de recepción, que cuenta en su parte inferior con un sistema de transporte mecánico del cereal, para de esta forma recibir toda la materia prima que ingrese a la planta y transportarla hasta la siguiente etapa del proceso.</p>	
<p>Transporte Mecánico del Grano</p>	<p>Maquinaria de transporte mecánico como elevadores de cangilones, transportador de banda, transportadores de arrastre y transportadores de tornillo sin fin, que trasladaran el maíz por las diferentes zonas de la planta.</p>	
<p>Pre Limpiadora</p>	<p>Máquina que pre acondicionara los granos. Limpiando, clasificando y eliminando efectivamente un alto porcentaje de impurezas.</p>	

Secador	Secadora de flujo continuo, en el que el grano es cargado y descargado de forma continua o intermitente, estando constantemente llenas las secciones de secado. Este tipo de secadoras permiten un secado más uniforme del grano y una menor potencia de circulación del aire.	
Báscula Ensacadora	Equipo encargado de dosificar el producto a empacar, cuenta con un sistema de alimentación, un recipiente de pesaje, un módulo de sujeción y un controlador electrónico de pesaje.	
Cocedora de Bultos	Equipo que sellara los bultos para su posterior despacho o almacenamiento.	

Figura 26. Maquinaria necesaria en los procesos productivos.

#### 4.2.3. Factor Hombre

Este es un factor de vital importancia debido a que es necesario tener a disposición de la empresa el personal capacitado que se encargue de realizar las actividades que sean necesarias para el correcto funcionamiento de la planta.

El hombre es mucho más flexible que cualquier material o maquinaria ya que se puede trasladar, puede dividir o repartir su trabajo, entrenarlo para que realice nuevas operaciones y, generalmente, encajar en cualquier distribución que sea apropiada para las operaciones deseadas. (Muther, 1981)

Para determinar la cantidad de personas que harán parte de los procesos administrativos y productivos de la empresa, se deberá tener en cuenta factores como: complejidad de la actividad a realizar, experiencia necesaria para el cargo, capacitaciones, condiciones de presión laboral a las que estará expuesto, etc., con esto el personal requerido en la planta será el siguiente:

Tabla 2. Requerimientos de personal administrativo, de ventas y de producción.

Cargo	Número de Personas	Funciones	Nivel Académico Requerido	Experiencia
<b>PERSONAL ADMINISTRATIVO</b>				
Gerente General	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Planear, coordinar, organizar y supervisar las actividades que desempeñan las áreas administrativas y de producción.</li> <li>● Administrar los recursos de la empresa, tanto humanos como financieros.</li> <li>● Tomar decisiones críticas, principalmente cuando se trata de asuntos vitales para la organización</li> <li>● Motivar, supervisar y mediar entre el equipo de trabajo</li> </ul>	Profesional Universitario	4 años
Secretaria (o) General	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Ejecutar actividades de despacho y archivo de la documentación que se genera en la institución.</li> <li>● Recibir y despachar la documentación.</li> <li>● Llevar registro de la documentación interna y externa.</li> <li>● Elaborar informes de la documentación.</li> </ul>	Bachiller Técnico / Profesional Universitario	2 años
<b>PERSONAL DE VENTAS</b>				
Director de Ventas	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Planificar las ventas y promover el desarrollo de técnicas de distribución, precios, publicidad y promoción basados en el estado de las ventas y la evaluación del mercado.</li> <li>● Establecer los procedimientos operativos y administrativos relativos a las actividades de ventas y comercialización.</li> <li>● Resolver problemas comerciales y de marketing.</li> </ul>	Profesional Universitario	Mas de 4 años

<b>PERSONAL DE PRODUCCIÓN</b>				
Director de Producción	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Planear, coordinar, dirigir y supervisar el área de producción para asegurar la eficiencia de las operaciones.</li> <li>● Gestionar materiales y materias disponibles en la planta.</li> <li>● Crear y coordinar planes de producción.</li> <li>● Supervisar la labor realizada por los trabajadores en planta.</li> <li>● Gestionar los recursos disponibles para la producción.</li> </ul>	Profesional Universitario	3 años
Auxiliar de Laboratorio	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar los procedimientos técnicos en el laboratorio de recibo, efectuando pruebas y ensayos a la materia prima que ingresa a la planta.</li> <li>● Llevar registro de los resultados obtenidos y demás datos.</li> <li>● Cumplir con las funciones del laboratorio.</li> </ul>	Profesional Universitario	2 años
Operador de Recibo y Secado	3	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Organizar y coordinar las actividades que se desarrollan en las áreas de recibo y secado, manipulando la maquinaria para garantizar su correcto funcionamiento.</li> <li>● Llevar registro de producción y otra información.</li> </ul>	Bachiller Técnico / Tecnólogo	1 año
Operador de maquina ensacadora	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Realizar labores de empaquetado asegurando el suministro de la materia prima necesaria a tiempo y adecuadamente a la máquina.</li> <li>● Manipular y configurar la máquina ensacadora de acuerdo con la programación de producción, garantizando su correcto funcionamiento.</li> </ul>	Bachiller Técnico / Tecnólogo	6 meses

Operarios de despacho	3	<ul style="list-style-type: none"><li>● Responsable de coordinar y ejecutar las actividades de despacho, organizando y controlando el almacén de producto terminado.</li><li>● Realizar el desplazamiento de la mercancía por el área de almacenamiento manipulando estibadores manuales, eléctricos y montacargas. Realizar el cargue del producto terminado en los tráiler y camiones que se despachan en la planta.</li></ul>	Bachiller Técnico / Tecnólogo	1 año
-----------------------	---	--	----------------------------------	-------

#### 4.2.4. Factor Espera/Almacenamiento

El almacenamiento se refiere a los medios utilizados para depositar y mantener en óptimas condiciones los materiales o productos de la planta (materia prima, producto en proceso, producto terminado o archivo documental de las gestiones de la planta) para su proceso productivo y su posterior comercialización. Es de suma importancia saber cómo y dónde almacenar de la mejor manera el producto de la planta para que este logre conservar sus características y tenga un mayor alcance en la cadena de valor.

AREA	EQUIPO	DESCRIPCION	FIGURA
Administrativa	Gabinete	Mueble empleado para guardar documentos o material de trabajo.	
	Archivador	Mueble para clasificar gran cantidad de documentación de forma práctica en carpetas colgantes.	
Almacenamiento de materia prima (Producción)	Silos Temperos	Silos de fondo cónico que almacenará el maíz por un periodo de tiempo corto.	
	Silo de Almacenamiento	Silo fondo cónico encargado de almacenar los granos de maíz limpios y secos para su posterior empacado	

	Estibas	Soportes para la manipulación y almacenaje del maíz ensacado.	
	Estantería Selectiva	Se trata de un tipo de estantería pensada para almacenar estibas de forma mecánica y funcional por medio de montacargas	

Figura 27. Equipos de almacenamiento.

#### 4.2.5. Factor Movimiento

Equipos que son utilizados para el transporte de insumos, materia prima, producto terminado, repuestos, herramientas, etc. para lograr cumplir con los procesos productivos de la planta.

MAQUINARIA/EQUIPO	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Carretilla	Carretilla de carga para el transporte de insumos, materia prima/producto terminado y/o herramienta.	
Estibador Manual	Equipo para el desplazamiento de las estibas cargadas con el producto final por las áreas de bodegas o almacén.	

Estibador Eléctrico	Equipo para el desplazamiento de las estibas cargadas con el producto final que permite la elevación de la carga y que el operador se traslade cómodamente a bordo de esta, reduciendo así el esfuerzo físico del operario y los tiempos de carga.	
---------------------	--	---

Figura 28. Equipos para el transporte de insumos, materia prima, producto terminado, repuestos, herramientas, etc.

#### **4.2.6. Factor de Servicio**

Los servicios en una planta son las actividades, elementos y personal que sirven y auxilian a la producción, estos mantienen y conservan en actividad a los trabajadores materiales y maquinaria.

##### ***4.2.6.1. Iluminación***

Para la iluminación de las diferentes áreas de la planta serán utilizadas lámparas y reflectores tipo LED que son una de las mejores opciones en cuanto a consumo de energía y ahorro de esta. Además, se contará con entrada de luz natural a través de los techos con alternativa de iluminación eléctrica para días con poca iluminación o trabajo nocturno, las adecuaciones en los techos para la entrada de luz natural estarán dirigidos especialmente para las áreas de producción y bodega permitiendo de esta forma alcanzar los niveles de iluminación necesarias para el desarrollo de las actividades realizadas y a su vez importantes ahorros en el consumo de energía de la planta.

En las diferentes áreas productivas se instalarán reflectores led de 100w a 150w o más dependiendo del área que se desea iluminar y la altura a la que se ubicará el reflector. Las áreas

administrativas, oficinas y laboratorio serán equipadas con lámparas de techo tipo led de panel redondo o cuadrado.



Figura 29. Equipos de iluminación.

Fuente: Google Imágenes, 2021.

#### ***4.2.6.2. Ventilación***

La ventilación es una técnica que permite mantener los espacios acondicionados para una mejor comodidad del personal a la hora de llevar a cabo sus respectivas actividades. Para proporcionar un ambiente agradable libre de aire contaminado se instalarán extractores que permitan la ventilación y renovación del aire de las diferentes áreas de la planta, permitiendo que se realicen las actividades de la planta de manera segura y no resulte peligroso e incómodo respirar en los diferentes espacios.



Figura 30. Equipo de ventilación (Extractor de aire eólico).

Fuente: Google Imágenes, 2021

Para áreas administrativas y laboratorio serán utilizados sistemas de ventilación mediante la instalación de aires acondicionados para una mayor comodidad de los empleados.



Figura 31. Equipo de ventilación (Aire Acondicionado).

Fuente: lg.com, 2021

#### 4.2.6.3. Baños

La planta contara con dos baterías de baños separadas por sexo con 6 inodoros, 3 orinales y 8 lavamanos. Estos deben cumplir con lo establecido en la resolución 2400 de 1979, “Artículo 19. Cada inodoro debe ocupar un compartimiento separado y tener una puerta de cierre automático. Los pisos y las paredes, hasta una altura de 1,20 metros, deben ser de un material impermeable (de preferencia, baldosín de porcelana), resistente a la humedad. El resto de las paredes y los cielorrasos, deben ser acabados con pinturas lavables. Los tabiques que separan los compartimientos no deben necesariamente tener la altura de la pieza, pero su altura no será menor de 1,80 metros; se debe dejar entre el piso y el comienzo del tabique una distancia de 10 centímetros para facilitar su limpieza”.

Tabla 3. Dimensiones mínimas en espacios sanitarios.

	<b>Anchura Mínima</b>	<b>Profundidad Minina</b>	<b>Espacio Mínimo</b>
<b>Inodoros</b>	80 cm	120 cm	0.96 m <sup>2</sup>
<b>Orinales</b>	80 cm	-	-
<b>Lavamanos</b>	80 cm	-	-

Fuente: (Resolución 2400 de 1979)

#### ***4.2.6.4. Agua potable***

Debido a que actualmente el agua potable que ingresa a las instalaciones del Molino Oro - Coagronorte es en botellones, se situarán dispensadores de agua fría y caliente en las diferentes áreas de la planta con el fin de servir a los empleados que se encontrarán realizando sus labores diarias.



Figura 32. Dispensadores de agua potable.

Fuente: Google Imágenes, 2021

#### ***4.2.6.5. Servicio de Comedor***

El Molino Oro – Coagronorte cuenta en sus instalaciones con un área destinada al servicio de cafetería y presta sus servicios durante la jornada diurna de trabajo, brindado así una atención confortable al personal, asociados y visitantes que se encuentren en la planta, permitiendo que los trabajadores puedan realizar la compra de sus alimentos para la hora del almuerzo y tiempos de descanso, facilitando al personal que vive lejos de la planta el poder obtener sus alimentos sin tener que desplazarse hasta sus viviendas a tomar su almuerzo y luego volver. La cafetería cuenta con 19 mesas y una capacidad de atención de 76 personas.



Figura 33. Cafetería (instalaciones molino oro).

#### 4.3. Diagrama de proceso y circulación del cereal

Para tener una idea clara de la maquinaria y equipo que intervienen en los procesos que se va a realizar en la planta, se realizó un diagrama de flujo en el que se puede observar la circulación del maíz desde que ingresa a la planta hasta que este es almacenado.

Equipos que intervienen en el diagrama de flujo:

- El maíz a granel ingresa en camiones con capacidades de carga que van desde las 10 a 20 toneladas y se dirige a la báscula electrónica para determinar el peso del camión y la carga que ingresa a la planta.
- El camión se dirige a la tolva de recepción, donde se toman las muestras para el análisis de laboratorio y posteriormente se descarga el producto en la tolva de recepción.

- Para evacuar la carga de la tolva de recepción se utiliza la banda transportadora BT-01, que lleva el maíz hasta el elevador de cangilones EL-01.
- El elevador de cangilones EL-01 conduce el grano a través del sistema de pre-limpieza PL-01 donde se reducen las impurezas del producto del 4% al 1%. Las impurezas irán directamente a costales y el producto limpio continuará el proceso.
- El maíz pre-limpiado se conduce a el elevador de cangilones EL-02 el cual carga el silo pulmón, donde se almacena el producto por un periodo de tiempo corto.
- El silo pulmón descarga sobre la banda transportadora TB-02 dirigiendo el producto de nuevo hacia al elevador de cangilones EL-02, cargando este la torre de secado.
- La torre de secado reduce el porcentaje de humedad que inicialmente es del 18 al 22% hasta alcanzar un valor final del 13%, para esto se utiliza el elevador de cangilones EL-03 y el transportador de banda TB-03 los cuales recirculan el maíz en la torre.
- Una vez realizado el secado del grano, se descarga la torre a través de la banda transportadora TB-03, el elevador de cangilones EL-04 y el transportador de arrastre TA-01. Para finalmente llegar a los silos de almacenamiento.
- Los silos de almacenamiento se descargan sobre la banda transportadora TB-04, conduciendo el maíz hacia el elevador de cangilones EL-04, el cual carga la tolva de despachos de camiones a granel o la máquina ensacadora.

FLUJOGRAMA: PLANTA DE LIMPIEZA, SECADO Y ALMACENAMIENTO DE MAÍZ

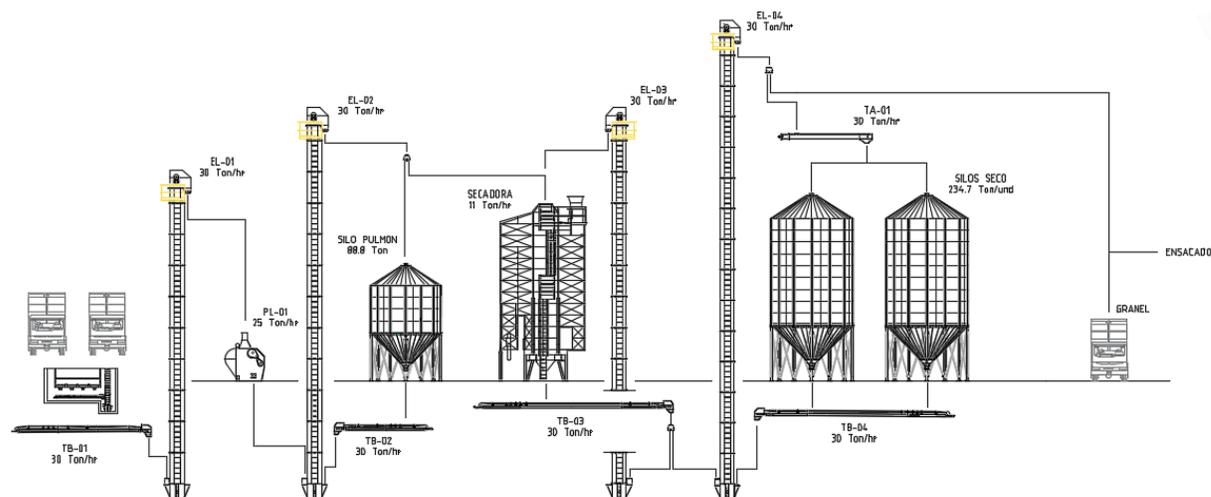


Figura 34. Flujograma del proceso productivo.

#### 4.4. Selección de la maquinaria y equipos

A continuación, se determina la maquinaria y equipo, con especificaciones técnicas, necesarias para cada fase del proceso productivo.

##### 4.4.1. Báscula camionera

La recepción de cereales, semillas o granos en la industria se realiza en vehículos de grandes dimensiones, los cuales deben ser tarados a la entrada y salida de la planta. Este es un proceso que se lleva a cabo mediante la utilización de una báscula camionera. Teniendo en cuenta que la planta de producción Molino Oro ya cuenta con una báscula camionera para el pesaje del arroz que ingresa al molino, será esta misma la encargada de realizar el pesaje de los camiones que ingresan a la planta de secado y almacenamiento de maíz.



Figura 35. Báscula camionera (instalaciones molino oro).

Esta báscula está conformada por tres módulos de concreto reforzado, los cuales están apoyados en 8 puntos, lo que hace que la distribución de la carga sea más equitativa, cuenta con 8 celdas de carga marca trumax modelos CSB con capacidad de carga máxima de 30 Tn.

Tabla 4. Especificaciones báscula camionera Coagronorte

Báscula Coagronorte	
Celdas	TRUMAX MODELO CSB
Capacidad Max	60 klb
Longitud Báscula	18 m
Anchura Báscula	3 m

#### 4.4.2. Calador de cereal

El calado consiste en extraer una muestra del maíz que ingresara a la planta, para esto se usan aparatos apropiados para obtener incrementos de producto a granel o en sacos (por ejemplo: arpones, palas de mano, aparatos mecánicos o asistidos por aire).

Al ingresar el maíz a la planta se deberán tomar muestras del producto para ser enviadas a laboratorio para sus respectivos análisis. Estas muestras serán tomadas dependiendo de cómo se está transportando el cereal, ya sea en sacos o directamente en el camión de carga. La norma NTC 271 establece que, si el maíz ingresa a la planta en sacos, las muestras deberán ser tomadas a diferentes sacos y en diferentes partes del saco (por ejemplo: arriba, la mitad y abajo) y el número de muestras a tomar dependerá de la cantidad de sacos que se están recibiendo.

Tabla 5. Número de sacos a ser muestreados

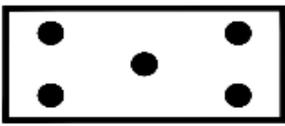
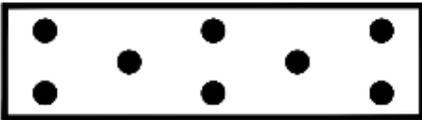
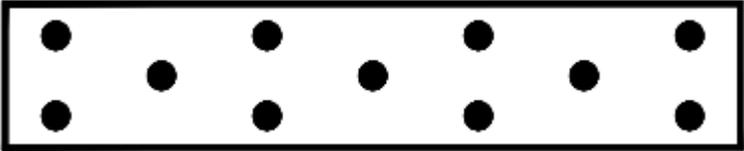
En envió	A ser muestreadas
Hasta 10	Cada saco
10 a 100	10 tomadas al azar
Más de 100	La raíz cuadrada (aproximadamente) del número total tomadas de acuerdo con un sistema de muestreo apropiado

Fuente: (Norma Técnica Colombiana 271:2001)

En caso de que el maíz ingrese cargado directamente en el camión las muestras deberán ser tomadas en diferentes puntos de la carga, estos puntos de muestreo dependen de la cantidad de maíz que esté transportando el camión.

La siguiente tabla sugiere algunos patrones para la toma de la muestra que será analizada en laboratorio:

Tabla 6. Puntos de Muestreo de carga a granel.

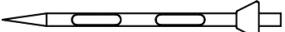
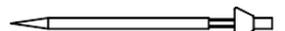
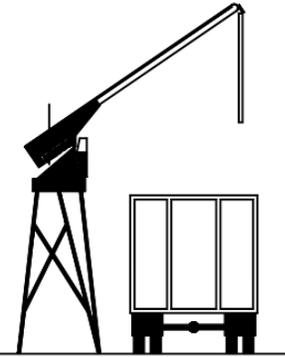
Puntos de Muestreo	
Hasta 15 toneladas: 5 puntos	
De 15 a 30 toneladas: 8 puntos	
De 30 a 500 toneladas: Mínimo 11 puntos	

<b>Más de 500 toneladas</b>	Se toma la raíz cuadrada del tonelaje del grano a granel. Se divide en dos y se redondea al número entero más próximo.
-----------------------------	--

Fuente: NTC 271:2001

Existen dos métodos para realizar el calado, en forma manual o en forma automática, para cada uno de estos métodos existen aparatos que permiten la toma de la muestra. En la siguiente tabla se pueden observar algunos de los diferentes tipos de caladores de muestreo:

Tabla 7. Aparatos para el muestreo de cereales

APARATOS PARA EL MUESTREO DE CEREALES		
PRODUCTO A GRANEL		
Sondas de mano concéntricas	De ventana abierta: de apertura única y múltiples	
	De ventana cerrada con compartimentos: apertura múltiple	
	De ventana abierta con canales abiertos secuenciales: apertura múltiple	
Sonda de profundidad con varas de extensión y manija en forma T	Son de profundidad: tipo concéntricas	
	Pala: tipo cápsula	
Muestreadores mecánicos	Muestreador de profundidad	
	Muestreador de succión	
PRODUCTO EN SACOS		
Sondas de mano	Sonda dinámica de saco	
	Sonda tipo bastón	
	Muestreador concéntrico	

Fuente: NTC 271:2001

De todos estos aparatos los más utilizados en la industria son los caladores manuales de tipo concéntricos y los muestreadores de succión, teniendo en cuenta lo anterior y las recomendaciones que se encuentran en el ntc 271, se seleccionaron caladores de cereal con las siguientes características:

Tabla 8. Especificaciones sonda de doble tubo para calado de camiones gaviagro

SONDA DE DOBLE TUBO	
Longitud	1.50 m
Diámetro	1 1/8"
Funcionalidad	Extracción de muestras de cereal en vehículos a granel
Marca	Gaviagro

Fuente: Gaviagro.com

Tabla 9. Especificaciones sonda para el calado de sacos gaviagro

SONDA PARA SACOS	
Longitud	0.4 m
Diámetro	7/8"
Peso neto	389 g
Funcionalidad	Extracción de muestras de cereal en sacos
Marca	Gaviagro

Fuente: Gaviagro.com

#### 4.4.3. Homogeneizador de muestras

Las muestras a granel se deben dividir para obtener el número requerido de muestras de laboratorio por medio de la división por conos o la división por cuarteos, existen diferentes métodos y equipos para realizar este proceso y entre los más utilizados están: las reglas para cuarteo, divisores de canales múltiples (tipo rifle o cuchilla), divisores cónicos tipo boerner y los divisores de centrífuga (rotatorio).

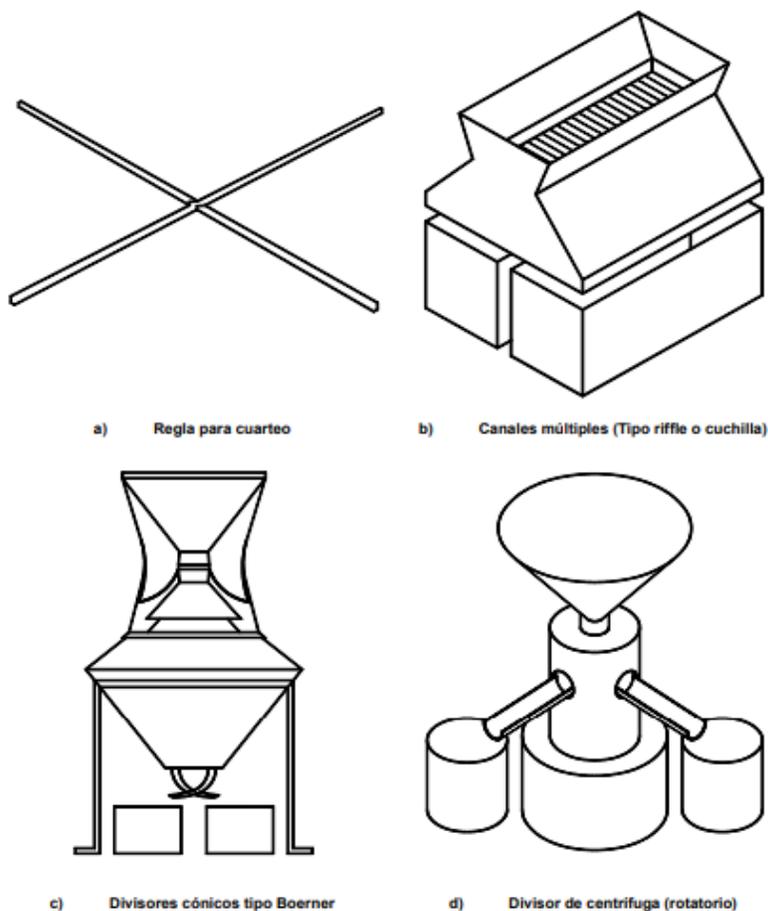


Figura 36. Cuarteadores de muestras.

Fuente: (Norma Técnica Colombiana 271:2001)

Para realizar la división de la muestra se optó por un cuarteador de canales múltiples de la marca Gaviagro con las siguientes características.

Tabla 10. Especificaciones divisor de muestras gaviagro.

DIVISOR DE MUESTRAS GAVIAGRO	
Dimensiones	30 cm x 37 cm x 25 cm
Peso Neto	8 kg
Peso Bruto	10 kg
Funcionalidad	Homogeneización y/o división de muestras de diferentes granos.
Marca	Gaviagro

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Gaviagro.com

#### 4.4.4. Determinador de impurezas

Para separar las impurezas, se utilizan diversos métodos y equipos. En general, las impurezas se separan de los granos por dos sistemas combinados: la aspiración del material más liviano que el grano y la separación por criba de los materiales más grandes que el grano, espigas y otros. Tradicionalmente, en los laboratorios de grano, se ha utilizado el método combinando de aspiración y cribas con equipos e implementos separados.

En este caso se seleccionó un determinador de impurezas de la marca Carter Day - Dockage Tester, el cual es un dispositivo oficial de USDA (Departamento de Agricultura) para el comercio internacional de granos de los Estados Unidos, que combinan el sistema de aspiración con un conjunto de 3 zarandas oscilantes

Este es un equipo que integra la aspiración de vanos y finos, con separación de piedras y material grueso, la separación de granos con espigas y la separación de granos más delgados que el grosor más predominante y los granos pequeños. Cada grano tiene especificadas unas cribas, para el caso del maíz las cribas utilizadas a nivel nacional son: tamices con aberturas redondas de 2.11 mm (1/12 de pulgada) y tamices con aberturas redondas 4.76 mm (12/64 de pulgada).

Tabla 11. Especificaciones Carter-Day Dockage Tester

ESPECIFICACIONES CARTER-DAY DOCKAGE TESTER	
Peso	425 lbs (196 kg)
Largo	46" (1.16 m)
Ancho	36" (0.91 m)
Alto	57" (1.45 m)
Potencia Motor	½ HP
Criba (Maíz)	12/64 in

Fuente: CarterDay.com

#### 4.4.5. Determinador de humedad

El determinador de humedad es un instrumento de medición utilizado para lograr saber cuál es la cantidad de agua contenida en una porción de grano, que es expresada en porcentaje sobre el total de la masa. Actualmente existen múltiples marcas y referencias de equipos de medición de humedad de granos, con diverso origen y precisión, cada país ha ido adoptando los equipos de las diferentes marcas de acuerdo con la preferencia de sus autoridades o de la disponibilidad en el mercado.

Para este caso se seleccionó un determinador de humedad de la marca dickey-john con las siguientes características:

Tabla 12. Especificaciones determinador de humedad - GAC 2500 INTL

Determinador de Humedad - GAC 2500 INTL	
Peso Neto	12 kg
Peso Bruto	14 kg
Dimensiones Equipo	64 cm x 64 cm x 64 cm
Etapas del Proceso	Humedad
Datos Eléctricos	Voltaje 110V Frecuencia 60 Hz

Fuente: Gaviagro.com

#### 4.4.6. Tolva de recepción

Según lo establecido en el punto 4.2.1.4, la capacidad mínima de recepción debe ser de 10 toneladas por hora durante 10 horas de trabajo y se espera que el producto sea transportado en camiones con una capacidad de carga entre 8 y 10 toneladas. Un camión que transporte 170 bultos (aproximadamente 10 toneladas) puede ser descargado en 25-30 minutos con dos personas encargadas de la descarga, conocidas como "bulteadores". Para agilizar el proceso de recepción y permitir un flujo continuo de camiones, se decidió dimensionar la tolva para que sea posible descargar simultáneamente hasta dos camiones (20 toneladas). Se consideró un margen adicional de capacidad para compensar cualquier retraso o problema en el proceso de producción, lo que

llevó a una capacidad total de 30 toneladas. Esto permite que la tolva pueda almacenar la carga de hasta 3 camiones de 10 toneladas o entre 1 y 2 vehículos con una capacidad mayor a 10 toneladas, sin superar la capacidad máxima seleccionada.

La tolva se ubicará al mismo nivel del piso, puesto que esto facilita el trabajo de vaciado de los sacos desde la plataforma del camión sin que los operarios tengan que levantarlos.

Inicialmente se calcula el volumen necesario para almacenar las 30 toneladas de maíz, utilizando la siguiente ecuación:

$$V = \frac{m}{\rho}$$

Donde se toma un valor aproximado para la densidad aparente del maíz en granos de 750 kg/m<sup>3</sup>, siendo el volumen necesario el siguiente:

$$V = \frac{30 T}{0.75 \frac{T}{m^3}} = 40 m^3$$

Partiendo del volumen calculado se realizó el diseño geométrico de la tolva de recepción, para esto se consideraron dimensiones como el ancho y largo de los camiones de carga más utilizados, se decidió que la tolva estará conformada por una parte superior que tendrá una forma rectangular, seguido de un prisma triangular truncado y en su parte inferior la tolva se dividirá en 4 pequeñas tolvas con una geometría de pirámide truncada invertida.

El área superior de la tolva se dimensionó para que sea posible descargar hasta dos camiones al mismo tiempo, siendo sus medidas las siguientes:

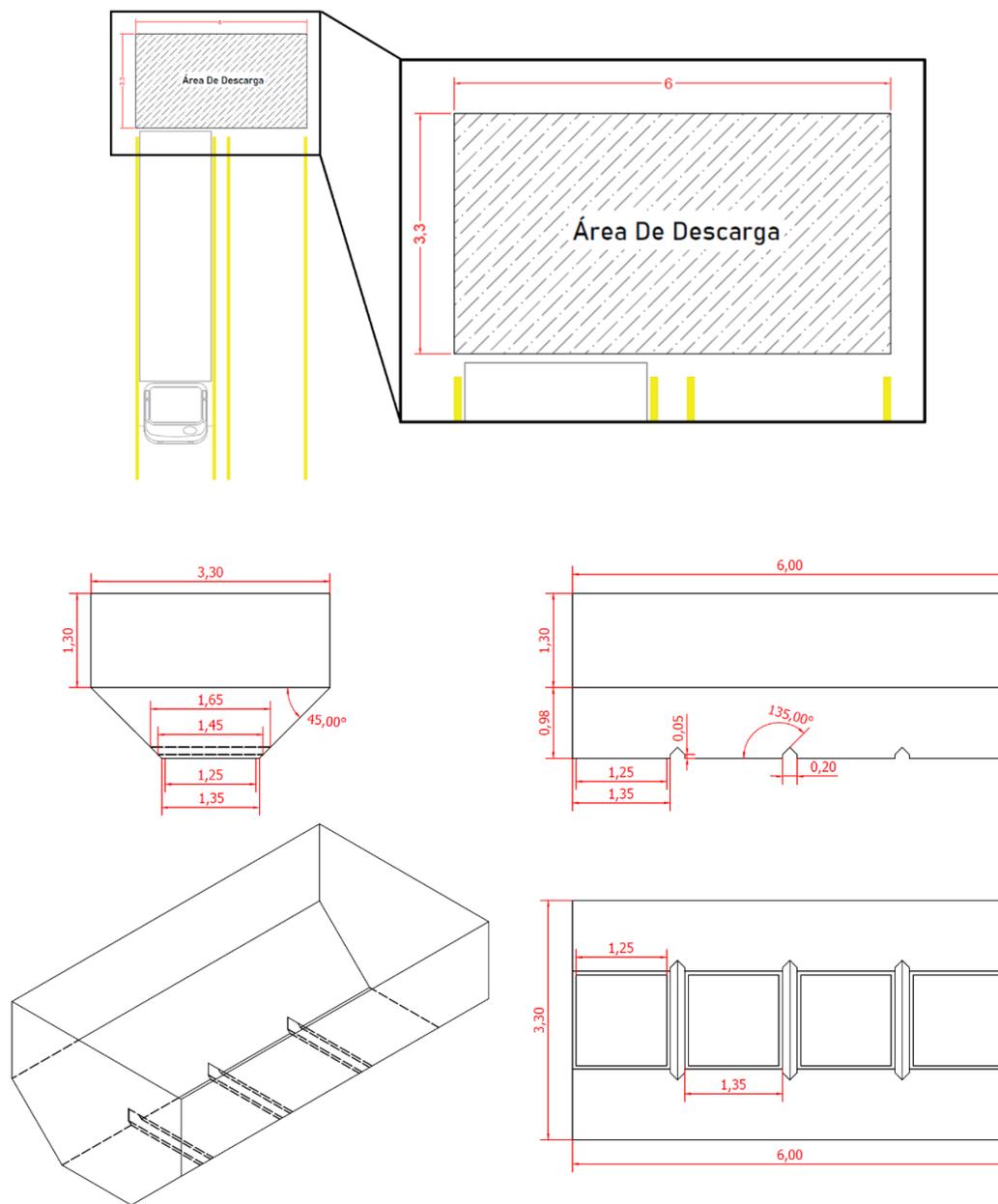


Figura 37. Dimensiones generales tolva de recepción.

A partir de este diseño geométrico de la tolva se calcula el volumen real de la misma.

Geometría rectangular:

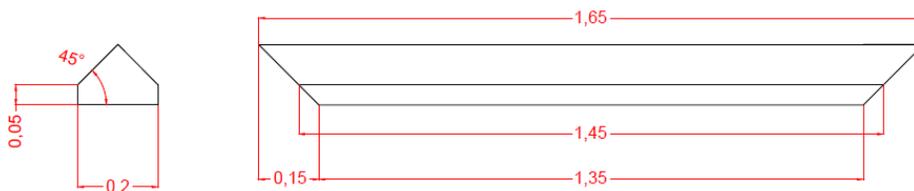
$$V_R = (3.3)(6)(1.3) = 25.74 \text{ m}^3$$

Geometría Prisma Triangular:

$$V_{Pri} = [(1.35)(0.975) + (0.975^2)] * 6$$

$$V_{Pris} = 13.60 \text{ m}^3$$

A este prisma es necesario restarle el volumen de las tres divisiones que direccionan el maíz hacia las salidas.



$$V_{Div} = \left[ \left( (1.35 * 0.05) + 0.05^2 \right) * 0.2 \right] + \left[ \frac{0.2 * 0.1}{2} * 1.45 \right] + \left[ \frac{\frac{0.2^2}{3} * 0.1}{2} \right]$$

$$V_{Div} = 0.0292 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen del prisma es

$$V_{Pris} = 13.60 \text{ m}^3 - (0.0292 * 3) \text{ m}^3$$

$$V_{Pris} = 13.51 \text{ m}^3$$

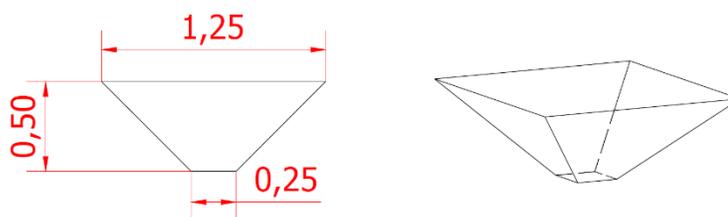
Siendo el volumen total de la parte superior de la tolva de

$$V_{Sup} = V_R + V_{Pris}$$

$$V_{Sup} = 25.74 \text{ m}^3 + 13.51 \text{ m}^3$$

$$V_{Sup} = 39.25 \text{ m}^3$$

Ahora bien, la parte inferior de la tolva se dividirá en cuatro pequeñas tolvas cuadradas que direccionan la carga hacia las salidas de ésta, siendo su geometría y volumen el siguiente.



$$V_{Inf} = \frac{h}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$$

$$V_{Inf} = \frac{0.5}{3} (1.25^2 + 0.25^2 + \sqrt{1.25^2 \cdot 0.25^2})$$

$$V_{Inf} = 0.32 \text{ m}^3$$

Teniendo así la tolva de recepción un volumen total de:

$$V_T = V_{Sup} + (V_{Inf} * 4)$$

$$V_T = 39.25 \text{ m}^3 + (0.32 \text{ m}^3 * 4)$$

$$V_T = 40.5 \text{ m}^3$$

Con esto tenemos que la capacidad real de almacenamiento de la tolva será:

$$m = \rho V$$

$$m = 0.75 \frac{T}{\text{m}^3} * 40.5 \text{ m}^3 = 30.4 T$$

#### 4.4.7. Limpieza del cereal

Para este caso se optó por un equipo el cual la empresa tiene disponible en sus instalaciones, esta es una máquina de pre-limpieza tipo scalpert con una capacidad de 25 - 30 t/h en productos a granel con peso específico de 720 Kg/m<sup>3</sup>, que logra extraer impurezas de un 3% a 4 % de acuerdo al estado en que se encuentre el grano.

Este equipo posee doble tambor de malla especial para eliminar todas las impurezas grandes que provienen del campo como granos y vanos. El grano queda expuesto a una corriente de aire de circuito cerrado que retira impurezas livianas, esta máquina es ideal para la limpieza de cereales como arroz, maíz, soya, sorgo.



Tabla 13. Especificaciones pre-limpiadoras famag scalpert c-13

ESPECIFICACIONES PRE-LIMPIADORA FAMAG SCALPERT C-13	
Capacidad	25 – 30 T/h
Peso	1800 kg
Largo	3040
Ancho	3390
Alto	3702
Potencia Motor	12 (hp) a 1740 (rpm)

Fuente: Coagronorte

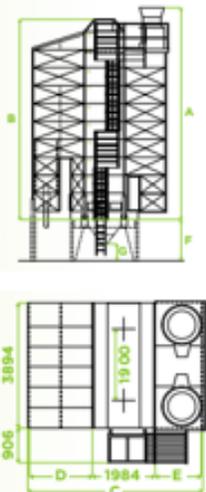
#### 4.4.8. Secado del cereal

Se selecciona una secadora de flujo continuo modelo LAW SBC 11L fabricada por la empresa CFCAI, luego de haber realizado cotizaciones con diversos proveedores.

Esta secadora de flujo continuo es una excelente opción para el secado de granos, ya que ofrece una capacidad de carga de 58.7 m<sup>3</sup> y una capacidad de secado de 11 toneladas por hora, cuenta con dos ventiladores axiales de 18.5 kW cada uno, lo que permite un flujo de aire adecuado para secar los granos de manera uniforme.

En la imagen que se muestra a continuación podemos observar datos y características suministradas por el proveedor del equipo.

DIMENSIONES		SBC 7L	SBC 8L	SBC 9L	SBC 10L	SBC 11L	SBC 12L	SBC 13L	SBC 14L	SBC 15L	SBC 16L
Altura al ventilador	A	8764	9648	10511	11396	12279	13163	14902	15786	16670	17554
Altura a la entrada	B	8092	8976	9860	10744	11628	12512	14280	15164	16048	16932
Altura del marco	C	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2352	2352
Altura salida de grano seco	D	800	800	800	800	800	800	800	800	1152	1152
Ancho total de la secadora	Fuel	5978	5978	6512	6512	7115	7115	8482	8482	8482	8482
	Gas	5978	5978	6512	6512	6512	6512	7468	7468	7468	7468
Ancho camara de aire caliente	Fuel	2454	2454	2454	2454	2454 +603	2454 +603	1440 +2454	1440 +2454	1440 +2454	1440 +2454
	Gas	2454	2454	2454	2454	2454	2454	1440 +1440	1440 +1440	1440 +1440	1440 +1440
Ancho camara de aire usado	G	1440	1440	1974	1974	1974	1974	2454	2454	2454	2454
Posicion ejes de fosa	H	2482	2482	3016	3016	3016	3016	3496	3496	3496	3496



ESPECIFICACIONES TECNICAS		SBC 7L	SBC 8L	SBC 9L	SBC 10L	SBC 11L	SBC 12L	SBC 13L	SBC 14L	SBC 15L	SBC 16L
Capacidad total de la secadora en m <sup>3</sup>		40	44,7	49,3	54	58,7	63,4	73,7	78,4	83,1	87,8
QUEMADOR	Fuel	2WM-L20/1	3WM-L10/4	3WM-L10/4	2WM-L20/2	2WM-L20/2	2WM-L20/3	2WM-L20/3	2WM-L20/3	2WM-L30/1	2WM-L30/1
	Gas	AP 3700	AP 3700	AP 3700	AP 3700	AP 4600					
POTENCIA VENTILADOR (kW)		2x11	2x11	2x15	2x15	2x18,5	2x18,5	2x22	2x22	3x15	3x18,5
Flujo de aire en kg/h del ventilador en marcha		77500	88500	100000	110500	121500	132500	143500	154500	166000	176500
PODER ELECTRICO INSTALADO (incluyendo compresor de aire)	Fuel	28	26,5	34,5	37	44	46	53	53	60	70,5
	Gas	27,2	27,2	35,2	35,2	42,2	42,2	49,2	49,2	50,2	60,7

Figura 38. Especificaciones técnicas secadora Law SBC 11L

Fuente: Cfcai.com

El combustible utilizado para la generación de calor es la cascarilla de arroz, de acuerdo con los datos suministrados por el proveedor de la torre de secado, el equipo tiene un consumo a 55 °C de 697000 kcal/h.

De acuerdo con esto se optó por un horno ciclónico de la marca SuperBrix modelo TEO IV – 1000.

Tabla 14. Especificaciones técnicas horno ciclónico TEO IV - 1000

ESPECIFICACIONES HORNO CICLÓNICO SUPERBRIX	
Modelo	TEO IV - 1000
Capacidad Calorífica	3.412.000 Btu/h
Alto	7.17 m
Ancho	1.47 m
Largo	1.8 m
Alimentación de cascarilla	100 - 200 kg/h
Potencia	2 x 5 + 3 x 0.5 (hp)

Fuente: SuperBrix.com

#### 4.4.9. Silos

##### 4.4.9.1. Silo Pulmón (húmedo)

Con el fin de lograr regular el flujo del producto y optimizar el rendimiento de los equipos en los procesos de recibo y secado, se optó por un silo elevado de la marca Kepler Weber, específicamente el modelo 1804-E.

Cuenta con un volumen total de 117.6 m<sup>3</sup> y capacidad de almacenamiento de 88.8 toneladas de producto con densidad de 0.75 T/m<sup>3</sup>, con esta capacidad seleccionada se podrá recibir casi el 90% de la cantidad que se estima llegará a la planta diariamente (100 toneladas) sin contar la capacidad de la tolva de recepción. Este equipo cuenta con pilares de sustentación de sección rectangular, estos son producidos por la unión de dos perfiles “C” y soldados en arco sumergido, lo cual le garantiza una unión de mayor resistencia, los embudos de descarga de los silos son fabricados con acero galvanizado de alta resistencia y están disponibles en opciones con una inclinación de 45° o 60°.

La selección del silo se basó en su capacidad, resistencia y calidad de fabricación, así como en la confianza en la marca por parte de Coagronorte.

Tabla 15. Especificaciones silo 1804-E Kepler Weber

ESPECIFICACIONES SILO KEPLER WEBER	
Modelo	1804-E

Diámetro Nominal	5.46 m
Altura Total	9.11 m
Altura Cuerpo	3.69 m
Altura Estructura	3.84 m
Volumen Total	117.6 m <sup>3</sup>

Fuente: KeplerWeber.com

#### 4.4.9.2. Silos de almacenamiento (seco)

Para el almacenamiento del producto seco se tomó en consideración que inicialmente la planta solo recibirá 600 toneladas por lo cual no es necesario contar con un almacenamiento de gran capacidad, pero se deberá ir aumentando la capacidad de almacenamiento a medida que aumenten las hectáreas cultivadas, en base a esto se seleccionaron dos silos elevados de la marca Kepler Weber modelo 2109-E, este es un silo que cuenta con un volumen total de 313.0 m<sup>3</sup> y una capacidad estática para el almacenamiento de 234.7 toneladas para materiales con densidad de 0.75T/m<sup>3</sup>, para un total de 469.4 toneladas de capacidad de almacenamiento. Cabe aclarar que también se contará con un espacio para el almacenamiento en estibas por lo cual esta capacidad aumentaría de acuerdo con el espacio disponible en el galpón.

Este equipo tiene las mismas características de fabricación del silo pulmón seleccionado anteriormente, ya que pertenecen a la misma línea de producción de Kepler Weber.

Tabla 16. Especificaciones silo 2109-E Kepler Weber

ESPECIFICACIONES SILO KEPLER WEBER	
Modelo	2109-E
Diámetro Nominal	6.36 m
Altura Total	14.36 m
Altura Cuerpo	8.26 m
Altura Estructura	4.29 m
Volumen Total	313.0 m <sup>3</sup>

Fuente: KeplerWeber.com

#### 4.4.9.3. Silos descarga a granel

El despacho de maíz a granel es una actividad esencial en la industria agrícola y alimentaria. Para facilitar este proceso, se requiere la utilización de silos de descarga a granel, los cuales son equipos diseñados para almacenar y permitir una descarga controlada de grandes volúmenes de maíz y otros materiales a granel.

El equipo seleccionado, de la marca Growket, es un silo que cuenta con una capacidad de almacenamiento de 32,6 m<sup>3</sup>. Su diseño resistente y seguro garantiza la estabilidad y protección de los materiales almacenados, mientras que su sistema de descarga por gravedad facilita una distribución uniforme del maíz durante la carga y descarga.

La selección de este silo se basó en su capacidad adecuada, su eficiencia en la descarga, su diseño resistente y la reputación de Growket como fabricante reconocido en el mercado de equipos industriales, todo esto lo convierte en una solución confiable y efectiva para el despacho de maíz a granel.

Tabla 17. Especificaciones silo G01TA250G60M2 Growket

ESPECIFICACIONES SILO DE DESCARGA A GRANDEL	
Modelo	G01TA250G60M2
Diámetro Nominal	2.50 m x 2 und
Angulo de la tolva	60°
Volumen total	16,30 m <sup>3</sup> x 2 und
Altura Estructura	6.2 m
Altura total	9.75 m

Fuente: Growket.com

#### 4.4.10. Maquina ensacadora

El equipo DCS-50FE-B es adecuado para el embalaje cuantitativo de material granulado y se comporta en excelentes condiciones con gran variedad de granos como lo es el maíz, arroz, trigo, etc. La máquina viene equipada con dos tolvas de pesaje en el interior, además cuenta con: un sistema integrado de control PLC, controlador de peso con pantalla táctil, estructura de tres

sensores para mantener más estable su trabajo continuo. Cuenta con una codificadora por transferencia térmica que en el momento de ajustar el material de empaque para empezar la dosificación este se acciona neumáticamente, codificando en la parte superior izquierda del empaque, fecha de vencimiento y lote de fabricación. Con sistema automático continuo de inicio, peso y descarga. Fácil instalación, operación y mantenimiento, el rango de pesaje es hasta 50 kg, el margen de error de pesada: 0,1% FS.

Este equipo es ampliamente conocido y utilizado en la planta de producción de arroz molino oro. Ha sido seleccionado principalmente debido a las características y funcionalidades que ofrece, las cuales se ajustan de manera óptima a los requerimientos del proceso de empaquetado de bultos de maíz. Además, la facilidad de adquisición a través de los proveedores de maquinaria de la cooperativa ha sido un factor determinante en su elección.

Tabla 18. Especificaciones ensacadoras de bultos DCS-50FE-B

ENSACADORA DE BULTOS DCS-50FE-B	
Rango de peso	15 – 50 kg
Capacidad (bolsas/min)	Entre 6 a 8 bolsas de 50 kg
Tolvas de peso	2
Error de pesaje	0,1% F.S.
Consumo	1,3 kW
Dimensiones generales	3600 x 1100 x 3200

Fuente: ryatechnology.com

## 4.5. Selección de los equipos de transporte mecánico del grano

### 4.5.1. Elevadores de cangilones

Para realizar el cálculo y selección de los elevadores se recurre a diferentes, documentos y catálogos que nos permiten seleccionar los componentes que conforman estos equipos. Como se mencionó anteriormente la planta contara con un total de 4 elevadores de cangilones que harán parte de las diferentes etapas del proceso de producción, estos elevadores contarán con una misma capacidad de transporte (30 t/h). El procedimiento de selección del elevador de

cangilones implica determinar la altura de elevación y el tipo de elevador, seleccionar cangilones y velocidad de transporte, calcular la potencia, elegir la banda de transporte, verificar tensiones, definir longitud de la banda y número de cangilones, seleccionar la unidad de accionamiento y dimensionar la estructura. Con el propósito de simplificar los cálculos de los elevadores 2, 3 y 4, se hará uso de una hoja de cálculo que sigue el procedimiento utilizado para el primer elevador.

#### **4.5.1.1. Elevador de cangilones No. 1**

Elevador encargado de alimentar la prelimpiadora, se pretende transportar 30 ton/h.

##### *4.5.1.1.1. Altura de elevación.*

La altura a la que se elevará el producto dependerá del equipo de pre-limpieza seleccionado.

En la siguiente figura se puede observar la ubicación de la prelimpiadora de acuerdo con la ubicación del foso de la tolva de descarga.

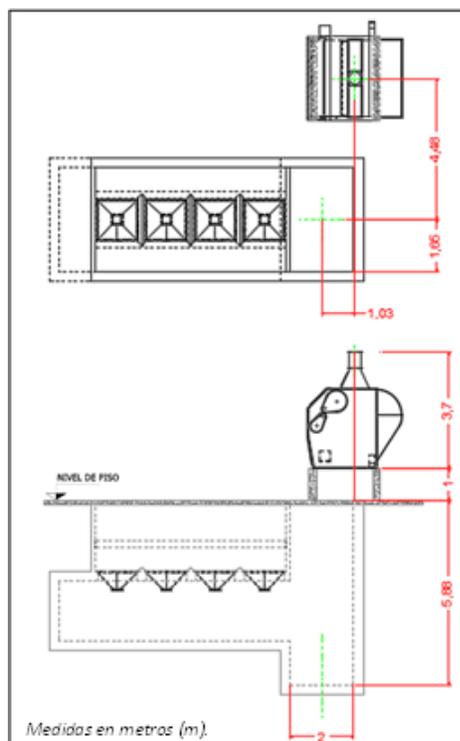


Figura 39. Dimensiones de ubicación de la fosa del Elevador N°1.

Para determinar la altura mínima del elevador sobre la pre-limpiadora, es importante considerar el ángulo de caída de las tuberías de descarga. Un ángulo de  $45^\circ$  proporciona una relación óptima entre el flujo del cereal y el desgaste de los caños. Si el ángulo es demasiado bajo, el cereal no fluye adecuadamente, mientras que un ángulo muy alto aumentará la velocidad y, en consecuencia, el desgaste.

De acuerdo con la figura 39 tenemos que la distancia del centro de la fosa a el punto de carga de la prelimpiadora es:

$$D_{Fosa-PreLimpia} = \sqrt{(1,03 \text{ m})^2 + (4,48 \text{ m})^2}$$

$$D_{Fosa-PreLimpia} = 4,59 \text{ m}$$

Ahora considerando un ángulo de  $45^\circ$  de caída en la tubería de descarga del elevador de cangilones, calculamos la altura mínima del elevador sobre la prelimpiadora  $H_{min}$  como:

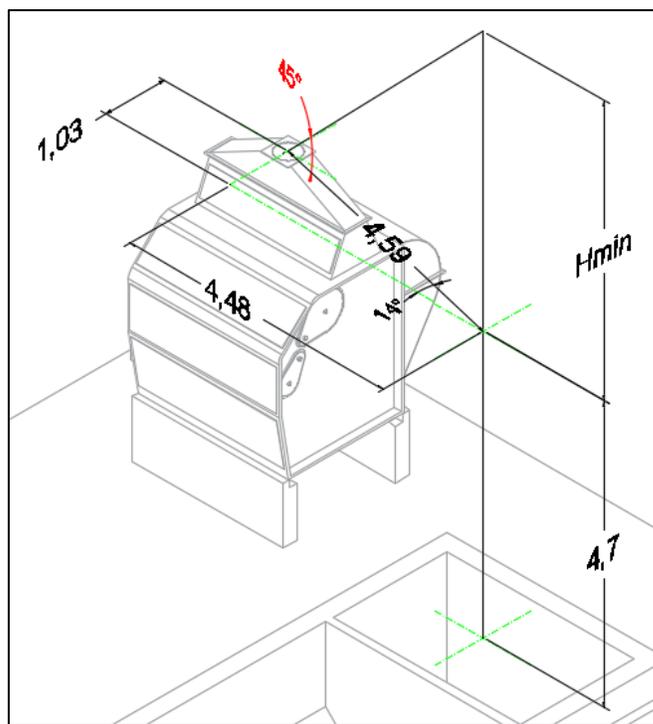


Figura 40. Altura de descarga del elevador N°1 sobre la pre-limpadora.

$$\tan(45^\circ) = \frac{H_{min}}{D_{Fosa-PreLimpia}}$$

$$H_{min} = \tan(45^\circ) * D_{Fosa-PreLimpia}$$

$$H_{min} = \tan(45^\circ) * 4,59 \text{ m}$$

$$H_{min} = 4,59 \text{ m}$$

Por lo tanto, la altura de descarga del elevador n°1 es:

$$H_{Descarga} = 10,58 + H_{min} = 10,58 \text{ m} + 4,59 \text{ m}$$

$$H_{Descarga} = 15,17 \text{ m}$$

#### 4.5.1.1.2. Tipo de elevador.

Con el fin de elegir el tipo de elevador que mejor se adapte a las características del material, inicialmente se hace uso de las recomendaciones proporcionadas por Faço. Para esto, se consulta la tabla 4-04 del manual de transportadores de correa, el cual detalla las especificaciones necesarias para seleccionar el tipo de elevador más adecuado según las propiedades del material a transportar.

Tabla 19. Selección del elevador en función del material

**SELEÇÃO DO ELEVADOR EM FUNÇÃO DO MATERIAL** Tab. 4-04 (cont.)

Tipo Elevador	MATERIAL	Tipo Elevador	MATERIAL	
(SB) CB	dolomita, britada	SB	milho, quebrado	
(SB) CB	ebonita, britada, 1/2" e abaixo	SB	milho, semente	
SB	ervilha, seca	SB	mostarda, semente	
CC	escória de fomalha, granulada	SC	CC	muriato de potássio
SB	feijão, grande	SB	nozes, sem casca	
SB	feijão, seco	SB	ossos, farinha	
SC	feldspato, massa 1/8" e abaixo	SB	CB	ossos, granulados, 1/2" e abaixo
CC	feldspato, pulverizado, 100 mesh e abaixo	SB	CB	ossos, britados
(SC) CC	ferro fundido, rebarba	**		sabão, pérolas ou grãos
SC	fluorita	**		sabão, flocos
SB	fosfato, areia	(SB) CB		sal, seco
(SC) CC	fosfato, rocha	(SB) CB		sal, torta seca, grossa
SB	fubá	(SB) CB		sal, torta seca, britada
CC	fuligem, pelotizada	SB		silica, seca, areia
**	fuligem, pó	SB		soja, farinha
(SB) CB	gelo, quebrado	SC		soja, flocos brutos
SB	gesso, natural, calcinado	SB		soja, inteira
SC	CC	SC		soja, massa fria
	gesso natural, britado 1" e abaixo	SC		soja, massa quente
SC	CC	SB		soja, partida
	gesso natural, pulverizado	(SC)		soja, torta, acima de 1/2"
	grama, semente	SB		terra, bruta
CC	granito, quebrado	SB		terra, quemada
SC	CC	SB		trevo, semente
	ilmenita, minério	SB		trigo
SB	leite, flocos maltados	SB		trigo, farinha
SB	leite, flocos secos	SB		trigo, germe
SB	linhaça	SB		trigo, grão quebrado
SB	CB	SB		trigo, moído
	linhaça, farinha	(SB)		vidro, tornada
(SB)	linhaça, torta expelida	(SB)		vidro, quebrado-caco
SC	CC	(SB) CC		xisto, britado, 1/2" e abaixo
	linhita	SB		xisto redondo, 1/8" e abaixo
SB	CB			
	linho, farelos			
SB	linho, semente			
SB	lúpulo, gasto, seco			
SB	lúpulo, gasto, úmido			
SB	madeira, cavacos			
SB	malte, farinha			
SB	malte, massa seca, 1/8" e abaixo			
SB	malte, seco			
SB	malte, úmido ou verde			
CC	mármore britado, acima de 1/2"			
SB	milho, açúcar			
SB	milho, debulhado			
SB	milho, farinha			
SB	milho, germe			
SB	milho, grão			

**SIMBOLOGIA**

**SB** - centrífugo de correia

SC - centrífugo de corrente

CB - contínuo de correia

CC - contínuo de corrente

\*\* - consultar a FAÇO

( ) - esticador na cabeceira

Fuente: (Fábrica de Aço Paulista S.A., 1996)

En la Tabla 19 se puede apreciar la recomendación específica para el transporte de maíz en granos, la cual es mediante el uso de elevador de cangilones tipo "SB" (elevador centrífugo de correia/banda).

#### 4.5.1.1.3. Selección de cangilones y velocidad de transporte.

De acuerdo con el catálogo "Conveyor Belt Technique Design and Calculation" de Dunlop, la velocidad en un elevador de cangilones varía en función de su propósito y del tipo de carga y

descarga. Este catálogo ofrece una guía de velocidades recomendadas para diversas opciones de carga y descarga en el elevador. En nuestro caso, al considerar que se utilizará un elevador centrífugo y el material a transportar es maíz en grano, se consultan las velocidades recomendadas por Dunlop, las cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 20. Velocidades recomendadas en función del elevador de cangilones, el tipo de carga y descarga.

Type of Bucket Elevator	V (m/s)
Loading direct or by scoop action, gravitational discharge, slow moving for heavy materials such as ballast and earth.	Up to 1 m/s
Loading direct or by scoop action, Centrifugal discharge for normal material such as sand and fertilizer.	1 - 2 m/s
Loading direct or by scoop action, As a rule, centrifugal discharge, very fast running, only with free flowing or light easily scooped material such as grain	2 - 4 m/s and more

Fuente: (DUNLOP, n.d.)

Teniendo en cuenta que el maíz en granos, es un material ligero y que fluye fácilmente, la opción más adecuada sería la carga directa o por acción de pala y una descarga centrífuga, con un funcionamiento muy rápido y velocidades de 1 - 4 m/s.

Considerando lo mencionado anteriormente, se ha realizado la elección del material y tipo de cangilón de acuerdo a las indicaciones proporcionadas en el catálogo de cangilones de la empresa Maxi-Lift.

	POLYETHYLENE	NYLON	URETHANE	FDA NYLON
Color				
Uso	Granos y productos alimenticios	Productos calientes, de alto impacto, abrasivos densos	Materiales abrasivos pesados o pegajosos	Productos alimenticios calientes, de alto impacto y abrasivos
Rango de Temperatura	-120° F to + 180° F (210° F Intermittent)	-60° F to + 300° F (350° F Intermittent)	-60° F to + 180° F (210° F Intermittent)	-60° F to + 300° F
Material Aprobado por la FDA	Si	No	Si	Si
Observaciones	Poliétileno económico y de alta densidad. Material aprobado por la FDA para el manejo de productos alimenticios.	Mejor opción para uso a altas temperaturas, resistente a alto impacto y materiales abrasivos.	Mayor flexibilidad y resistencia a abrasivos. Resiste adherencia de producto y partículas cortantes y filosas.	El mejor para uso con productos alimenticios a alta temperatura, alto impacto y materiales abrasivos.

CARGA PESADA



**HD-STAX - Apilable**  
Poliétileno: Productos Alimenticios



**HD-MAX**  
Poliétileno: Productos Alimenticios



**HD-MAX**  
Uretano: Materiales Pegajosos y Abrasivos  
Nylon: Materiales Calientes y Abrasivos

Figura 41. Cangilones Maxi-Lift., estilos y opciones de material.

Fuente: Bandas, cangilones y accesorios, Maxi-Lift Inc.

Se seleccionan cangilones (HD-MAX CARGA PESADA) para descarga centrífuga a alta velocidad (210 - 900 [FPM] o 1 – 4 [m/s]), con las siguientes características:

TAMAÑO DEL CANGILÓN, PULGADAS*					PERFORACIONES, PULGADAS				PESO, LBS			CAPACIDAD, PULGADAS CU.			DIM.		CAPACIDAD	
DIMENS	Longitud	Proy.	Prof.	Grosor Perfor. Post	Centros	Perfor.	Dimensión Tornillos	Borde al agujero	HDPE	Nylon	Uretano	Nivel Agua	Utilizable 5 grados	Espacio Estándar	Profund.	Utilizable +5%	Espacio Estándar	
10 x 5	10-1/4	5-5/8	5	0.30	4	3	1/4	1-5/8	1.26	1.45	1.73	121.30	138.89	7	4-1/2	138.89	4-1/2	
11 x 5	11-1/4	5-5/8	5	0.30	3-1/8	4	1/4	1-5/8	1.37	1.58	1.88	140.70	153.16	7	4-1/2	153.16	4-1/2	
12 x 5	12-1/4	5-5/8	5	0.30	3-3/8	4	1/4	1-5/8	1.55	1.78	2.12	159.87	167.14	7	4-1/2	167.14	4-1/2	
9 x 6	9-3/8	6-5/8	6	0.30	3-1/2	3	1/4	1-5/8	1.53	1.74	2.10	150.26	165.87	8	5	165.87	5	
10 x 6	10-3/8	6-5/8	6	0.30	3	3	1/4	1-5/8	1.64	1.87	2.23	170.09	185.02	8	5	185.02	5	
11 x 6	11-3/8	6-5/8	6	0.30	3	4	1/4	1-5/8	1.82	2.07	2.49	185.18	200.36	8	5	200.36	5	
12 x 6	12-3/8	6-5/8	6	0.30	3-3/8	4	1/4	1-5/8	1.89	2.15	2.58	200.37	220.58	8	5	220.58	5	

\* Los materiales de moldeo por inyección no siempre encogen de la misma manera. Las dimensiones externas pueden variar. Para tolerancias más estrechas favor de contactar a Maxi-Lift para recibir información adicional. ■ - Indica que el patrón de perforaciones del HD-MAX es diferente al de los de TIGER-TUFF & CC-MAX.

Figura 42. Datos de Cangilones HD-MAX Carga Pesada.

Fuente: Bandas, cangilones y accesorios, Maxi-Lift Inc.

El peso del material a transportar por cada cangilón esta dado por la siguiente ecuación:

$$G = i \cdot \gamma \cdot \varphi$$

Donde,

G: Peso de la carga por cada cangilón.

$i$ : Volumen del cangilón en litros.

$\gamma$ : El peso a granel de la carga en Kg/l.

$\varphi$ : El coeficiente de llenado del cangilón, según sea el tipo de material.

El coeficiente de llenado depende principalmente del tipo de material utilizado, según (Targhetta Arriola & López Roa, 1969) en su libro (“Transporte y almacenamiento de materias primas en la industria básica”, de la tabla XLIX, Pág. 676) para material granular y con pequeños trozos (inferiores a 60 mm), se toman valores de entre 0,7 - 0,8.

Para este caso tomamos 0,8 como coeficiente de llenado del cangilón, con lo cual tenemos:

$$G = \left( 150,26 \text{ in}^3 * \frac{1 \text{ l}}{61,024 \text{ in}^3} \right) \cdot \left( 750 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ l}} \right) \cdot 0,8$$

$$G = 1,48 \text{ kg}$$

Con lo cual, para transportar el caudal deseado de 30 t/h, se requieren de un flujo de cangilones ( $F_c$ ):

$$F_c = \frac{30000 \text{ kg/h}}{1,48 \text{ kg/cangilon}} = 20306,14 \text{ cangilon/h} \approx 5,64 \text{ cangilon/s}$$

Para determinar la velocidad de la banda en metros por segundo (m/s), podemos multiplicar el flujo de cangilones por el paso entre cangilones  $v = F_c \cdot t$ , para este caso utilizaremos un paso entre cangilones de 250 mm.

$$v = F_c \cdot t = (5,63 \text{ cang./s}) \cdot (0,25 \text{ m})$$

$$v = 1,41 \text{ m/s}$$

Verificando que la velocidad se encuentre entre el rango recomendado de entre 1 y 4 m/s, lo cual se cumple.

#### 4.5.1.1.4. Capacidad de transporte.

El caudal “Q” en el elevador de cangilones N°1 viene dado por la siguiente expresión:

$$Q = 3,6 \frac{G}{t} v \text{ (toneladas/h)}$$

Donde,

$Q$ : Flujo del material transportado (t/h)

$G$ : Peso de la carga en un cangilón (kg)

$t$ : Paso entre cangilones (m)

$v$ : Velocidad (m/s)

$$Q = 3,6 \cdot \frac{1,48 \text{ kg}}{0,25 \text{ m}} \cdot \left(1,41 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

$$Q = 30,04 \text{ t/h}$$

Se verifica que se alcanza el caudal necesario de 30 t/h.

#### 4.5.1.1.5. Cálculo de la potencia.

Para determinar la potencia mínima requerida para propulsar el elevador, es necesario calcular la Fuerza Periférica  $F_U$ , la cual representa la resistencia de carga para el transporte del material y las fuerzas de fricción del sistema en movimiento. Esta magnitud se expresa mediante la siguiente fórmula.

$$F_U = c_N * \frac{Q_m * g * (H + H_0)}{3,6 * v}$$

Donde,

$F_U$ : Fuerza periférica (N),

$c_N$ : Coeficiente asociado a fuerzas de fricción, flexiones en la banda y resistencia en los rodamientos de los tambores (para elevadores de cangilones de adopta  $c_N = 1.1$ ),

$Q_m$ : Caudal Nominal del Elevador (t/h),

$g$ : Aceleración gravitatoria ( $\text{m/s}^2$ ),

$H$ : Altura de descarga (m),

$v$ : velocidad (m/s),

$H_0$ : Valor de Corrección de Altura asociado al material a transportar y a la velocidad de banda (m).

El catálogo Dunlop nos facilita la siguiente tabla para realizar el cálculo del valor de corrección de la altura:

Tabla 21. Valor de corrección de altura asociado al material a transportar y a la velocidad de banda.

Type of material	$\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	$H_0$ (m)
Dry and powdery flour, rice, <u>grain</u> , cement	< 1	$4 * v + 1.5$
Fine grained sand, salt, sugar	1 - 1.5	$4 * v + 4$
Coarse grained up to approx. 50 mm gravel, coal, limestone	1.5 - 1.8	$6 * v + 4$
Rough of sticky Clay, earth, broken stone	> 1.8	$6 * v + 6$

Fuente: (DUNLOP, n.d.)

$$H_0 = 4 * v + 1,5$$

$$H_0 = (4 * 1,41) + 1,5 = 7,14 \text{ m}$$

Por lo tanto  $F_U$ ,

$$F_U = 1,1 * \frac{30 * 9,81 * (15,17 + 7,14)}{3,6 * 1,41}$$

$$F_U = 1422,74 \text{ N}$$

Luego, la potencia mínima necesaria (en el tambor conductor) para transportar el material viene dada por:

$$P_T = \frac{F_U * v}{1000} [kW] = \frac{1422,74 * 1,41}{1000}$$

$$P_T = 2,01 kW \approx 2,68 HP$$

#### 4.5.1.1.6. Selección de la banda.

##### 4.5.1.1.6.1. Número mínimo de telas y tipo de telas.

En función al tipo de material a transportar y largo del cangilón, se determina el número mínimo de telas necesario y el tipo de tela. Para ello se emplea la Tabla 22, extraída de la Página N°15.9 del Catálogo de Dunlop.

Tabla 22. Número mínimo y tipo de telas a utilizar.

Load Bulk Density $\rho$ (t/m <sup>3</sup> ) Lump size (mm)	Bucket width (mm)										Ply type	
	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800		1000
$\rho \leq 1$ t/m <sup>3</sup> light flowinge grain, fertilizer oil seed	3	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	EP 100 EP 125 EP 160
$\rho = 1 - 1.5$ t/m <sup>3</sup> 0 - 30 mm 0 - 60 mm 0 - 100 mm	3	3 4	4 4	4 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 5	5 5 6	5 6 6	6 6 6	6 6 6	EP 160 EP 200
$\rho \geq 1.5$ t/m <sup>3</sup> 0 - 30 mm 0 - 60 mm 0 - 80 mm				4	5 4	5 5	5 5	5 6	6 6	6 6	6 6	EP 200 EP 250

Fuente: (DUNLOP, n.d.)

Teniendo en cuenta que la longitud del cangilón es de 238 mm, se determina que la banda a utilizar será de Tipo EP (Carcasa de poliéster-nylon) con un número de 4 lonas.

Con estos datos, se procede a la preselección de una banda y un diámetro de tambor para calcular las tensiones del sistema. Del catálogo de productos de la empresa Icobandas, se selecciona la banda ENL-150 630/4, la cual presenta las siguientes características.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	icobandas ENL-150				icobandas ENL-200				icobandas ENL-300			
		300/2	500/3	630/4	750/5	400/2	630/2	800/4	1000/5	630/2	900/3	1200/4	1500/5
Tipo													
Número de lonas		2	3	4	5	2	3	4	5	2	3	4	5
Espesor total	mm	2,4	3,8	5,2	6,6	2,4	3,8	5,2	6,6	3,4	5,3	7,2	9,1
Peso	g/pulg/m	71	119	178	233	71	122	185	233	66	150	214	273
Carga de trabajo	lb/pulg	168	252	336	420	220	330	440	550	336	504	672	840
Carga de rotura	lb/pulg	1680	2520	3360	4200	2200	3300	4400	5500	3360	5040	6720	8400

Figura 43. Características bandas ENL-150 Icobandas.

Fuente: Icobandas.com

El radio de las poleas lo podemos calcular de acuerdo con la siguiente expresión,

$$r = \frac{v^2}{g} = \frac{\left(1,41 \frac{m}{s}\right)^2}{9,81 \frac{m}{s^2}} = 0,202 m$$

Con lo cual el diámetro es 0,404 m, con esto se selecciona un diámetro estándar de 16 pulgadas (406 mm), donde la polea superior (motriz) y la polea inferior (conducida) contarán con las mismas dimensiones.

#### 4.5.1.1.6.2. Ancho de la banda.

Para determinar el ancho mínimo de la banda  $B$  se considera el ancho del cangilón (238 mm) más un adicional entre 15 y 50 mm, por lo cual seleccionamos un ancho de banda estándar 10 pulgadas (254 mm) y con ancho de la polea de 12 pulgadas (304,8 mm).

#### 4.5.1.1.6.3. Tensión admisible de la banda.

De la Página N° 15.6 del Catálogo de Dunlop, se tiene que la resistencia nominal de la banda viene dada por la siguiente expresión:

$$k_N = \frac{T_1 * S}{B}$$

Donde,

$k_N$ : Resistencia nominal de la banda (N/mm)

$T_1$ : La suma de todas las tensiones en la banda

$S$ : Coeficiente de seguridad según las temperaturas de operación,  $S = 10$  hasta  $60^\circ C$ ;  $S = 12$  hasta  $80^\circ C$ ;  $S = 15$  hasta  $150^\circ C$ .

$B$ : ancho de la banda

En la siguiente imagen se pueden observar las tensiones a las cuales es sometida la banda.

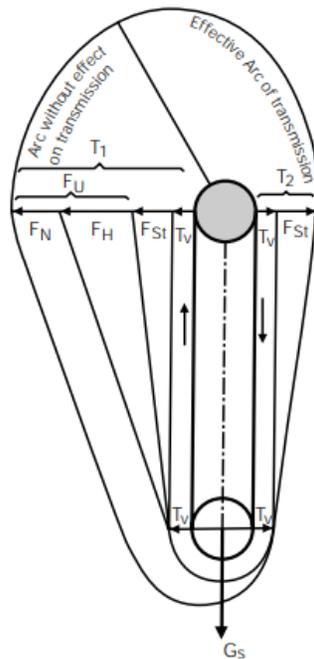


Figura 44. Diagrama de fuerzas involucradas en elevadores de cangilones.

Fuente: (DUNLOP, n.d.)

Como podemos observar las diferentes fuerzas que componen la tensión  $T_1$ , son:

$$T_1 = F_U + F_{St} + T_V + T_T$$

Donde,

$F_U$  = Fuerza periférica (N)

$F_{St}$  = Resistencia que ejerce la banda en vacío (N)

$T_V$  = Pretensado de la banda (N)

$T_T$  = Peso del Tambor conductor (N)

La fuerza periférica ya fue calculada anteriormente y es igual a:

$$F_U = 1422,74 \text{ N}$$

La resistencia que ejerce la banda en vacío se calcula con la siguiente expresión:

$$F_{St} = H * 9,81 * (m'_B + m'_G)$$

Donde,

$H$ : Altura de descarga (15,17 m)

$m'_B$ : Peso de los cangilones vacíos en un metro de banda (kg/m)

$m'_G$ : Peso de un metro de banda (kg/m)

Para calcular el peso de los cangilones determinamos la cantidad de cangilones por metro [z], de acuerdo con el paso entre cangilones [p].

$$z = \frac{1}{p}$$

$$z = \frac{1}{0,25} = 4 \frac{\text{cangilon}}{\text{m}}$$

El peso del cangilón en polietileno según el fabricante es de 1,53 libras (0,69 kg), con lo cual:

$$m'_B = 4 * 0,69 = 2,76 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

El peso de la banda seleccionada según las especificaciones de Icobandas es de 178 g/pulg por metro de banda y el ancho de la banda es de 10 pulgadas, con lo cual tenemos que el peso de la banda en kg/m es:

$$178 \frac{\text{g}}{\text{in}} * 10 \text{ in} = 1780 \frac{\text{g}}{\text{m}} = 1,78 \text{ kg/m}$$

$$m'_G = 1,78 \text{ kg/m}$$

Así que,

$$F_{St} = 15,17 * 9,81 * (2,76 + 1,78)$$

$$F_{St} = 675,63 \text{ N}$$

Por otra parte, la tensión ejercida por el peso del tambor conductor  $T_T$  depende del peso  $G_T$  [kg]. El cual podemos determinar en base al ancho y el diámetro del tambor haciendo uso de la siguiente tabla,

Tabla 23. Peso del tambor conductor según sus dimensiones

Pulley Width (mm)	Pulley Diameter (mm)						
	315	400	500	630	800	1000	1250
125	16	20	27	35	45	70	110
160	20	25	35	45	60	80	135
250	25	30	45	55	80	115	175
350	40	45	70	90	125	180	270
450	42	60	75	115	160	230	310
550	50	70	80	130	190	300	360
650	55	75	95	150	210	350	420
850	65	90	115	180	250	450	550
1000	80	100	140	200	300	540	680
1250	100	115	160	230	350	670	840
1400	110	125	175	260	370	750	959

Fuente: (DUNLOP, n.d.)

Siendo,

$$T_T = \frac{G_T * 9,81}{2} = \frac{30 * 9,81}{2}$$

$$T_T = 147,15 \text{ [N]}$$

Finalmente, el pretensado de la banda se calcula como (Pag 15.6, "Conveyor Belt Technique Design and Calculation" de Dunlop):

$$T_V = c_2 * k_A * F_U - F_{St} - T_T$$

Donde,

$c_2$ : Factor de impulso (Tabla 25)

$k_A$ : Factor de puesta en marcha.

Donde el factor de puesta en marcha lo calculamos de acuerdo con la siguiente expresión:

$$K_A = 1,5 * \frac{P_N}{P_M}$$

Siendo  $P_M$  la potencia del motor ( $P_M = P_T/0,5 \div 0,95$ ), y  $P_N$  la potencia instalada de gama estándar.

$$K_A = 1,5 * \frac{2,2}{(2,01/0,95)}$$

$$K_A = 1,5625$$

De la Página N° 15.8 (Catálogo Conveyor Belt Technique Design and Calculation" de Dunlop) se obtiene el coeficiente de fricción  $\mu$  entre la banda y el tambor, se determina en base a la superficie y tipo de polea de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 24. Coeficiente de fricción  $\mu$  entre la banda y el tambor

Pulley Surface	Cage Pulley		Drive Pulley			
	B	A	Bare		Lagged	
	B	A	B	A	B	A
Wet	-	-	0.10	0.15	0.25	0.35
Damp	0.10	0.15	0.15	0.25	0.30	0.40
Dry	0.15	0.25	0.20	0.30	0.35	0.45

B = Running  
A = Start-up

Fuente: (DUNLOP, n.d.)

Para polea impulsora sin recubrimiento y una superficie seca se tiene un coeficiente de fricción de  $\mu = 0,30$ , con este valor y el ángulo de arropo de la banda ( $180^\circ$ ) se determina el factor de impulso  $c_2$  de acuerdo con la tabla 25.

Tabla 25. Factor de impulso.

Angle of wrap $\alpha^\circ$	Friction coefficient $\mu$							
	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
160	3.10	1.92	1.34	0.99	0.76	0.60	0.49	0.40
170	2.90	1.78	1.24	0.91	0.70	0.55	0.44	0.36
180	2.71	1.66	1.14	0.84	0.64	0.50	0.40	0.32
190	2.54	1.55	1.06	0.74	0.59	0.46	0.36	0.29
200	2.39	1.45	0.99	0.72	0.54	0.42	0.33	0.26
210	2.26	1.36	0.93	0.67	0.50	0.38	0.30	0.24
220	2.14	1.28	0.87	0.62	0.46	0.35	0.27	0.22
230	2.02	1.22	0.81	0.58	0.43	0.33	0.25	0.20
240	1.92	1.14	0.76	0.54	0.40	0.30	0.23	0.18

Fuente: (DUNLOP, n.d.)

Siendo  $c_2$  igual a (0,64) terminado con el cálculo del pretensado de la banda,

$$T_V = 0,64 * 1,5626 * 1422,74 - 675,63 - 147,15$$

$$T_V = 600,05 \text{ N}$$

Debido a que  $T_V > 0$  es necesario un pretensado adicional en el sistema, este se aplica en la polea conducida a través de un tensor de tornillo (el más común en los elevadores de cangilones).

Una vez calculadas todas las fuerzas se determina la tensión  $T_1$ :

$$T_1 = F_U + F_{St} + T_V + T_T = 1422,74 + 675,63 + 600,05 + 147,15$$

$$T_1 = 2845,57 \text{ N}$$

Teniendo,

$$k_N = \frac{2845,57 * 10}{254}$$

$$k_N = 112,03 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Se verifica que la resistencia nominal calculada  $k_N$  es menor que la resistencia de la banda seleccionada (630 N/mm).

#### 4.5.1.1.6.4. Verificación de las tensiones.

Para asegurar la transmisión se debe cumplir la relación de Euler-Eytelwein, tanto para el arranque como para el régimen de marcha (Pag. 15.7 Dunlop.), a partir de las siguientes expresiones:

$$\text{En marcha} \rightarrow \frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu\alpha}$$

$$\text{Al arranque} \rightarrow \frac{T_{A_1}}{T_2} \leq e^{\mu_A\alpha} \quad \text{Donde el factor de fricción al arranque es } \mu_A = \mu + 0.05,$$

para esto debemos calcular la tensión de ramal conducido y la tensión de arranque:

$$T_2 = F_{St} + T_V + T_T$$

$$T_2 = 675,63 + 600,05 + 147,15 = 1422,83 \text{ N}$$

$$T_{A_1} = F_A + F_{St} + T_V + T_T$$

$$F_A = K_A * F_U$$

$$T_{A_1} = (1.5626 * 1422,74) + 675,63 + 600,05 + 147,15 = 3646,00 \text{ N}$$

Los factores de fricción los podemos determinar a partir de la siguiente tabla (pág. 15.8 Dunlop):

Tabla 26. Valores para  $e^{\mu\alpha}$  si  $\alpha = 180^\circ$

$\mu$	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
$e^{\mu\alpha}$	1.37	1.60	1.87	2.19	2.56	4.00	3.52	4.11

Fuente: (DUNLOP, n.d.)

Con esto podemos verificar que en régimen de marcha  $\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu\alpha}$ :

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{2845,57}{1422,83} = 1.99 \leq 2,56 = e^{\mu\alpha} \rightarrow \text{Se cumple}$$

Y se verifica el arranque:

$$\frac{T_{A1}}{T_2} = \frac{3646,00}{1422,83} = 2,56 \leq 4,00 = e^{\mu_A \alpha} \rightarrow \text{Se cumple}$$

Se cumplen las condiciones de arranque y marcha de la banda.

#### 4.5.1.1.6.5. Verificación del número de telas.

El número de telas de la banda lo calculamos de acuerdo con la siguiente expresión,

$$n_{telas} = \frac{T_1 * S}{B * I}$$

Donde,

$T_1$ : Tensión máxima de la banda (2845,57 N)

$S$ : Coeficiente de seguridad según la temperatura ( $S = 10$ )

$B$ : ancho de la banda (254 mm)

$I$ : Carga de trabajo de la banda seleccionada (60 kg/cm)

Resultando,

$$n = \frac{2845,57 \frac{kg \cdot m}{s^2} * 10}{254 \text{ mm} * (60 \frac{kg}{cm} * \frac{1 \text{ cm}}{10 \text{ mm}} * 9,81 \frac{m}{s^2})} = 1,90 \text{ telas}$$

Considerando que la banda seleccionada inicialmente del tipo 630/4 (resistencia de 630 N/mm y 4 telas), podemos deducir que de acuerdo con los cálculos realizados es conveniente reducir el número de telas para lograr un sistema más eficiente en términos de costo/beneficio.

En consecuencia, se selecciona la banda ENL-150 500/3.

Tabla 27. Especificaciones generales banda icobandas ENL-150 500/3

Icobandas ENL-150 500/3		
Tipo	-	500/3
Numero de telas	-	3
Espesor total	mm	3,8
Peso	g/pulg/m	119
Carga de trabajo	lb/pulg	252

Carga de rotura	lb/pulg	2520
-----------------	---------	------

Fuente: Icobandas.com

Con la ayuda de una hoja de cálculo recalculamos las tensiones de la banda y verificamos si cumple con las condiciones de trabajo:

Datos de entrada		
Capacidad (ton/h)		30
i	Volumen cangilon (litros)	2,46
γ	Peso a granel de la carga (Kg/l)	0,75
φ	Coefficiente de llenado del cangilon	0,80
p	Paso en entre cangilones (m)	0,25
bs	Ancho del cangilon (mm)	238,00
	Peso de un cangilon vacio (kg)	0,69
D	Diámetro de las Poleas (mm)	508,00
H	Altura de descarga (m)	15,17
CN	Coefficiente/Fuerzas de friccion	1,10
g	Aceleracion gravitatoria (m/s <sup>2</sup> )	9,81
S	Coefficiente de seguridad segun la T° C	10,00
Gr	Valor peso GT (kg) del tambor conductor	30,00
μ	Coeffic. De friccion entre la banda y el tambor	0,30
Cz	Factor de impulso	0,64
Ka	Factor de puesta en marcha	1,5626
	$e^{(\mu \alpha)}$	2,56
	$e^{(\mu_A \alpha)}$	4
DE LA BANDA		
B	Ancho de la banda (mm)	254,00
m'g	Peso de un metro de banda (kg/m)	1,19
l	Carga de trabajo de la banda (kg/cm)	45,00
G	Peso de carga por cangilon (kg)	1,48
Fc	Flujo de cangilones (Cang/s)	5,64
v	Velocidad de banda (m/s)	1,41
Q	Caudal del elevador (ton/h)	30,00
z	Cantidad de cangilones por metro (cang/m)	4,00
Pr	Potencia minima necesaria (polea) (kW)	2,01
Pm	Potencia del motor (kW)	2,11
H <sub>0</sub>	Correccion de altura (m)	7,14
m' <sub>B</sub>	Peso de los cangilones vacios por metro (kg/m)	2,76
Fu	Potencia Impulsion (N)	1422,74
Fst	Resistencia que ejerce la banda en vacio (N)	587,83
Tr	Peso del tambor conductor (N)	147,15
Tv	Prestensado de la banda (N)	687,85
T1	Suma de las tensiones de la banda (N)	2845,57
Kv	Tension Nominal de la banda (N/mm)	112,03
Tz	Tension del ramal conducido (N)	1422,83
	T <sub>A1</sub>	3646,00
	T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub>	2,00
	T <sub>A1</sub> /T <sub>2</sub>	2,56
	Euler-Eytelwein (marcha)	Si Cumple
	Euler-Eytelwein (arranque)	Si Cumple
nt	Numero de telas	2,54

Figura 45. Hoja de cálculo elevador de cangilones N°1

Como podemos observar el número de telas recalculado es igual a 2.54 telas, aproximándose más al número de telas de la banda seleccionada (ENL-150 500/3), con lo cual es más óptima para el sistema.

#### 4.5.1.1.6.6. Longitud de la banda y cantidad de cangilones.

Para calcular la longitud de la banda en un elevador de cangilones, se toma en cuenta el diámetro de las poleas y la altura de descarga del elevador. Utilizamos la siguiente expresión para obtener dicho cálculo.

$$L_{Banda} = (\pi \cdot D_{polea}) + (2 \cdot H_{Descarga})$$

$$L_{Banda} = (\pi \cdot 0,406) + (2 \cdot 15,17) = 31,62 \text{ m}$$

Una vez que se ha determinado la longitud de la banda en el elevador de cangilones, se procede a calcular el número de cangilones necesarios. Para obtener el número de cangilones, se divide la longitud de la banda entre el paso entre cangilones. La fórmula utilizada sería la siguiente:

$$n_{cang} = \frac{L_{banda}}{Paso} = \frac{31,62}{0,25} = 126,48 \approx 127 \text{ cangilones}$$

#### 4.5.1.1.7. Selección de la unidad de accionamiento.

En la selección del motorreductor, se considera inicialmente la potencia requerida para garantizar un funcionamiento óptimo del elevador. Según los cálculos previos realizados, se determinó que la potencia del motor debe ser de 2,11 kW. Por lo tanto, es necesario elegir un motorreductor con una potencia igual o superior a este valor.

Cuando se trata de los elevadores de cangilones, la opción más popular para el accionamiento es el uso de un motorreductor junto con un sistema de transmisión por cadena. Esta configuración ofrece la ventaja de poder ajustar la velocidad y la relación de transmisión según las necesidades específicas de cada elevador en particular. Además, resulta sumamente conveniente en términos de mantenimiento, ya que permite un fácil reemplazo de componentes cuando sea necesario. También hay que tener en cuenta que los elementos requeridos para este tipo de sistema son ampliamente disponibles y no representan un costo excesivo.

Teniendo esto en consideración se opta por seleccionar un motorreductor con una velocidad de salida mayor a la velocidad de giro de la polea motriz, y de esta manera para cada elevador en específico se ajustará la velocidad a través del sistema de transmisión por cadena.

Para dimensionar y seleccionar correctamente un accionamiento es imprescindible el conocimiento exacto de su aplicación. Las condiciones de servicio y su influencia sobre el reductor, se expresan internacionalmente en los llamados factores de servicio ( $f_B$ ) cuyas curvas son mostradas en el diagrama siguiente:

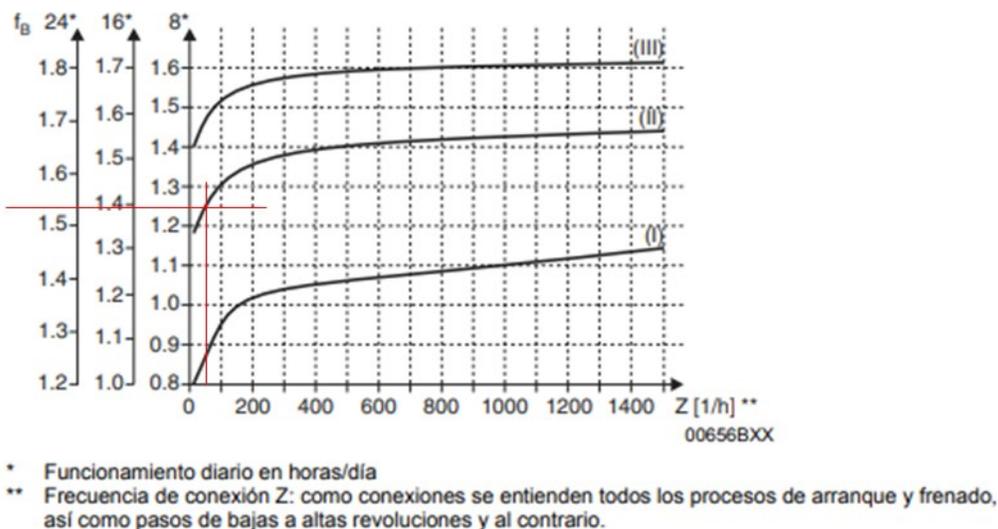


Figura 46. Factor de servicio  $f_B$

Fuente: SEW EURODRIVE

Se distinguen tres grados de impulsión:

Uniforme, factor de aceleración de masas permitido  $\leq 0,2$

Choques moderados, factor de aceleración de masas permitido  $\leq 3$

Choques fuertes, factor de aceleración de masas permitido  $\leq 10$

Asumimos un grado de impulsión de choques moderados (II), 10 horas de servicio y 50 arranques/hora.

Observamos la figura 46 para encontrar el factor de servicio y tenemos que  $f_B = 1,28$

Eligiendo un motorreductor TIPO R (reductores de engranajes helicoidales de ejes coaxiales) con una potencia igual a 2,2 kW, velocidad de salida de 90 rpm y que tenga como mínimo un factor de servicio igual a 1,28

$P_m = 2.2 \text{ kW}$										
$n_s$ min <sup>-1</sup>	$M_s$ Nm	$i$	$F_{R_s^{(1)}}$ N	SEW $f_b$			m kg			
80	260	21.93	4610	1.70						
95	220	18.60*	4450	2.0						
105	200	16.79	4360	2.2						
119	176	14.77*	4230	2.5						
126	166	13.95*	4170	2.6						
148	141	11.88	4010	2.9	R	57	DRN	100LM4	51	370
163	128	10.79	3920	3.0	RF	57	DRN	100LM4	55	371
188	111	9.35	3770	3.3	RM	57	DRN	100LM4	67	371
194	108	9.06	3750	3.5						
221	95	7.97	3630	3.7						

Figura 47. Selección de motorreductor para elevador de cangilones EL-01.

Fuente: SEW EURODRIVE

De acuerdo con lo anterior se selecciona para este caso un motorreductor R57 DRN100LM4 de 2,2 kW [3 HP] a 95 rpm con un factor de servicio  $f_b = 2$ .

Sabemos que el elevador requerirá de un sistema de transmisión por cadena para lograr disminuir la velocidad de salida del reductor a la velocidad de giro de la patea motriz, siendo la velocidad de la patea la siguiente:

$$n = \frac{v * 60}{\pi * D} = \frac{1,41 * 60}{\pi * 0,406} = 66 \text{ rpm}$$

Teniendo una relación de velocidad,

$$r_v = \frac{n}{N}$$

Donde N, n: rpm de la Catarina mayor y menor respectivamente

$$r_v = \frac{95}{66} = 1,43$$

Para seleccionar el número de dientes de los piñones, es recomendable que estos cuenten con un mínimo de 17 dientes. Esto se debe a que un menor número de dientes puede ocasionar

efectos negativos en la cadena, como vibraciones, velocidades irregulares y un desgaste acentuado. Por lo cual optamos por 19 dientes en la Catarina menor.

$$Z_{menor} = 19 \text{ dientes}$$

Con esto calculamos el número de dientes en la Catarina mayor,

$$Z_{mayor} = r_v * Z_{menor}$$

$$Z_{mayor} = 1,43 * 19 = 27 \text{ dientes}$$

Para la selección de la cadena y piñones inicialmente determinamos un margen compensatorio de seguridad que es simplemente un número pequeño mayor de 1 por el cual se deben multiplicar los caballos de fuerza que se van a transmitir para compensar con un margen de seguridad la fuente de potencia (motor) cuando esta no es uniforme y/o cuando la máquina o carga de trabajo tampoco lo es.

Tomando como referencia el catálogo Intermecc (pag. 40), encontramos un factor compensatorio de seguridad ( $k_s$ ) de 1.3 para un motor eléctrico como fuente de potencia y un tipo de carga fluctuante, con lo cual tenemos una potencia de diseño,

$$Pd = k_s * P = 1,3 * 3.0 \text{ hp} = 3,9 \text{ hp}$$

Con la ayuda del catálogo KANA “Catalogo Marca” de la empresa SYL Panamá seleccionamos el número de cadena de acuerdo con los rpm del piñón conductor y la potencia de diseño calculada anteriormente.

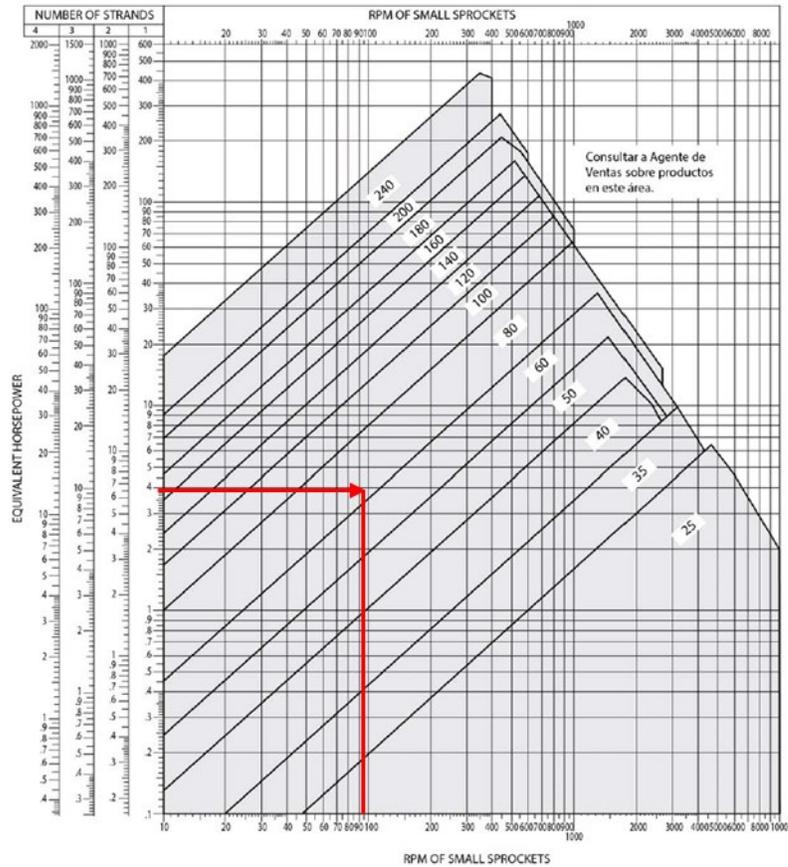


Figura 48. Gráfico para la selección de cadenas KANA

Fuente: sylpanama.com

Según se muestra en el gráfico anterior, se recomienda elegir una cadena N°80 para una potencia de 3.9 hp y una velocidad de rotación de 95 rpm en el piñón conductor.

Con lo cual seleccionamos del catálogo de piñones y cadenas de la empresa INTERMEC (pág. 28 y pág. 54): cadena estándar sencilla de rodillos N°80, piñón conductor sencillo tipo B referencia 80B19 y piñón conducido sencillo tipo B referencia 80B27.

#### 4.5.1.1.8. Selección y dimensionamiento de la estructura.

De la Página N°13 del Catálogo de Elevadores SCAFCO, se eligen las dimensiones estándares del Modelo SB16-10 con las siguientes características.

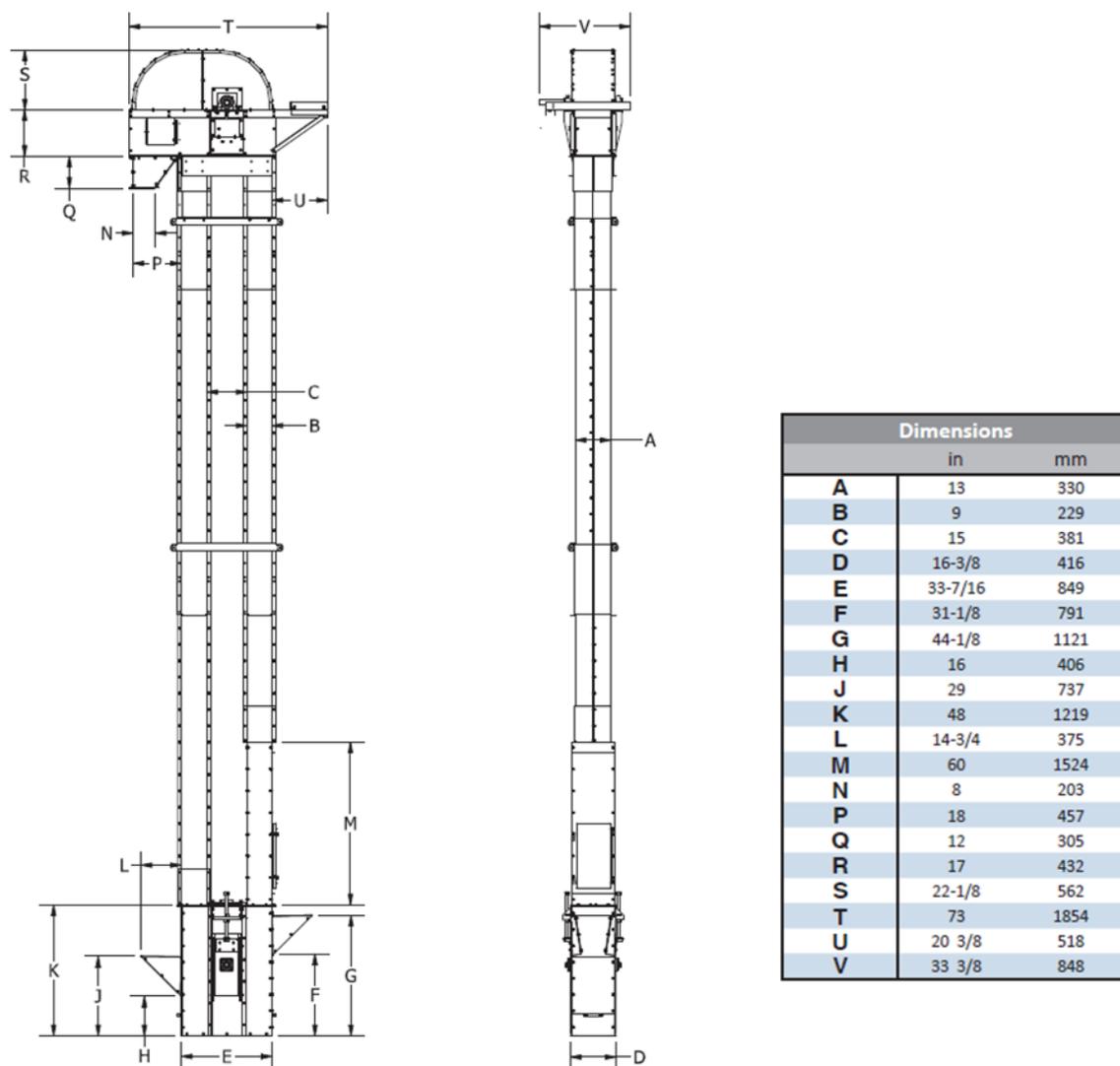


Figura 49. Dimensiones elevador de cangilones SB16-10

Fuente: Bucket Elevator & Conveyors, SCAFCO Grain System Co.

Tras analizar las dimensiones proporcionadas por el fabricante, verificamos lo siguiente en cuanto a las dimensiones:

El ancho del pantalón "A" es de 330 mm, superando el ancho de la banda seleccionada de (254 mm).

La profundidad del pantalón "B" es de 229 mm, mayor que la suma de la proyección del cangilón (168 mm) y el espesor de la banda (3,8 mm), que ascienden a (171,8 mm).

La distancia entre pantalones "C" es de 381 mm, menor que el diámetro de los tambores que es de (406 mm).

La altura del centro del tambor inferior "J" es de 737 mm, superando la suma del radio del tambor inferior (203 mm), el espesor de la banda (3,8 mm) y la proyección del cangilón (168 mm), que totalizan (374,8 mm).

La altura del cabezal "S" es de 562 mm, mayor que la suma del radio del tambor superior (203 mm), el espesor de la banda (3,8 mm) y la proyección del cangilón (168 mm), que totalizan (374,8 mm).

La profundidad de la base del motor "U" es de 518 mm, superior al ancho del motorreductor seleccionado de (190 mm).

El ancho de la base del motor "V" es de 848 mm, mayor que el largo del motorreductor seleccionado que es de (706 mm).

En conclusión, se verifica que todas las dimensiones de la estructura elegida se ajustan a los componentes seleccionados.

#### ***4.5.1.2. Elevador de cangilones No. 2***

Elevador encargado de alimentar el silo pulmón y la torre de secamiento, se mantiene la capacidad de transporte de 30 t/h.

##### ***4.5.1.2.1. Altura de elevación***

Para determinar la altura del elevador de cangilones, se tomará como referencia la altura del silo pulmón (m) y la altura de la torre de secado (13.63 m). Dado que la torre de secado es considerablemente más alta que el silo, se establecerá la altura necesaria del elevador en función de los 16.63 metros correspondientes a la altura de la torre de secado.

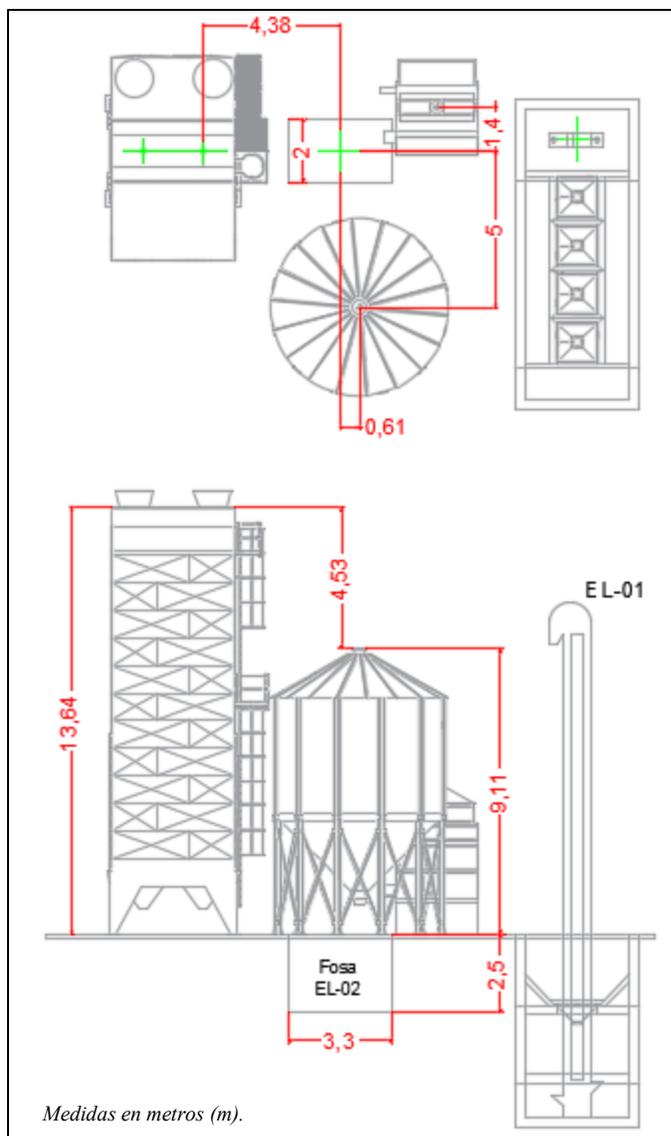


Figura 50. Ubicación del Elevador N°2.

Como se puede observar la distancia del centro del foso del elevador No.2 es de (4.38 m), se considera ángulo de caída en la tubería de descarga del elevador de  $45^\circ$ , con lo cual tenemos que la  $H_{\min}$  sería igual a:

$$H_{\min} = \tan(45^\circ) * 4,38 \text{ m} = 4,38 \text{ m}$$

La altura de descarga será igual a la suma de la profundidad del foso, la altura de la torre de secamiento y la altura mínima calculada, ahora bien, consideramos un adicional de 0,8 m

adicionales de espacio para la adecuación de la válvula de dos vías que permitirá alimentar el silo pulmón, teniendo una altura total de:

$$H_{Descarga} = 2,5 \text{ m} + 13,63 \text{ m} + 4,38 \text{ m} + 0,8 \text{ m}$$

$$H_{Descarga} = 21,31 \text{ m}$$

#### 4.5.1.2.2. Componentes y características del elevador N°2

Debido a que este y los demás elevadores cuentan con la misma capacidad de transporte que el elevador de cangilones número uno, mantenemos los mismos componentes y con la ayuda de una hoja de cálculo verificamos valores como tensiones en la banda, numero de telas, potencia necesaria, etc.

Datos de entrada:

- Capacidad: 30 t/h
- Material: granos de maíz,  $\gamma = 0.75 \text{ kg/litro}$
- Cangilones: HD MAX 9\*6,  $i = 2.46 \text{ litro}$ ,  $p = 0.25$ ,  $b_B = 238 \text{ mm}$ , Peso del cangilón = 0.69 kg
- Banda: ENL – 150 (500/3),  $B = 254 \text{ mm}$ , Peso = 1.19 kg/m, Carga de trabajo = 40 kg/cm
- Diámetro de las poleas: 406 mm
- Altura de descarga: 21,31 m

Datos de entrada		
Capacidad (ton/h)		30
i	Volumen cangilon (litros)	2,46
γ	Peso a granel de la carga (Kg/l)	0,75
φ	Coefficiente de llenado del cangilon	0,80
p	Paso en entre cangilones (m)	0,25
bb	Ancho del cangilon (mm)	238,00
	Peso de un cangilon vacio (kg)	0,69
D	Diametro de las Poleas (mm)	406,00
H	Altura de descarga (m)	21,31
CN	Coefficiente/Fuerzas de friccion	1,10
g	Aceleracion gravitatoria (m/s <sup>2</sup> )	9,81
S	Coefficiente de seguridad segun la T° C	10,00
GT	Valor peso GT (kg) del tambor conductor	30,00
μ	Coefic. De friccion entre la banda y el tambor	0,30
C2	Factor de impulso	0,64
KA	Factor de puesta en marcha	1,2254
	e <sup>μ</sup> (μ <sub>A</sub> α)	2,56
	e <sup>μ</sup> (μ <sub>A</sub> α)	4
DE LA BANDA		
B	Ancho de la banda (mm)	254,00
m'g	Peso de un metro de banda (kg/m)	1,19
l	Carga de trabajo de la banda (kg/cm)	45,00
G	Peso de carga por cangilon (kg)	1,48
Fc	Flujo de cangilones (Cang/s)	5,64
v	Velocidad de banda (m/s)	1,41
Q	Caudal del elevador (ton/h)	30,00
z	Cantidad de cangilones por metro (cang/m)	4,00
Pr	Potencia minima necesaria (polea) (kW)	2,56
Pm	Potencia del motor (kW)	2,69
Ho	Correccion de altura (m)	7,14
m'b	Peso de los cangilones vacios por metro (kg/m)	2,76
Fu	Potencia Impulsion (N)	1814,29
Fst	Resistencia que ejerce la banda en vacio (N)	825,75
Tr	Peso del tambor conductor (N)	147,15
Tv	Prestensado de la banda (N)	449,93
T1	Suma de las tensiones de la banda (N)	3237,12
Kn	Tension Nominal de la banda (N/mm)	127,45
T2	Tension del ramal conducido (N)	1422,83
	TA1	3646,00
	T1/T2	2,28
	TA1/T2	2,56
	Euler-Eytelwein (marcha)	Si Cumple
	Euler-Eytelwein (arranque)	Si Cumple
nt	Numero de telas	2,89

Figura 51. Hoja de cálculo elevador de cangilones N°2

De acuerdo con los caculos obtenidos podemos observar que:

Se requiere de un motor con una potencia mínima de 2.69 kW (3.6 hp).

$T_V > 0$  es necesario una pretensado adicional en el sistema.

La suma de las tensiones en la banda seleccionada es  $T_1 = 3237.12 N$ , con una tensión nominal de la banda  $K_N = 127.45 N$ .

Se cumple la relación de Euler-Eytelwein tanto en el arranque  $\frac{T_{A1}}{T_2} \leq e^{\mu_A \alpha}$ , como en el régimen de marcha  $\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \alpha}$ .

Se verifica que el número de telas calculado  $n_t = 2.89$ , es menor que el número de telas de la banda seleccionada.

#### 4.5.1.2.3. Longitud de la banda y cantidad de cangilones

De acuerdo con el diámetro de la polea y la altura de descarga del elevador, tenemos que la longitud de la banda es igual a:

$$L_{Banda} = (\pi \cdot D_{polea}) + (2 \cdot H_{Descarga})$$

$$L_{Banda} = (\pi \cdot 0,406) + (2 \cdot 21,31) = 43,9 \text{ m}$$

Siendo necesario un total de cangilones,

$$n_{cang} = \frac{L_{banda}}{Paso} = \frac{43,9 \text{ m}}{0,25 \text{ m}} = 175,58 \approx 176 \text{ cangilones}$$

#### 4.5.1.2.4. Selección de la unidad de accionamiento

Para la selección de motorreductor del elevador de cangilones N°2 asumimos un grado de impulsión de choques moderados (II), 10 horas de servicio y 50 arranques/hora. Al igual que elevador N°1 se toma de la figura 46 un factor de servicio  $f_B = 1,28$

$P_m = 3.0 \text{ kW}$										
$n_s$ min <sup>-1</sup>	$M_s$ Nm	$i$	$F_{Ra}^{(1)}$ N	SEW $f_b$			m kg			
80	355	21.93	4270	1.25	R	57	DRN	100L4	51	370
95	300	18.60*	4160	1.50	RF	57	DRN	100L4	55	371
105	270	16.79	4090	1.65	RM	57	DRN	100L4	67	371

Figura 52. Selección de motorreductor para elevador de cangilones EL-02.

Fuente: SEW EURODRIVE

Se selecciona un motorreductor TIPO R (reductores de engranajes helicoidales de ejes coaxiales) modelo R57 DRN 100L4 con una potencia de 3,0 kW [4 HP] a 95 rpm con un factor de servicio  $f_B = 1,5$ .

#### 4.5.1.2.5. Selección y dimensionamiento de la estructura

De la Página N°13 del Catálogo de Elevadores SCAFCO, se eligen las dimensiones estándares del Modelo SB16-10, las cuales se pueden observar en la Figura 49 (Inciso 4.5.1.1.8.).

De acuerdo con las dimensiones proporcionadas por el fabricante, verificamos lo siguiente en cuanto a las dimensiones:

El ancho del pantalón "A" es de 330 mm, superando el ancho de la banda seleccionada de (254 mm).

La profundidad del pantalón "B" es de 229 mm, mayor que la suma de la proyección del cangilón (168 mm) y el espesor de la banda (3,8 mm), que ascienden a (171,8 mm).

La distancia entre pantalones "C" es de 381 mm, menor que el diámetro de los tambores que es de (406 mm).

La altura del centro del tambor inferior "J" es de 737 mm, superando la suma del radio del tambor inferior (203 mm), el espesor de la banda (3,8 mm) y la proyección del cangilón (168 mm), que totalizan (374,8 mm).

La altura del cabezal "S" es de 562 mm, mayor que la suma del radio del tambor superior (203 mm), el espesor de la banda (3,8 mm) y la proyección del cangilón (168 mm), que totalizan (374,8 mm).

La profundidad de la base del motor "U" es de 518 mm, superior al ancho del motorreductor seleccionado de (190 mm).

El ancho de la base del motor "V" es de 848 mm, mayor que el largo del motorreductor seleccionado que es de (706 mm).

En conclusión, se verifica que todas las dimensiones de la estructura elegida se ajustan a los componentes seleccionados para el elevador de cangilones N°2.

#### ***4.5.1.3. Elevador de cangilones No.3***

Elevador encargado de recircular el maíz en la torre de secamiento, se mantiene la capacidad de transporte de 30 t/h.

#### 4.5.1.3.1. Altura de elevación

Se toma como referencia la altura de la torre de secado (13.63 m) y la profundidad de la fosa en la cual se ubicará este este elevador (4.5 m).

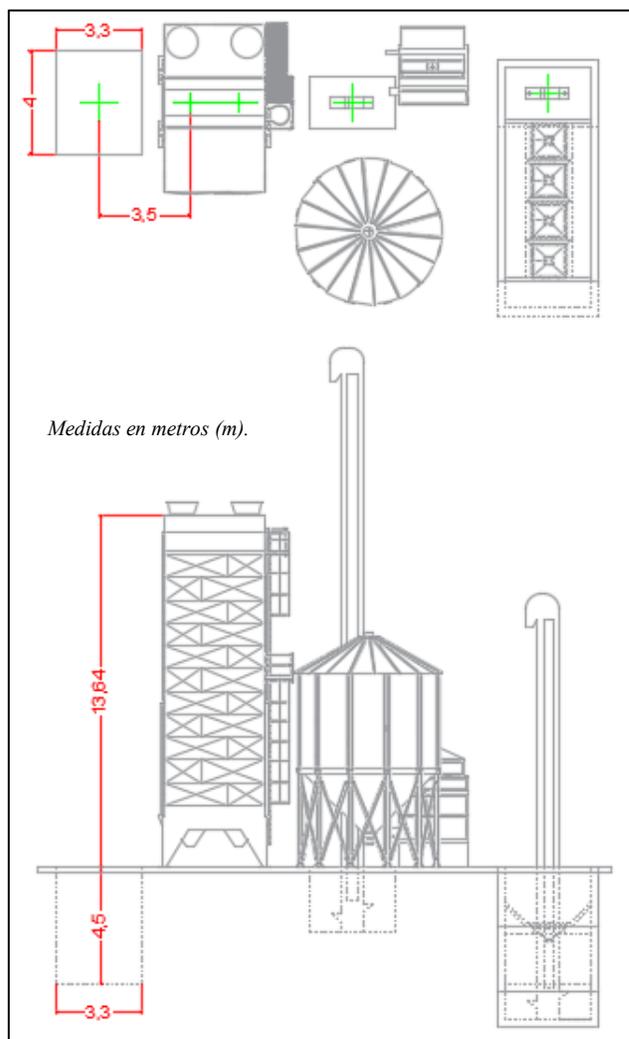


Figura 53. Ubicación del Elevador N°3.

Como se puede observar la distancia del centro del foso donde se ubicará el elevador No.3, hasta la entrada de alimentación de la torre de secamiento es de (3.5 m), se considera ángulo de caída en la tubería de descarga del elevador de  $45^\circ$ , con lo cual tenemos que la  $H_{\min}$  sería igual a:

$$H_{\min} = \tan(45^\circ) * 3,5 \text{ m} = 3,5 \text{ m}$$

La altura de descarga será igual a la suma de la profundidad del foso, la altura de la torre de secamiento y la altura mínima calculada, teniendo una altura total de:

$$H_{Descarga} = 4,5 \text{ m} + 13,63 \text{ m} + 3,5 \text{ m}$$

$$H_{Descarga} = 21,63 \text{ m}$$

#### 4.5.1.3.2. Componentes y características del elevador N°3

Mantenemos los mismos componentes de los elevadores anteriormente seleccionados y con la ayuda de una hoja de cálculo verificamos valores como tensiones en la banda, numero de telas, potencia necesaria, etc.

Datos de entrada:

- Capacidad: 30 t/h
- Material: granos de maíz,  $\gamma = 0.75 \text{ kg/litro}$
- Cangilones: HD MAX 9\*6,  $i = 2.46 \text{ litro}$ ,  $p = 0.25$ ,  $b_B = 238 \text{ mm}$ , Peso del cangilón = 0.69 kg
- Banda: ENL – 150 (500/3),  $B = 254 \text{ mm}$ , Peso = 1.19 kg/m, Carga de trabajo = 40 kg/cm
- Diámetro de las poleas: 406 mm
- Altura de descarga: 21,63 m

Datos de entrada		
Capacidad (ton/h)		30
i	Volumen cangilon (litros)	2,46
y	Peso a granel de la carga (Kg/l)	0,75
φ	Coefficiente de llenado del cangilon	0,80
p	Paso en entre cangilones (m)	0,25
bb	Ancho del cangilon (mm)	238,00
	Peso de un cangilon vacio (kg)	0,69
D	Diametro de las Poleas (mm)	406,00
H	Altura de descarga (m)	21,63
CN	Coefficiente/Fuerzas de friccion	1,10
g	Aceleracion gravitatoria (m/s <sup>2</sup> )	9,81
S	Coefficiente de seguridad segun la T° C	10,00
GT	Valor peso GT (kg) del tambor conductor	30,00
μ	Coefic. De friccion entre la banda y el tambor	0,30
Cz	Factor de impulso	0,64
KA	Factor de puesta en marcha	1,2117
	e <sup>μ</sup> α	2,56
	e <sup>μ<sub>A</sub></sup> α	4
DE LA BANDA		
B	Ancho de la banda (mm)	254,00
m'g	Peso de un metro de banda (kg/m)	1,19
l	Carga de trabajo de la banda (kg/cm)	45,00
G	Peso de carga por cangilon (kg)	1,48
Fc	Flujo de cangilones (Cang/s)	5,64
v	Velocidad de banda (m/s)	1,41
Q	Caudal del elevador (ton/h)	30,00
z	Cantidad de cangilones por metro (cang/m)	4,00
Pr	Potencia minima necesaria (polea) (kW)	2,59
Pm	Potencia del motor (kW)	2,72
H <sub>0</sub>	Correccion de altura (m)	7,14
m' b	Peso de los cangilones vacios por metro (kg/m)	2,76
Fu	Potencia Impulsion (N)	1834,70
Fst	Resistencia que ejerce la banda en vacio (N)	838,15
Tr	Peso del tambor conductor (N)	147,15
Tv	Prestensado de la banda (N)	437,53
T <sub>1</sub>	Suma de las tensiones de la banda (N)	3257,53
K <sub>N</sub>	Tension Nominal de la banda (N/mm)	128,25
T <sub>2</sub>	Tension del ramal conducido (N)	1422,83
	T <sub>A1</sub>	3646,00
	T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub>	2,29
	T <sub>A1</sub> /T <sub>2</sub>	2,56
	Euler-Eytelwein (marcha)	Si Cumple
	Euler-Eytelwein (arranque)	Si Cumple
nt	Numero de telas	2,91

Figura 54. Hoja de cálculo elevador de cangilones N°3

De acuerdo con los caculos obtenidos podemos observar que:

Se requiere de un motor con una potencia mínima de 2.72 kW (3.64 hp).

$T_V > 0$  es necesario una pretensado adicional en el sistema.

La suma de las tensiones en la banda seleccionada es  $T_1 = 3257.53 N$ , con una tensión nominal de la banda  $K_N = 128.25 N$ .

Se cumple la relación de Euler-Eytelwein tanto en el arranque  $\frac{T_{A1}}{T_2} \leq e^{\mu_A \alpha}$ , como en el régimen de marcha  $\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \alpha}$ .

Se verifica que el número de telas calculado  $n_t = 2.91$ , es menor que el número de telas de la banda seleccionada.

#### 4.5.1.3.3. Longitud de la banda y cantidad de cangilones

De acuerdo con el diámetro de la polea y la altura de descarga del elevador, tenemos que la longitud de la banda es igual a:

$$L_{Banda} = (\pi \cdot D_{polea}) + (2 \cdot H_{Descarga})$$

$$L_{Banda} = (\pi \cdot 0,406) + (2 \cdot 21,63) = 44,54 \text{ m}$$

Siendo necesario un total de cangilones,

$$n_{cang} = \frac{L_{banda}}{Paso} = \frac{44,54 \text{ m}}{0,25 \text{ m}} = 178,14 \approx 178 \text{ cangilones}$$

#### 4.5.1.3.4. Selección de la unidad de accionamiento

Para la selección de motorreductor del elevador de cangilones N°3 asumimos un grado de impulsión de choques moderados (II), 24 horas de servicio y 20 arranques/hora, ya que al ser el encargado de recircular la torre de secamiento este elevador podrá trabajar durante todo el día si es necesario. De acuerdo con la figura 46 se obtiene un factor de servicio  $f_B = 1,5$

$P_m = 3.0 \text{ kW}$										
$n_s$ min <sup>-1</sup>	$M_s$ Nm	$i$	$F_{Ra}^{(1)}$ N	SEW $f_b$					m kg	
80	355	21.93	4270	1.25	R	57	DRN	100L4	51	370
95	300	18.60*	4160	1.50	RF	57	DRN	100L4	55	371
105	270	16.79	4090	1.65	RM	57	DRN	100L4	67	371

Figura 55. Selección de motorreductor para elevador de cangilones EL-03.

Fuente: SEW EURODRIVE

Se selecciona un motorreductor TIPO R (reductores de engranajes helicoidales de ejes coaxiales) modelo R57 DRN 100L4 con una potencia de 3,0 kW [4 HP] a 95 rpm con un factor de servicio  $f_B = 1,5$ .

#### 4.5.1.3.5. Selección y dimensionamiento de la estructura

De la Página N°13 del Catálogo de Elevadores SCAFCO, se eligen las dimensiones estándares del Modelo SB16-10, las cuales se pueden observar en la Figura 49 (Inciso 4.5.1.1.8.).

De acuerdo con las dimensiones proporcionadas por el fabricante, verificamos lo siguiente en cuanto a las dimensiones:

El ancho del pantalón "A" es de 330 mm, superando el ancho de la banda seleccionada de (254 mm).

La profundidad del pantalón "B" es de 229 mm, mayor que la suma de la proyección del cangilón (168 mm) y el espesor de la banda (3,8 mm), que ascienden a (171,8 mm).

La distancia entre pantalones "C" es de 381 mm, menor que el diámetro de los tambores que es de (406 mm).

La altura del centro del tambor inferior "J" es de 737 mm, superando la suma del radio del tambor inferior (203 mm), el espesor de la banda (3,8 mm) y la proyección del cangilón (168 mm), que totalizan (374,8 mm).

La altura del cabezal "S" es de 562 mm, mayor que la suma del radio del tambor superior (203 mm), el espesor de la banda (3,8 mm) y la proyección del cangilón (168 mm), que totalizan (374,8 mm).

La profundidad de la base del motor "U" es de 518 mm, superior al ancho del motorreductor seleccionado de (190 mm).

El ancho de la base del motor "V" es de 848 mm, mayor que el largo del motorreductor seleccionado que es de (706 mm).

En conclusión, se verifica que todas las dimensiones de la estructura elegida se ajustan a los componentes seleccionados para el elevador de cangilones N°3.

#### 4.5.1.4. Elevador de cangilones No.4

Elevador encargado de cargar el transportador de arrastre que alimenta los dos silos de almacenamiento 2109-E, también permite descargar estos mismos silos y dirigir el maíz hacia la tolva de despachos o maquina ensacadora, se mantiene la capacidad de transporte de 30 t/h.

##### 4.5.1.4.1. Altura de elevación.

Se toma como referencia la altura de los silos de almacenamiento (14.36 m), se considera un espacio adicional que corresponde a la altura de la estructura que soportara el transportador de arrastre, teniendo una altura total (14.71 m)

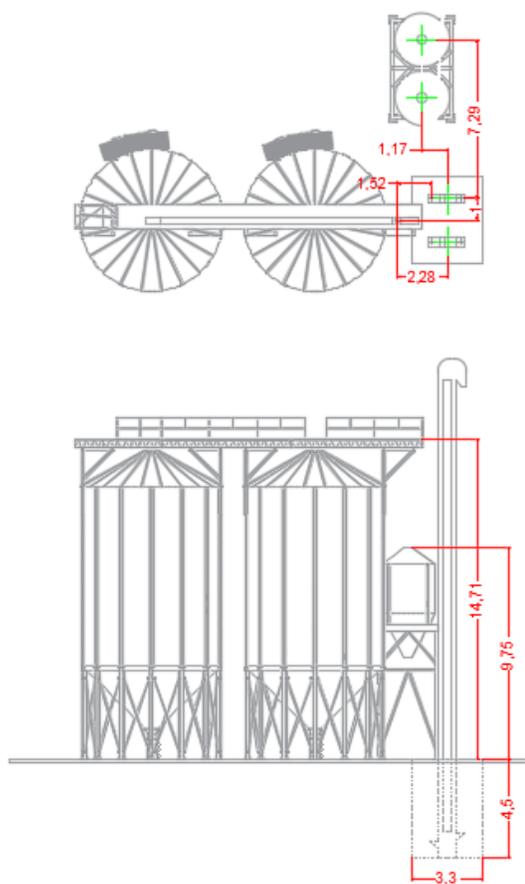


Figura 56. Ubicación del Elevador N°4.

El centro del elevador número 4 se ubica a una distancia de 2.28 m del lugar donde se ubica el punto de carga del transportador de arrastre, basándonos en la figura 56 y haciendo uso de la

trigonometría, calculamos la distancia desde el punto de descarga del elevador hasta el punto de alimentación de transportador,

$$D_{EL04-TA01} = \sqrt{(1 \text{ m})^2 + (1,52 \text{ m})^2} = 1,82 \text{ m}$$

Para 45° en la tubería de descarga tenemos que la altura mínima es,

$$H_{\min} = \tan(45^\circ) * 1,82 \text{ m} = 1,82 \text{ m}$$

Siendo la altura de descarga igual a la suma de la profundidad del foso, la altura de ubicación del transportador de arrastre, la altura mínima calculada y además se considera un adicional de 0,86 m de altura del transportador y 0,8 m de espacio para la válvula de tres vías:

$$H_{Descarga} = 4,5 \text{ m} + 14,71 \text{ m} + 1,82 \text{ m} + 1,66 \text{ m}$$

$$H_{Descarga} = 22,69 \text{ m}$$

#### 4.5.1.4.2. Componentes y características del elevador N°4

Se mantienen los componentes de los elevadores anteriormente seleccionados y con la ayuda de una hoja de cálculo se verifican valores como tensiones en la banda, numero de telas, potencia necesaria, etc.

Datos de entrada:

Capacidad: 30 t/h

Material: granos de maíz,  $\gamma = 0.75 \text{ kg/litro}$

Cangilones: HD MAX 9\*6,  $i = 2.46 \text{ litro}$ ,  $p = 0.25$ ,  $b_B = 238 \text{ mm}$ , Peso del cangilón = 0.69

kg

Banda: ENL – 150 (500/3),  $B = 254 \text{ mm}$ , Peso = 1.19 kg/m, Carga de trabajo = 40 kg/cm

Diámetro de las poleas: 406 mm

Altura de descarga: 22.69 m

Datos de entrada		
Capacidad (ton/h)		30
i	Volumen cangilon (litros)	2,46
y	Peso a granel de la carga (Kg/l)	0,75
φ	Coefficiente de llenado del cangilon	0,80
p	Paso en entre cangilones (m)	0,25
bb	Ancho del cangilon (mm)	238,00
	Peso de un cangilon vacio (kg)	0,69
D	Diametro de las Poleas (mm)	406,00
H	Altura de descarga (m)	22,69
CN	Coeficiente/Fuerzas de friccion	1,10
g	Aceleracion gravitatoria (m/s <sup>2</sup> )	9,81
S	Coeficiente de seguridad segun la T° C	10,00
GT	Valor peso GT (kg) del tambor conductor	30,00
μ	Coefic. De friccion entre la banda y el tambor	0,30
Cz	Factor de impulso	0,64
KA	Factor de puesta en marcha	1,1687
	e <sup>^(μ<sub>α</sub>)</sup>	2,56
	e <sup>^(μ<sub>A</sub> α)</sup>	4
DE LA BANDA		
B	Ancho de la banda (mm)	254,00
m'g	Peso de un metro de banda (kg/m)	1,19
l	Carga de trabajo de la banda (kg/cm)	45,00
G	Peso de carga por cangilon (kg)	1,48
Fc	Flujo de cangilones (Cang/s)	5,64
v	Velocidad de banda (m/s)	1,41
Q	Caudal del elevador (ton/h)	30,00
z	Cantidad de cangilones por metro (cang/m)	4,00
PT	Potencia minima necesaria (polea) (kW)	2,68
PM	Potencia del motor (kW)	2,82
H <sub>0</sub>	Correccion de altura (m)	7,14
m' b	Peso de los cangilones vacios por metro (kg/m)	2,76
Fu	Potencia Impulsion (N)	1902,29
Fst	Resistencia que ejerce la banda en vacio (N)	879,23
Tr	Peso del tambor conductor (N)	147,15
Tv	Prestensado de la banda (N)	396,45
T <sub>1</sub>	Suma de las tensiones de la banda (N)	3325,12
KN	Tension Nominal de la banda (N/mm)	130,91
T <sub>2</sub>	Tension del ramal conducido (N)	1422,83
	T <sub>A1</sub>	3646,00
	T <sub>1</sub> /T <sub>2</sub>	2,34
	T <sub>A1</sub> /T <sub>2</sub>	2,56
	Euler-Eytelwein (marcha)	Si Cumple
	Euler-Eytelwein (arranque)	Si Cumple
nt	Numero de telas	2,97

Figura 57. Hoja de cálculo elevador de cangilones N°4

De acuerdo con los caculos obtenidos podemos observar que:

Se requiere de un motor con una potencia mínima de 2.82 kW (3.78 hp).

$T_V > 0$  es necesario una pretensado adicional en el sistema.

La suma de las tensiones en la banda seleccionada es  $T_1 = 3325.12 N$ , con una tensión nominal de la banda  $K_N = 130.91 N$ .

Se cumple la relación de Euler-Eytelwein tanto en el arranque  $\frac{T_{A1}}{T_2} \leq e^{\mu_A \alpha}$ , como en el régimen de marcha  $\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \alpha}$ .

Se verifica que el número de telas calculado  $n_t = 2.97$ , es menor que el número de telas de la banda seleccionada.

#### 4.5.1.4.3. Longitud de la banda y cantidad de cangilones

De acuerdo con el diámetro de la polea y la altura de descarga del elevador, tenemos que la longitud de la banda es igual a:

$$L_{Banda} = (\pi \cdot D_{polea}) + (2 \cdot H_{Descarga})$$

$$L_{Banda} = (\pi \cdot 0,406) + (2 \cdot 22,69) = 46,7 \text{ m}$$

Siendo necesario un total de cangilones,

$$n_{cang} = \frac{L_{banda}}{Paso} = \frac{46,7 \text{ m}}{0,25 \text{ m}} = 186,8 \approx 187 \text{ cangilones}$$

#### 4.5.1.4.4. Selección de la unidad de accionamiento

Para la selección de motorreductor del elevador de cangilones N°4 asumimos un grado de impulsión de choques moderados (II), 24 horas de servicio y 20 arranques/hora, de acuerdo con la figura 46 se obtiene un factor de servicio  $f_B = 1,5$

$P_m = 3.0 \text{ kW}$										
$n_s$ min <sup>-1</sup>	$M_s$ Nm	$i$	$F_{Ra}^{(1)}$ N	SEW $f_b$					m kg	
80	355	21.93	4270	1.25	R	57	DRN	100L4	51	370
95	300	18.60*	4160	1.50	RF	57	DRN	100L4	55	371
105	270	16.79	4090	1.65	RM	57	DRN	100L4	67	371

Figura 58. Selección de motorreductor para elevador de cangilones EL-04.

Fuente: SEW EURODRIVE

Dado que este elevador cuenta con casi las mismas características del elevador N°3, se opta por el mismo accionamiento seleccionado anteriormente siendo este un motorreductor TIPO R (reductores de engranajes helicoidales de ejes coaxiales) modelo R57 DRN 100L4 con una potencia de 3,0 kW [4 HP] a 95 rpm con un factor de servicio  $f_B = 1,5$ .

#### 4.5.1.4.5. Selección y dimensionamiento de la estructura

De la Página N°13 del Catálogo de Elevadores SCAFCO, se eligen las dimensiones estándares del Modelo SB16-10, las cuales se pueden observar en la Figura 49 (Inciso 4.5.1.1.8.),

al igual que con el elevador N°3 se verificó que todas las dimensiones de la estructura elegida se ajustan a los componentes seleccionados para el elevador de cangilones N°4.

#### **4.5.2. Bandas transportadoras**

Las bandas transportadoras son elementos fundamentales en la industria y la logística, ya que permiten el transporte eficiente y seguro de diversos materiales a lo largo de una línea de producción o en áreas de almacenamiento. La selección y el cálculo adecuado de una banda transportadora son aspectos cruciales para garantizar su rendimiento óptimo y su durabilidad a lo largo del tiempo.

En este punto, se abordarán los cálculos indispensables para seleccionar y analizar los componentes del transportador. Todas las tablas y ecuaciones necesarias serán extraídas de catálogos y manuales de diseño proporcionado por fabricantes como Pirelli, Zignoli, Dunlop, Rulmeca, etc.

##### **4.5.2.1. Banda transportadora N°1**

La banda transportadora TB-01 es la encargada de transportar producto desde las tolvas de recepción hacia el elevador que alimenta la máquina prelimpiadora, se pretende transportar 30 toneladas por hora de maíz durante 8 horas de trabajo en el recibo, contando esta banda con una longitud de 7 metros.

Para iniciar con la selección de los componentes de la banda transportadora, inicialmente consideramos el volumen de carga requerido, el tipo de material a transportar y sus propiedades físicas.

El peso específico ( $\rho$ ) puede variar debido al tamaño y grado de humedad del material. En el contexto del presente proyecto, se establece el peso específico a granel del material, tal como es alimentado en las cintas transportadoras durante las condiciones de trabajo, el sistema en

régimen de trabajo normal, transportara 30 [t/h] de maíz en granos con una densidad de 0.75 [t/m<sup>3</sup>]. Por lo tanto, el caudal volumétrico a transportar es:

$$Q_m = 30 \left[ \frac{t}{h} \right] \rightarrow \text{Cadal masico}$$

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho} = \frac{30}{0,75} = 40 \left[ \frac{m^3}{h} \right] \rightarrow \text{Caudal volumetrico}$$

El "Manual de Cálculo de Cintas Transportadoras" del fabricante Pirelli, nos proporciona las propiedades físicas de diferentes tipos de materiales comúnmente utilizado en este tipo de equipos, en la tabla N°2 de dicho manual que abarca las páginas 59 a 61, se encuentran especificados parámetros, como el peso específico, densidad aparente, abrasividad, ángulo de reposo ( $\alpha$ ) y ángulo de sobrecarga dinámica ( $\beta$ ), datos que son relevantes a la hora de seleccionar los componentes del transportador.

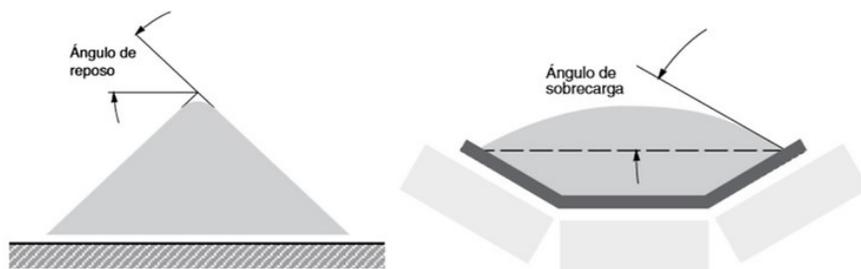


Figura 59. Ángulos de reposo y sobrecarga del material

Fuente: Bulk Handling Rollers And Components For Bulk Handling, Rumelca

Tabla 28. Propiedades del material a transportar.

PROPIEDADES DEL MATERIAL A TRANSPORTAR	
Material	Maíz en granos
Peso específico	700 – 750 kg/m <sup>3</sup>
Máxima inclinación recomendable	10°
Abrasividad	No abrasivo
Ángulo de reposo	20°
Ángulo de sobrecarga dinámica	10°

#### 4.5.2.1.1. Ancho y velocidad de la banda

La selección del ancho y velocidad de la banda para la cinta transportadora se basa en las directrices proporcionadas en el manual de cintas transportadoras Dunlop. La elección de la combinación ancho-velocidad se determina de acuerdo con la capacidad volumétrica de transporte requerida por el equipo, que puede calcularse de la siguiente manera:

$$Q_v = A * v * 3600 * \varphi$$

Donde,

$A$ : Área de la sección transversal de flujo de carga [m<sup>2</sup>]

$v$ : Velocidad de la banda transportadora [m/s]

$\varphi$ : Grado efectivo de llenado, se toma un valor igual a 1 para bandas completamente horizontales.

Para el cálculo del área de la sección transversal del flujo de carga ( $A$ ), se puede emplear como punto de partida la relación geométrica que se deriva de la combinación entre el ángulo del rodillo ( $\lambda$ ), el ancho efectivo de la banda ( $b$ ) y el ángulo de sobrecarga ( $\beta$ ), de acuerdo con la configuración de los rodillos portantes, la longitud de los rodillos ( $I$ ) y el ancho de la banda ( $B$ ), ver figura 60.

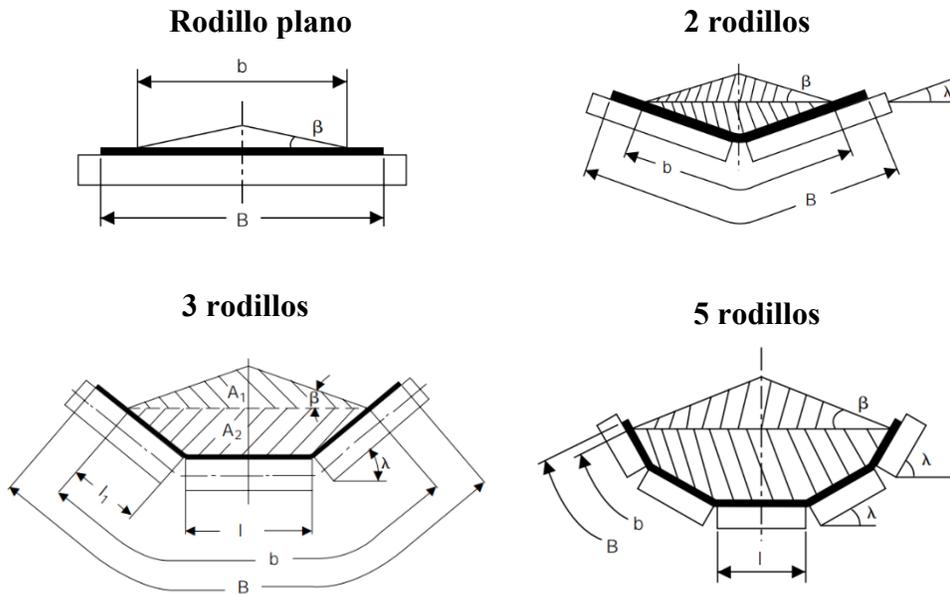


Figura 60. Configuración de los rodillos portantes en bandas transportadoras

Fuente: (DUNLOP, n.d.)

Para juegos de rodillos portadores de 1, 2 y 3 rodillos, el área de la sección transversal parcial se puede calcular de la siguiente manera:

$$A = A_1 + A_2$$

$$A_1 = 0.25 * \tan \beta * [I + (b - I) * \cos \lambda]^2$$

$$A_2 = I_1 * \sin \lambda * [I + I_1 * \cos \lambda]$$

Donde,

$I$ : Longitud del rodillo de transporte medio (m)

$I_1$ : Ancho de carga de los rodillos exteriores (m):

$I_1 = 0.5(b)$  → Para 2 rodillos.

$I_1 = 0.5(b - I)$  → Para 3 rodillos.

$I_1 = 0.5(b - 3 * I)$  → Para 5 rodillos.

$b$ : Ancho de banda utilizable (m):

$$b = 0.9B - 0.05 \rightarrow \text{Para bandas } B \leq 2000 \text{ mm}$$

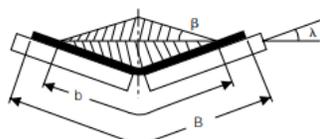
$$b = B - 0.25 \rightarrow \text{Para bandas } B > 2000 \text{ mm}$$

$\lambda$ : Angulo de inclinación de los rodillos ( $^{\circ}$ )

$\beta$ : Angulo de sobrecarga dinámica del material ( $^{\circ}$ )

Basándonos en las tablas de flujo volumétrico teórico que nos ofrece el manual “Conveyor Belt Technique, Dunlop”, se determina el ancho de banda que cumple con la capacidad volumétrica requerida por la banda transportadora (40 [m<sup>3</sup>/h]).

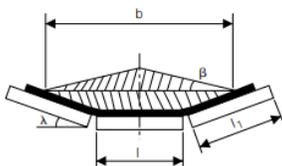
### 2 Roll Troughing Idlers



$v = 1 \text{ m/s}$   
inclination =  $0^{\circ}$

Belt Width B (mm)	Surcharge Angle $\beta$	Troughing Angle $\lambda$				
		20°	30°	35°	40°	45°
300	0	14	18	20	21	-
	10	20	24	26	26	-
	15	24	27	28	28	-
	20	28	30	31	31	-
400	0	28	37	40	42	-
	10	41	48	51	51	-
	15	48	55	56	56	-
	20	55	61	62	61	-
500	0	46	62	67	70	-
	10	68	81	85	86	-
	15	80	91	93	93	-
	20	92	101	103	101	-

### 3 Roll Troughing Idlers



$v = 1 \text{ m/s}$   
inclination =  $0^{\circ}$

Belt Width B (mm)	Surcharge Angle $\beta$	Troughing Angle $\lambda$				
		20°	30°	35°	40°	45°
400	0	21	30	34	-	-
	10	35	43	47	-	-
	15	42	50	53	-	-
	20	50	57	60	-	-
500	0	36	51	58	-	-
	10	59	73	79	-	-
	15	72	84	90	-	-
	20	85	97	102	-	-
650	0	67	95	108	118	127
	10	109	134	145	153	159
	15	131	155	165	176	176
	20	155	176	184	190	193
800	0	105	149	168	185	198
	10	171	210	227	240	249
	15	206	243	257	268	276
	20	243	276	289	299	303

Figura 61. Flujo volumétrico teórico en bandas transportadoras

Fuente: Conveyor Belt Technique, Dunlop

Como se puede observar en la figura 61, la capacidad requerida se satisface mediante dos configuraciones de rodillos diferentes. La primera opción emplea dos rodillos en forma de V,

inclinados a un ángulo de  $20^\circ$  con respecto a la horizontal. En la segunda configuración, se utilizan tres rodillos tipo artesa, con los rodillos laterales inclinados a  $30^\circ$  desde la horizontal.

Considerando que en ambos casos se mantiene un ancho de banda de 400 mm, se decide seleccionar esta dimensión como parámetro de configuración del equipo. Además, se elige la disposición de dos rodillos (V) debido a su menor costo y a la facilidad que conlleva su mantenimiento,

La longitud de los rodillos estará determinada por el ancho de la cinta, basándonos en las recomendaciones del fabricante Dunlop de toma una longitud  $l = 250 \text{ mm}$  (ver tabla 29).

Tabla 29. Longitud estándar de rodillos portantes.

Belt Width B (mm)	Troughing Type				
	Flat	2 roll	3 roll	Deeptrough	Garland
300	380	200	-	-	-
400	500	250	160	-	-
500	600	315	200	-	-
600	700	340	250	-	-
650	750	380	250	-	-
800	950	465	315	200	165
1000	1150	600	380	250	205
1200	1400	700	465	315	250
1400	1600	800	530	380	290
1600	1800	900	600	465	340
1800	2000	1000	670	530	380
2000	2200	1100	750	600	420
2200	2500	1250	800	640	460

Fuente: (DUNLOP, n.d.)

Con lo cual el área de la sección transversal es:

Ancho de banda utilizable para  $B \leq 2000 \text{ mm}$ ,

$$b = 0.9 * 0,4 - 0,05 = 0,31 \text{ m}$$

Ancho de carga de los rodillos,

$$l_1 = 0,5(b) = 0,5 * (0,31 \text{ m}) = 0,155 \text{ m}$$

Área de la sección transversal ( $A = A_1 + A_2$ ),

$$A_1 = 0,25 * \tan(\beta) * [b * \cos(\lambda)]^2$$

$$A_1 = 0,25 * \tan(10) * [0,31 * \cos(20)]^2 = 0,003741 \text{ m}^2$$

$$A_2 = (I_1 * \text{sen } \lambda) * (I_1 * \text{cos } \lambda)$$

$$A_2 = [0,155 * \text{sen}(20)] * [0,155 * \text{cos}(20)] = 0,007721 \text{ m}^2$$

$$A = 0,003741 \text{ m}^2 + 0,007721 \text{ m}^2$$

$$A = 0,01146 \text{ m}^2$$

Finalmente verificamos la capacidad de transporte reemplazando los datos conocidos como el área de la sección transversal, el peso específico del material, y la velocidad de la cinta que, de acuerdo con los diferentes manuales para materiales no abrasivos de flujo libre, como los granos enteros, se recomienda una velocidad máxima de la banda de 2.5 [m/s], optando por una velocidad estándar para la banda de 1 m/s.

$$Q_v = A * v * 3600 * \varphi$$

$$Q_v = 0,01146 \text{ m}^2 * 1 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 3600$$

$$Q_v = 41,26 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Teniendo un caudal masico igual a:

$$Q_m = Q_v * \rho$$

$$Q_m = 41,26 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 0,75 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 30,9 \frac{\text{t}}{\text{h}}$$

Se comprueba que la configuración seleccionada del equipo logra satisfacer la capacidad de transporte requerida (30 t/h).

#### 4.5.2.1.2. Potencia de accionamiento

Para determinar la potencia que el motor requiere para mover la cinta, procedemos a calcularlo de acuerdo con las recomendaciones del libro “transporti meccanici tecnica ed economia” del autor victtorio zignoli, haciendo uso de las siguientes expresiones:

$$P = F * \frac{v}{75 * \eta}$$

Donde,

$P$ : Es la potencia necesaria [Hp].

$v$ : Es la velocidad de la banda [m/s].

$F$ : Es la fuerza de accionamiento de la cinta transportadora [kg].

$\eta$ : Es el coeficiente del rendimiento del motor [0.80].

La fuerza de accionamiento  $F$  de la banda transportadora viene compuesta por la suma de las diferentes fuerzas que actúan sobre la banda, siendo esta igual a:

$$F = (T - t) = (1 + \sum r) * f * q_s * (L + L_o) + f * q_m * (L + L_o) \pm q_m * H$$

Donde podemos determinar la fuerza que realiza la cinta en vacío (sin carga de material), la fuerza que requiere la cinta para trabajar con el material a transportar y la fuerza que se realiza para realizar el desplazamiento del material con una diferencia de altura.

Obtenemos el valor del coeficiente "r" de la página 1096 del libro Zignoli, el cual representa una medida de la resistencia proporcionada por los tensores verticales en la banda. En la imagen siguiente se muestra que, en el caso de una tensión baja y rodamientos de tipo rodillo, este coeficiente tiene un valor de 0,005.

	Alberi su cuscinetti	
	lisci	a rotolamento
1 puleggia sul tratto ad alta tensione $T$ .....	0,02	0,01
1 puleggia sul tratto a bassa tensione $t$ .....	0,01	0,005
1 tenditore verticale (fig. 776 <i>d</i> ), comprese le due pulegge di rinvio in alto .....	0,06	0,03

Figura 62. Coeficiente “r” resistencia proporcionada por tensores verticales en bandas transportadoras

Fuente: (Zignoli, 1970)

De igual manera determinamos el factor  $f$ , correspondiente a un valor de corrección por fricción, en la siguiente figura se puede observar que, para rodamiento a rodillos en serie,  $f$  es igual a 0.03.

per cuscinetti lisci in bronzo o metallo bianco .....	$f = 0,05$
per cuscinetti a rulli di serie .....	$f = 0,03$
per cuscinetti a sfere o a rulli molto ben montati .	$f = 0,025$

Figura 63. Valores de corrección por fricción en bandas transportadoras.

Fuente: (Zignoli, 1970)

El valor  $q_s$  corresponde al peso medio de las partes móviles del transportador, el libro zignoli nos proporciona la tabla “TAB. CCCI”, la cual nos permite determinar este valor de acuerdo con el ancho de la banda seleccionada. Con lo cual para un ancho de banda de 400 mm se tiene un peso  $q_s$  igual a 24 [kg/m].

Lar- ghezza nastro B in m	Peso medio in kg/m q <sub>m</sub> delle parti mobili del tra- sporta- tore kg	Peso q <sub>m</sub> di un metro di nastro con tele da																	
		0,82 kg/m <sup>2</sup> (28 onces) a tele N.									0,93 kg/m <sup>2</sup> (32 onces) a tele N.								
		tele 4			tele 5			tele 6			tele 4			tele 5			tele 6		
		Spessore gomma interno																	
Spessore gomma esterno																			
1,2 1,5 2,5 1,2 1,5 2,5 1,2 1,5 2,5 1,2 1,5 2,5 1,2 1,5 2,5 1,2 1,5 2,5																			
3,5 4,8 7 3,5 4,8 7 3,5 4,8 7 3,5 4,8 7 3,5 4,8 7 3,5 4,8 7																			
0,30	20	3,4	4,2	5,4	3,8	4,5	5,7	4,2	4,8	6,2	3,8	4,3	5,6	4,1	4,8	6,0	4,5	5,2	6,5
0,35	22	4	5,0	6,3	4,5	5,3	6,7	4,9	5,6	7,2	4,3	5,1	6,5	4,8	5,6	7	5,3	6	7,6
0,40	24	4,6	5,7	7,2	5,1	6,0	7,6	5,6	6,4	8,2	4,9	5,8	7,5	5,5	6,4	8	6,0	6,9	8,7
0,45	28	5,2	6,4	8,0	5,7	6,8	8,6	6,3	7,2	9,2	5,6	6,5	8,4	6,2	7,2	9	6,8	7,8	9,7
0,50	32	5,7	7,0	9,0	6,4	7,5	9,5	7,0	8,0	10,2	6,2	7,2	9,3	6,9	8,0	10	7,5	8,6	10,8
0,60	38	7,0	8,5	10,8	7,7	9,0	11,5	8,4	9,7	12,3	7,4	8,7	11,2	8,2	9,7	12	9,0	10,4	13
0,75	55	8,5	10,7	13,5	9,6	11,0	14	10,5	12,0	15,4	9,2	10,8	14	10,2	12,0	15	11,0	13	16
0,90	60	10,5	11,5	16,0	11,5	13,5	17	12,5	14,4	18,5	11	13	16,8	13,4	14,4	18	13,5	15,5	19,5
1,00	75	11,5	12,7	18,0	12,7	15,0	19	14,0	16	20	12,3	14,5	18,5	13,7	16	20	15	17	21,5
1,20	90	14,0	17,2	21,5	15,2	18,0	23	17,8	19	25	14,8	17,4	22,4	16,4	19	24	18	21	28
1,50	100	15,0	18,5	23,5	16,7	19,5	25	18,3	21	27	16	19	24,2	18	21	26	19,5	22,5	28
1,50	115	17,0	21,5	27	19	22,5	28,5	21	24	31	18,5	22	28	20,5	24	30	22,5	26	32

Figura 64. Peso de las partes móviles en transportadores de banda (Zignoli).

Fuente: (Zignoli, 1970)

El valor L corresponde a la longitud de transporte de la banda, la cual para este caso es de 7 [m], y esta longitud se ve afectada por un valor que de acuerdo con las recomendaciones de Zignoli, para rodillos montados sobre rodamientos  $L_0 = 60$  m.

Y por último se determina el valor de  $q_m$ , siendo este la capacidad de transporte lineal del equipo en [kg/m].

$$q_m = \frac{Q}{3,6 * v} = \frac{30 \text{ t/h}}{3,6 * (1 \frac{\text{m}}{\text{s}})}$$

$$q_m = 8,33 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Finalmente reemplazamos todos los valores conocidos, considerando que la banda transportadora contará con una posición completamente horizontal, por lo cual el valor para la altura de elevación “H” será cero, teniendo como resultado:

$$F = (1 + 0,005) * 0,03 * 24 * (7 + 60) + 0,03 * 8,33 * (7 + 60) \pm 8,33 * 0$$

$$F = 65,22 \text{ kg}$$

Con lo cual la potencia de accionamiento requerida será igual a:

$$P = 65,22 \text{ kg} * \frac{1 \text{ m/s}}{75 * 0,8}$$

$$P = 1,08 \text{ Hp}$$

De los valores normalizados de potencia para motores eléctricos se selecciona una potencia de 1.5 hp.

#### 4.5.2.1.3. Selección de banda y tensiones en la banda

Para iniciar con la selección de la banda transportadora preseleccionamos una banda de la marca icobandas ANL-150 con una resistencia de 300 N/mm, 2 lonas con un espesor total de 7 mm, un peso de 210 g/pulg/m y una carga de trabajo de 168 lb/pulg.

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	icobandas ANL-150			
		300/2	500/3		630/4
Tipo					
Número de lonas		2	3		4
Espesor cubierta superior	Pulgada	1/8	1/8	3/16	3/16
Espesor cubierta inferior	Pulgada	1/16	1/16	1/16	1/16
Espesor total	mm	7,0	8,2	9,8	11,4
Peso	g/pulg/m	210	256	302	354
Carga de trabajo	lb/pulg	168	252	252	336
Carga de rotura	lb/pulg	1680	2520	2520	3360

Figura 65. Especificaciones banda icobandas ANL-150 300/2

Fuente: Icobandas.com

Inicialmente determinamos las tensiones basándonos en el libro Zignoli, donde las tensiones en los ramales se relacionan con la fuerza de accionamiento de acuerdo con la siguiente expresión:

$$F = T - t$$

Donde,

$T$ : Fuerza en el ramal tenso.

$t$ : Fuerza en el ramal flojo.

Las fuerzas en dichos ramales se calculan por medio de:

$$T = F * \left(1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}\right)$$

$$t = F * \left(\frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1}\right)$$

El valor  $\mu$  representa el rozamiento entre la cinta y el tambor, el cual podemos determinar de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 30. Coeficiente de rozamiento entre la cinta y el tambor.

Operating Condition	Pulley Surface			
	Plain Steel (smooth)	Polyurethane lagging (grooved)	Rubber lagging (grooved)	Ceramic lagging (porous)
Dry	0.35 to 0.4	0.35 to 0.4	0.4 to 0.45	0.4 to 0.45
Wet (Clean)	0.1	0.35	0.35	0.35 to 0.4
Wet (dirty mud, clay)	0.05 to 0.1	0.2	0.25 - 0.3	0.35

Fuente: (DUNLOP, n.d.)

Para nuestro caso optamos por la peor condición ambiental, la cual sería un ambiente húmedo con suciedad, teniendo un valor de  $\mu = 0.25$ .

La variable  $\alpha$  representa el ángulo de arropo de la banda sobre las poleas, asumimos un ángulo de arropamiento de  $210^\circ$ , con lo cual tendríamos:

$$T = 65,22 \text{ kg} * \left(1 + \frac{1}{e^{0,25*3,67} - 1}\right)$$

$$T = 108,69 \text{ kg}$$

$$t = 65,22 \text{ kg} * \left(\frac{1}{e^{0,25*3,67} - 1}\right)$$

$$t = 43,48 \text{ kg}$$

De acuerdo con el catálogo de bandas de la empresa icobandas, podemos determinar la tensión máxima de sus bandas mediante la siguiente expresión:

$$T_e = \frac{0,9 * Hp \text{ motor} * 33000}{S}$$

Donde,

$T_e$ : Tensión efectiva de la banda [lb]

$S$ : Velocidad de la banda [ft/min].

con la potencia seleccionada para el accionamiento de la banda tenemos que:

$$T_e = \frac{0,9 * 1,5 \text{ hp} * 33000}{196,85 \text{ ft/min}} = 226,31 \text{ lb}$$

La tensión del lado del retorno sería:

$$T_2 = K * T_e$$

Donde K es el factor de transmisión basado en el coeficiente de rozamiento, arco de contacto y tipo de tensor. Los valores de K para diversas condiciones de transmisión se determinan de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 31. Factor de transmisión K basado en el coeficiente de fricción, arco de contacto y tipo de tensor.

Factor de transmisión K basado en el coeficiente de fricción, arco de contacto y tipo de tensor.					
Arco de contacto	Transmisión	Tensor de tornillo		Tensor de gravedad	
		Polea desnuda	Polea revestida	Polea desnuda	Polea revestida
150°	Sencilla	1.5	1.00	1.08	0.67
160°	Sencilla	1.4	0.95	1.00	0.60
170°	Sencilla	1.3	0.90	0.91	0.55
180°	Sencilla	1.2	0.80	0.85	0.50
190°	Con polea de arco	1.1	0.75	0.78	0.45
200°	Con polea de arco	1.0	0.70	0.72	0.42
210°	Con polea de arco	1.0	0.70	0.67	0.38
220°	Con polea de arco	0.9	0.65	0.62	0.35
230°	Con polea de arco	0.9	0.60	0.58	0.32

240°	Con polea de arco	0.8	0.60	0.54	0.30
360°	2 poleas en tándem	0.5	0.40	0.26	0.13
380°	2 poleas en tándem	0.5	0.35	0.23	0.11
400°	2 poleas en tándem	0.5	0.30	0.21	0.09
420°	2 poleas en tándem	0.5	0.30	0.19	0.08
440°	2 poleas en tándem	0.4	0.20	0.17	0.07
460°	2 poleas en tándem	0.4	0.20	0.15	0.06

Fuente: Icobandas.com

Por lo tanto, para un ángulo de arrojé de la banda de 210°, polea de arco y tensor de tornillo se tiene un valor de  $K = 0.70$ .

$$T_2 = 0,70 * 226,31 \text{ lb}$$

$$T_2 = 158,42 \text{ lb}$$

Teniendo una tensión máxima,

$$T_{max} = T_e + T_2$$

$$T_{max} = 226,31 \text{ lb} + 158,42 \text{ lb} = 384,73 \text{ lb}$$

Como se puede observar la tensión máxima de la cinta “Tmax” es mayor a la tensión máxima del ramal “T” (108.69 kg [239.62 lb]), pudiendo afirmar que la cinta seleccionada resistirá el estiramiento sin que se produzca la rotura de la misma.

finalmente se verifica que la tensión máxima de operación ( $T_u$ ) es menor que la carga de trabajo de la banda seleccionada.

$$T_u = \frac{T_{max}}{B} = \frac{384,73 \text{ lb}}{16 \text{ in}} = 24,05 \text{ lb/in}$$

$$T_u = 24,05 \frac{\text{lb}}{\text{in}} < 168 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

#### 4.5.2.1.4. Selección de los rodillos

Existen tres categorías de rodillos presentes en la cinta transportadora, cada una con una separación característica entre ellos: los rodillos de impacto, los rodillos portantes (sobre los

cuales se desplaza la cinta cargada) y los rodillos de retorno (por los cuales la cinta se desplaza cuando está vacía).

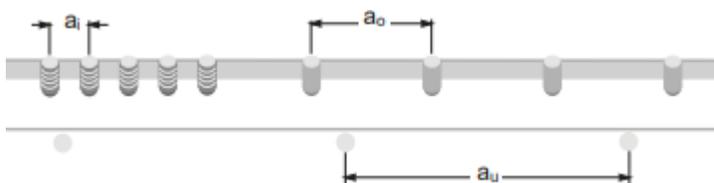


Figura 66. Separación entre rodillos rumelca

Fuente: Bulk Handling Rollers And Components For Bulk Handling, Rumelca

Para instalaciones normales Dunlop recomienda una distancia entre rodillo del lado portante  $a_o$  igual a 1.2 [m], calculándose a partir de esta la separación de los rodillos del lado de retorno, siendo esta:

$$a_u = (2 \div 3) * a_o = 2,5 * 1,2 = 3 \text{ m}$$

Para seleccionar el diámetro adecuado de los rodillos, nos basamos en el catálogo de características generales de rodillos del fabricante Rotrans. Este catálogo proporciona una tabla con diámetros normalizados en función del ancho de la banda, lo que nos permite tomar una decisión informada y precisa.

BANDA	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Ø Rodillo											
63,5	x	x	x								
70		x	x	x							
76		x	x	x	x						
89		x	x	x	x						
102			x	x	x	x					
108			x	x	x	x	x				
127				x	x	x	x	x			
133				x	x	x	x	x			
152,4						x	x	x	x		
159						x	x	x	x		
193,7									x	x	x

Figura 67. Diámetro de rodillo recomendado en función del ancho de la banda Rotrans

Fuente: Catalogo General de Características, Rotrans.

Se seleccionan rodillos con un diámetro de 60 mm y una longitud de 250 mm.

**Ø 60 N**

Bearing 6202  
(15 x 35 x 11)

d = 15  
d<sub>i</sub> = 20  
ch = 17 \*  
s = 3  
e = 4  
g = 9

\*ch = 14 upon request

belt		roller			weight		load capacity					
width	mm	dimensions			Kg		daN					
arrangements	mm	B	C	A	rotating	total	belt speed m/s					
							parts	0.75	1	1.25	1.5	1.75
	400	160	168	186	1.0	1.2	128	117	108	102	97	93
	300 500	200	208	226	1.1	1.5	128	117	108	102	97	93
	400 650	250	258	276	1.4	1.7	128	117	108	102	97	93
	500 800	315	323	341	1.6	2.1	128	117	108	102	97	93
	300 650 1000	380	388	406	1.9	2.5	128	117	108	102	97	93
	800	465	473	491	2.3	2.9	114	114	108	102	97	93
	400	500	508	526	2.4	3.1	106	106	106	102	97	93
	500 1000	600	608	626	2.8	3.7	88	88	88	88	88	88
	650	750	758	776	3.5	4.5	70	70	70	70	70	70
	800	950	958	976	4.3	5.7	55	55	55	55	55	55
	1000	1150	1158	1176	5.2	6.8	46	46	46	46	46	46

Figura 68. Características rodillo Rumelca series MPS

Fuente: Bulk Handling Rollers And Components For Bulk Handling, Rumelca

Es necesario determinar la carga que pueden soportar los rodillos portantes y los rodillos de retorno seleccionados y asegurarse de que cumplen con los requisitos específicos. Sin embargo, antes de hacer esto, es imprescindible definir el tipo de cinta que se utilizará.

Para los rodillos portantes se tiene que la carga estática está dada por:

$$C_a = a_o * \left( q_b + \frac{Qr}{3.6 * v} \right) 0.981 [daN]$$

Donde  $q_b$  es el peso por metro de la banda, con lo cual para los 400 mm de banda tenemos:

$$q_b = 210 \frac{g}{in} * 400 mm * \frac{1 in}{25,4 mm} * \frac{1 kg}{1000 g}$$

$$q_b = 3,31 \frac{kg}{m}$$

Teniendo,

$$C_a = 1,2 m * \left( 3,31 \frac{kg}{m} + \frac{30 t/h}{3.6 * 1 m/s} \right) 0.981$$

$$C_a = 13,70 [daN]$$

Para determinar la carga dinámica que soportan los rodillos, es necesario multiplicar la carga estática por diferentes factores de operación.

$$C_{a_1} = C_a * F_d * F_s * F_m [daN]$$

Siendo,

$F_d$ : Factor de impacto ( $F_d = 1$ , tabla 32).

$F_s$ : Factor de servicio ( $F_s = 1$ , tabla 33).

$F_m$ : Factor de ambiente ( $F_m = 0.9$ , tabla 34).

Tabla 32. Factor de impacto  $F_d$ .

Lump size	Belt speed m/s						
	2	2.5	3	3.5	4	5	6
0 ÷ 100 mm	1	1	1	1	1	1	1
100 ÷ 150 mm	1.02	1.03	1.05	1.07	1.09	1.13	1.18
150 ÷ 300 mm with layers of fine material	1.04	1.06	1.09	1.12	1.16	1.24	1.33
150 ÷ 300 mm without layers of fine material	1.06	1.09	1.12	1.16	1.21	1.35	1.50
300 ÷ 450 mm	1.20	1.32	1.50	1.70	1.90	2.30	2.80

Fuente: Bulk Handling Rollers And Components For Bulk Handling, Rumelca

Tabla 33. Factor de servicio  $F_s$ .

Working life	$F_s$
Less than 6 hours per day	0.8
From 6 to 9 hours per day	1.0
From 10 to 16 hours per day	1.1
Over 16 hours per day	1.2

Fuente: Bulk Handling Rollers And Components For Bulk Handling, Rumelca

Tabla 34. Factor de ambiente Fm.

Conditions	Fm
Clean and with regular maintenance	0.9
Presence of abrasive or corrosive materials	1.0
Presence of very abrasive or very corrosive materials	1.1

Fuente: Bulk Handling Rollers And Components For Bulk Handling, Rumelca

Tabla 35. Factor de velocidad Fv

Belt speed m/s	Roller diameter mm						
	60	76	89-90	102	108-110	133-140	159
0.5	0.81	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
1.0	0.92	0.87	0.85	0.83	0.82	0.80	0.80
1.5	0.99	0.99	0.92	0.89	0.88	0.85	0.82
2.0	1.05	1.00	0.96	0.95	0.94	0.90	0.86
2.5			1.01	0.98	0.97	0.93	0.91
3.0			1.05	1.03	1.01	0.96	0.92
3.5					1.04	1.00	0.96
4.0					1.07	1.03	0.99
4.5					1.14	1.05	1.02
5.0					1.17	1.08	1.00

Fuente: Bulk Handling Rollers And Components For Bulk Handling, Rumelca

Teniendo una carga dinámica:

$$C_{a1} = 13,70 \text{ daN} * 1,0 * 1,0 * 0,9$$

$$C_{a1} = 12,33 \text{ [daN]}$$

Sin embargo, dado que la disposición de los rodillos es de doble rodillo, es necesario aplicar un factor de participación (Fp) a esta carga dinámica.

Tabla 36. Factor de participación Fp

0°	20°	20°	30°	35°	45°	30°-45°	60°
1.00	0.50	0.60	0.65	0.67	0.72	-0.52 - 0.60	0.47

Fuente: Bulk Handling Rollers And Components For Bulk Handling, Rumelca

Con lo cual la carga dinámica para cada rodillo ( $ca$ ) de la configuración de rodillos seleccionada es:

$$ca = C_{a_1} * F_p = 6,17 [daN]$$

Tras consultar la figura 68 de características de los rodillos seleccionados, se observa que a una velocidad de 1 m/s, los rodillos son capaces de soportar una carga máxima de 117 daN. Por lo tanto, se puede concluir con confianza que los rodillos portantes son capaces de resistir los esfuerzos requeridos.

Para los rodillos de retorno se tiene que la carga estática está dada por:

$$C_r = a_u * q_b * 0,981$$

$$C_r = 3 m * 3,31 \frac{kg}{m} * 0,981 = 9,74 [daN]$$

Teniendo una carga dinámica igual a:

$$C_{r_1} = C_r * F_s * F_m * F_v$$

Donde,  $F_s = 1$  (tabla 33),  $F_m = 0.9$  (tabla 34) y  $F_v = 0,92$  (tabla 35).

$$C_{r_1} = 9,74 daN * 1 * 0,9 * 0,92$$

$$C_{r_1} = 8,06 [daN]$$

A diferencia de los rodillos portantes, en la sección de retorno se cuenta únicamente con un rodillo plano que será responsable de soportar toda la carga. Su factor de participación es fijado en 1.

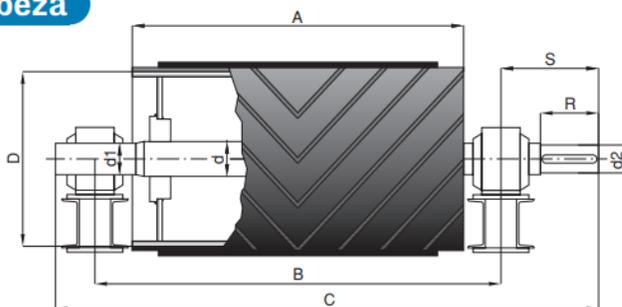
$$C_r = C_{r_1} * F_p = 8,06 [daN]$$

Se comprueba en la figura 68, que a una velocidad de 1 m/s, los rodillos son capaces de soportar una carga máxima de 106 daN. Por lo tanto, se puede concluir con confianza que los rodillos de retorno son capaces de resistir los esfuerzos requeridos.

#### 4.5.2.1.5. Selección de los tambores

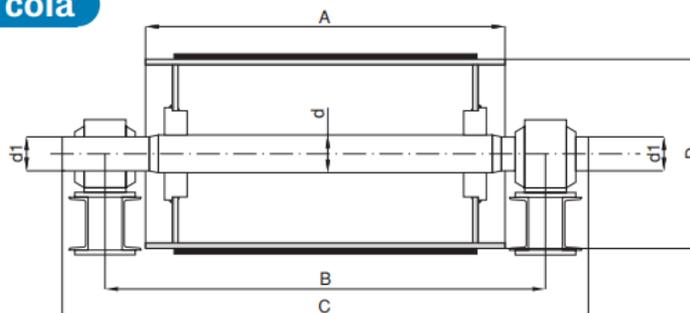
Del catálogo de productos Rotrans, se han seleccionado los tambores apropiados de acuerdo con el ancho de banda seleccionada de 400 mm. Se han elegido tambores de cabeza y cola, los cuales tienen un diámetro de 241 mm y un eje central con un diámetro de 50 mm.

##### tambor cabeza



D	A	B	C	d	d1	d2	S	R	SOPORTE
216	500	655	880	50	40	35	162,5	100	SNL-509
		665	920	60	50	45	187,5	120	SNL-511
241		680	965	70	60	55	210	135	SNL-513

##### tambor cola



D	A	B	C	d	d1	SOPORTE
216	500	655	780	50	40	SNL-509
		665	800	60	50	SNL-511
241		680	830	70	60	SNL-513

Figura 69. Dimensiones de los tambores de cabeza y cola, banda transportadora N°1.

Fuente: Catalogo General de Características, Rotrans

#### Verificación de eje del tambor

Dada la geometría de los tambores en las bandas transportadoras, resulta esencial atender a los criterios fundamentales de diseño para establecer el diámetro mínimo del eje. Entre estos, los más significativos son la resistencia ante deformaciones por flexión y torsión.

El proceso inicial implica la determinación de la fuerza resultante sobre los tambores. Esta magnitud se encuentra influenciada por diversos factores, tales como las tensiones  $T_1$  (tensión máxima) y  $T_2$  (tensión mínima), el peso del tambor y el ángulo de contacto entre este último y la banda.

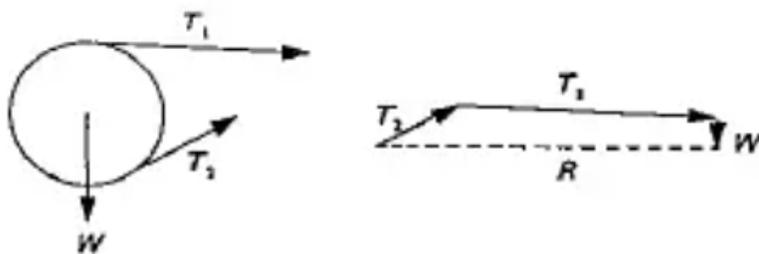


Figura 70. Carga radial resultante para banda horizontal y ángulo de arropo  $> 180^\circ$

Fuente: (CEMA, 1997)

La carga radial resultante la calculamos por medio de la siguiente expresión.

$$R = \sqrt{(T_1 + (T_2 * \cos \theta))^2 + (T_2 * \sin \theta - W)^2}$$

Donde,

$R$ : carga resultante en la polea [kg]

$T_1$ : tensión sobre el ramal superior [kg]

$T_2$ : tensión sobre el ramal inferior [kg]

$W$ : peso del tambor [36 kg]

Teniendo una carga resultante igual a:

$$R = \sqrt{(108,69 + (43,48 * \cos (30^\circ)))^2 + ((43,48 * \sin (30^\circ)) - 36)^2}$$

$$R = 147,04 \text{ kg}$$

Luego tenemos que determinar el momento flector y el torque que actúan sobre el eje del tambor. Las ecuaciones son las siguientes:

$$T = \frac{P * 60 \cdot 10^6}{2 * \pi * \omega_T}$$

Donde,

$T$ : torque en el tambor [N.mm]

$P$ : potencia del motor instalado [kW]

$\omega_T$ : velocidad angular del tambor [rpm]

Esta última puede ser calculada de la siguiente manera:

$$\omega_T = \frac{60000 * v}{\pi * D}$$

Siendo

$v$ : velocidad de la banda [m/s]

$D$ : diámetro del tambor [mm]

$$\omega_T = \frac{60000 * 1}{\pi * 241} = 79,25 \text{ rpm}$$

Teniendo un torque en el tambor motriz igual a:

$$T = \frac{1,11 * 60 \cdot 10^6}{2 * \pi * 79,25} = 133750,40 \text{ N mm}$$

Luego tenemos la ecuación para el momento flector sobre el eje del tambor,

$$M = \frac{R(B - A)}{4} * g$$

Donde,

$M$ : momento flector en el tambor [N.mm]

$B$ : distancia entre los apoyos [mm]

$A$ : ancho de la cara del tambor [mm]

$$M = \frac{147,04 * (665 - 500)}{4} * 9.81 = 59501,6 \text{ N mm}$$

Finalmente, con estos valores podemos determinar el diámetro mínimo necesario del eje del tambor debido a los esfuerzos combinados tanto de flexión como de torsión. Aplicando la teoría de von Mises, calculamos el diámetro del eje con la siguiente ecuación:

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16 * \eta}{\pi * S_y} * \left( \sqrt{(k_b * M)^2 + T^2} \right)}$$

Donde,

$d_s$ : diámetro mínimo del eje [mm]

$\eta$ : factor de seguridad [para fatiga tomamos un valor de 5.8]

$S_y$ : esfuerzo de fluencia del material de eje [310 Mpa]

$k_b$ : factor por carga de transmisión [se recomienda tomar un valor igual a 2.5]

$M$ : momento flector [N.mm]

$T$ : torque [N.mm]

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16 * 5,8}{\pi * 310} * \left( \sqrt{(2,5 * 59501,6)^2 + 133750,4^2} \right)}$$

$$d_s = 26,71 \text{ mm}$$

Por lo tanto, como el diámetro del tambor seleccionado es mayor que el mínimo calculado se verifica la selección del tambor,  $d > d_s$  (ver figura 69).

#### 4.5.2.2. *Bandas transportadoras N°2 y N°3*

Para la selección de las bandas transportadoras N°2 y N°3 consideramos las mismas características constructivas en ambos equipos, debido a que estas contarán con la misma longitud y capacidad de transporte, con lo cual tenemos los siguientes valores como partida para el cálculo:

- Capacidad  $Q_m = 30 \text{ t/h}$

- Longitud  $L = 5 \text{ m}$
- Altura de elevación  $H = 0$
- Ancho de banda  $B = 0.4 \text{ m}$
- Velocidad de la banda  $v = 1 \text{ m/s}$
- Tipo de rodillos (rodillos dobles con inclinación  $\lambda = 20^\circ$ )
- Ángulo de sobrecarga  $\beta = 10^\circ$

#### 4.5.2.2.1. Potencia de accionamiento

Al igual que para el cálculo de la banda transportadora número uno, procedemos a calcular la potencia de las bandas 2 y 3 de acuerdo con las recomendaciones del libro “transporti meccanici tecnica ed economia” del autor victtorio zignoli,

$$F = (T - t) = (1 + \sum r) * f * q_s * (L + L_o) + f * q_m * (L + L_o) \pm q_m * H$$

Siendo,

$\sum r = 0.005$ ,  $f = 0.03$ ,  $q_s = 24 \text{ kg/m}$ ,  $L = 5 \text{ m}$ ,  $L_o = 60 \text{ m}$ ,  $q_m = 8.33 \text{ kg/m}$  y  $H = 0$ .

$$F = (1 + 0,005) * 0,03 * 24 * (5 + 60) + 0,03 * 8,33 * (5 + 60) \pm 8,33 * 0$$

$$F = 63,28 \text{ kg}$$

Con lo cual la potencia de accionamiento requerida será de:

$$P = F * \frac{v}{75 * \eta} = 63,28 \text{ kg} * \frac{1 \text{ m/s}}{75 * 0,8}$$

$$P = 1,05 \text{ Hp}$$

De los valores normalizados de potencia para motores eléctricos se selecciona una potencia de 1.5 hp.

#### 4.5.2.2.2. Selección de la banda y tensiones en la banda

Al igual que con la banda número uno preseleccionamos para este caso una banda ANL-150 con una resistencia de 300 N/mm, 2 lonas con un espesor total de 7 mm, un peso de 210 g/pulg/m y una carga de trabajo de 168 lb/pulg (ver figura 65).

Determinamos las tensiones de acuerdo con un valor de fricción entre la banda y los tambores  $\mu = 0.25$  y un ángulo de arroje de  $210^\circ$

$T$ : Fuerza en el ramal tenso.

$$T = F * \left( 1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right)$$

$$T = 63,28 * \left( 1 + \frac{1}{e^{0,25*3,67} - 1} \right)$$

$$T = 105,47 \text{ kg}$$

$t$ : Fuerza en el ramal flojo.

$$t = F * \left( \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right)$$

$$t = 63,28 * \left( \frac{1}{e^{0,25*3,67} - 1} \right)$$

$$t = 42,18 \text{ kg}$$

Es evidente que las tensiones a las que la banda estará expuesta resultan inferiores a las tensiones previamente calculadas para la banda transportadora N°1 (ver apartado 4.5.2.1.3). Al considerar que los transportadores de banda N°2 y N°3 comparten la misma capacidad de transporte y poseen una longitud menor que la banda transportadora N°1, podemos inferir que la cinta (ANL-150 300/2) tiene la capacidad de resistir el estiramiento sin correr el riesgo de romperse. Este hecho confirma la adecuación de nuestra elección.

A partir de este análisis y siguiendo una lógica similar, resulta conveniente optar por los mismos tipos de rodillos de soporte y retorno que se seleccionaron para la banda transportadora N°1 (ver figura 68). Lo mismo aplica para los demás componentes como lo son los tambores de cabeza y cola elegidos previamente (ver figura 69).

#### 4.5.2.3. Banda transportadora N°4

Este equipo será el encargado de descargar los silos de almacenamiento, contara con una capacidad de transporte de 30 toneladas por hora y una longitud total de 13 m, teniendo en consideración que la capacidad de transporte no varía en comparación con las demás bandas transportadoras, mantenemos los componentes que se seleccionaron para las demás bandas y verificamos si estos mismo pueden ser utilizados en este equipo, para esto tomamos como valores de partida los siguientes:

- Capacidad  $Q_m = 30 \text{ t/h}$
- Longitud  $L = 13 \text{ m}$
- Altura de elevación  $H = 0$
- Ancho de banda  $B = 0.4 \text{ m}$
- Velocidad de la banda  $v = 1 \text{ m/s}$
- Tipo de rodillos (rodillos dobles con inclinación  $\lambda = 20^\circ$ )
- Ángulo de sobrecarga  $\beta = 10^\circ$

##### 4.5.2.3.1. Potencia de accionamiento

Procedemos a calcular la potencia de acuerdo con las recomendaciones del libro “transporti meccanici tecnica ed economia” del autor victtorio zignoli,

$$F = (T - t) = (1 + \sum r) * f * q_s * (L + L_o) + f * q_m * (L + L_o) \pm q_m * H$$

Siendo,

$\Sigma r = 0.005$ ,  $f = 0.03$ ,  $q_s = 24 \text{ kg/m}$ ,  $L = 13 \text{ m}$ ,  $L_o = 60 \text{ m}$ ,  $q_m = 8.33 \text{ kg/m}$  y  $H = 0$ .

$$F = (1 + 0,005) * 0,03 * 24 * (13 + 60) + 0,03 * 8,33 * (13 + 60) \pm 8,33 * 0$$

$$F = 71,10 \text{ kg}$$

Teniendo una potencia de accionamiento requerida de:

$$P = F * \frac{v}{75 * \eta} = 71,10 \text{ kg} * \frac{1 \text{ m/s}}{75 * 0,8}$$

$$P = 1,18 \text{ Hp}$$

De los valores normalizados de potencia para motores eléctricos se selecciona una potencia de 1.5 hp.

#### 4.5.2.3.2. Selección de la banda y tensiones de la banda

Verificaremos si la banda seleccionada para los transportadores de banda 1, 2 y 3 (figura 65) puede ser utilizada en este transportador, para ello verificaremos las tensiones a las cuales se somete la banda,

Siguiendo el procedimiento realizado en el inciso (4.5.2.1.3), para un valor de fricción entre la banda y los tambores  $\mu = 0.25$  y un ángulo de arroje de  $210^\circ$

$T$ : Fuerza en el ramal tenso.

$$T = F * \left( 1 + \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right)$$

$$T = 71,10 * \left( 1 + \frac{1}{e^{0,25*3,67} - 1} \right)$$

$$T = 118,49 \text{ kg}$$

$t$ : Fuerza en el ramal flojo.

$$t = F * \left( \frac{1}{e^{\mu\alpha} - 1} \right)$$

$$t = 71,10 * \left( \frac{1}{e^{0,25*3,67} - 1} \right)$$

$$t = 47,39 \text{ kg}$$

Calculamos la tensión máxima de la banda siguiendo las recomendaciones del catálogo icobandas.

$$T_e = \frac{0,9 * Hp \text{ motor} * 33000}{S}$$

Donde,

$T_e$ : Tensión efectiva de la banda [lb]

S: Velocidad de la banda [ft/min].

con la potencia seleccionada para el accionamiento de la banda tenemos que:

$$T_e = \frac{0,9 * 1,5 \text{ hp} * 33000}{196,85 \text{ ft/min}} = 226,31 \text{ lb}$$

La tensión del lado del retorno sería:

$$T_2 = K * T_e$$

De la Tabla 31, para un ángulo de arroje de la banda de  $210^\circ$ , polea de arco y tensor de tornillo se tiene un valor de  $K = 0.70$ .

$$T_2 = 0,70 * 226,31 \text{ lb}$$

$$T_2 = 158,42 \text{ lb}$$

Teniendo una tensión máxima,

$$T_{max} = T_e + T_2$$

$$T_{max} = 226,31 \text{ lb} + 158,42 \text{ lb} = 384,73 \text{ lb}$$

Como se puede observar la tensión máxima de la cinta “Tmax” es mayor a la tensión máxima del ramal “T” (118,49 kg [261.22 lb]), verificando que la banda ANL-150 300/2 resistirá el estiramiento sin que se produzca la rotura de la misma.

#### 4.5.2.3.3. Selección de los rodillos

Consideramos una distancia entre rodillo del lado portante  $a_o$  igual a 1.2 [m], y determinamos a partir de esta la separación de los rodillos del lado de retorno, siendo esta:

$$a_u = (2 \div 3) * a_o = 2,5 * 1,2 = 3 \text{ m}$$

De acuerdo con la figura 67 y las recomendaciones del manual dunlop, para una banda de 400 mm se recomienda utilizar rodillos de diámetro de 63.5 [mm], optando por seleccionar rodillos de la marca Rumelca serie MPS los cuales cuentan con un diámetro de 60 mm y una longitud de 250 mm (ver figura 68).

Para los rodillos portantes se tiene que la carga estática está dada por:

$$C_a = a_o * \left( q_b + \frac{Qr}{3.6 * v} \right) 0.981 \text{ [daN]}$$

Donde  $q_b$  es el peso por metro de la banda,

$$q_b = 3,31 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Teniendo,

$$C_a = 1,2 \text{ m} * \left( 3,31 \frac{\text{kg}}{\text{m}} + \frac{30 \text{ t/h}}{3.6 * 1 \text{ m/s}} \right) 0.981$$

$$C_a = 13,70 \text{ [daN]}$$

Carga dinámica que soportan los rodillos portantes,

$$C_{a_1} = C_a * F_d * F_s * F_m \text{ [daN]}$$

Siendo,

$F_d$ : Factor de impacto ( $F_d = 1$ , tabla 32).

$F_s$ : Factor de servicio ( $F_s = 1.2$ , tabla 33).

$F_m$ : Factor de ambiente ( $F_m = 0.9$ , tabla 34).

$$C_{a_1} = 13,70 \text{ daN} * 1,0 * 1,2 * 0,9$$

$$C_{a_1} = 14,8 [daN]$$

Con lo cual la carga dinámica para cada rodillo ( $ca$ ) es:

$$ca = C_{a_1} * F_P = 14,8 * 0,5 = 7,4 [daN]$$

Tras consultar la figura 68 de características de los rodillos seleccionados, se observa que a una velocidad de 1 m/s, los rodillos son capaces de soportar una carga máxima de 117 daN. Por lo tanto, se puede concluir con confianza que los rodillos portantes son capaces de resistir los esfuerzos requeridos.

Para los rodillos de retorno se tiene que la carga estática está dada por:

$$C_r = a_u * q_b * 0,981$$

$$C_r = 3 m * 3,31 \frac{kg}{m} * 0,981 = 9,74 [daN]$$

Teniendo una carga dinámica igual a:

$$C_{r_1} = C_r * F_s * F_m * F_v$$

Donde,  $F_s = 1,2$  (tabla 33),  $F_m = 0,9$  (tabla 34) y  $F_v = 0,92$  (tabla 35).

$$C_{r_1} = 9,74 daN * 1,2 * 0,9 * 0,92$$

$$C_{r_1} = 9,68 [daN]$$

A diferencia de los rodillos portantes, en la sección de retorno se cuenta únicamente con un rodillo plano que será responsable de soportar toda la carga. Su factor de participación es fijado en 1.

$$C_r = C_{r_1} * F_P = 9,68 [daN]$$

Se comprueba en la figura 68, que a una velocidad de 1 m/s, los rodillos son capaces de soportar una carga máxima de 106 daN. Por lo tanto, se puede concluir con confianza que los rodillos de retorno son capaces de resistir los esfuerzos requeridos.

#### 4.5.2.3.4. Selección de los tambores

Para verificar si los tambores de cabeza y cola seleccionados en las bandas 1, 2 y 3 serían funcionales en la banda N°4, se comprueba el diámetro mínimo en el eje del tambor motriz.

Inicialmente calculamos la carga radial resultante por medio de la siguiente expresión.

$$R = \sqrt{(T_1 + (T_2 * \cos \theta))^2 + (T_2 * \sin \theta - W)^2}$$

Donde,

$R$ : carga resultante en la polea [kg]

$T_1$ : tensión sobre el ramal superior [kg]

$T_2$ : tensión sobre el ramal inferior [kg]

$W$ : peso del tambor [36 kg]

$$R = \sqrt{(118,49 + (47,39 * \cos (30^\circ)))^2 + ((47,39 * \sin (30^\circ)) - 36)^2}$$

$$R = 160,0 \text{ kg}$$

Luego tenemos que el momento flector y el torque que actúan sobre el eje del tambor es:

$$T = \frac{P * 60 * 10^6}{2 * \pi * \omega_T}$$

Donde,

$T$ : torque en el tambor [N.mm]

$P$ : potencia del motor instalado [kW]

$\omega_T$ : velocidad angular del tambor [rpm]

Esta última puede ser calculada de la siguiente manera:

$$\omega_T = \frac{60000 * v}{\pi * D}$$

Siendo

$v$ : velocidad de la banda [m/s]

$D$ : diámetro del tambor [mm]

$$\omega_T = \frac{60000 * 1}{\pi * 241} = 79,25 \text{ rpm}$$

Teniendo un torque en el tambor motriz igual a:

$$T = \frac{1,11 * 60 * 10^6}{2 * \pi * 79,25} = 133750,40 \text{ N mm}$$

Con lo cual el momento flector sobre el eje del tambor es,

$$M = \frac{R(B - A)}{4} * g$$

Donde,

$M$ : momento flector en el tambor [N.mm]

$B$ : distancia entre los apoyos [mm]

$A$ : ancho de la cara del tambor [mm]

$$M = \frac{160 * (665 - 500)}{4} * 9.81 = 64746 \text{ N mm}$$

Finalmente, con estos valores podemos determinar el diámetro mínimo necesario del eje del tambor debido a los esfuerzos combinados tanto de flexión como de torsión. Aplicando la teoría de von Mises, calculamos el diámetro del eje con la siguiente ecuación:

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16 * \eta}{\pi * S_y} * \left( \sqrt{(k_b * M)^2 + T^2} \right)}$$

Donde,

$d_s$ : diámetro mínimo del eje [mm]

$\eta$ : factor de seguridad [para fatiga tomamos un valor de 5.8]

$S_y$ : esfuerzo de fluencia del material de eje [310 Mpa]

$k_b$ : factor por carga de transmisión [se recomienda tomar un valor igual a 2.5]

$M$ : momento flector [N.mm]

$T$ : torque [N.mm]

$$d_s = \sqrt[3]{\frac{16 * 5,8}{\pi * 310} * \left( \sqrt{(2,5 * 64746)^2 + 133750,4^2} \right)}$$

$$d_s = 27,14 \text{ mm}$$

Se verifica la selección del tambor dado que,  $d > d_s$  (ver figura 69).

### 4.5.3. Transportadores de arrastre

#### 4.5.3.1. Transportadora de arrastre N°1

Este transportador es el encargado de alimentar los silos de almacenamiento, contará con una capacidad de transporte de 30 toneladas por hora y una longitud de 12.5 metros de longitud de transporte

##### 4.5.3.1.1. Capacidad de transporte.

Para llevar a cabo los cálculos y la subsiguiente elección del transportador de arrastre, nos apoyaremos en las directrices técnicas proporcionadas en el manual "Cadenas y Transportadores" de la empresa "Metalmax s.r.l". Según el manual, en el caso de configuraciones horizontales, se aconseja que la masa que se desliza en la caja del transportador tenga una sea de sección cuadrada, siguiendo la siguiente fórmula:

$$Q = 3600 * S * v * \gamma$$

Donde,

$Q$ : capacidad [ton/h]

$S$ : sección, en metros cuadrados [m<sup>2</sup>]

$v$ : velocidad, en metros por segundo [m/s]

$\gamma$ : peso específico del material a transportar [ton/m<sup>3</sup>]

Para transportadores livianos, de capacidades hasta Q=40 ton/h., se adoptarán velocidades inferiores a v=0,4 m/seg. mientras que para capacidades de hasta Q=150 ton/h. se admitirán velocidades de hasta 0,8 m/seg.

Considerando lo anterior optamos por una velocidad de 0.4 m/s y a partir de esto calcularemos la sección transversal del transportador.

$$S = \frac{Q}{3600 * v * \gamma}$$

$$S = \frac{30}{3600 * 0,4 * 0,75} = 0,028 \text{ m}^2$$

Esta superficie de trabajo está dada también por la relación:

$$S = B * h$$

Donde,

$B$ : Ancho del cajón [m]

$h$ : Altura total de la cantidad de material transportado [m]

si se considerara una disposición cuadrada en el transportador tendríamos que las dimensiones de  $A$  y  $h$  serian iguales a 17 cm,

$$S = 0,17 * 0,17 = 0,0289 \text{ m}^2$$

Cabe aclarar que estas medidas corresponden a la sección por la cual va a circular el material transportado, no corresponden a las dimensiones finales de la sección transversal del redler.

Recalculando la capacidad de transporte tenemos que

$$Q = 3600 * 0,4 * 0,0289 * 0,75 = 31,21 \text{ t/h}$$

Verificándose la capacidad de transporte.

#### 4.5.3.1.2. Potencia requerida.

De acuerdo con el catálogo la potencia necesaria en el accionamiento del transportador viene dada por la siguiente expresión:

$$N_o = C_f * \frac{Q(L + 3H) + 7,2 * q_c * L * v}{540}$$

Donde,

$Q$ : Capacidad a transportar [30 ton/h]

$L$ : distancia horizontal entre ejes [12 m]

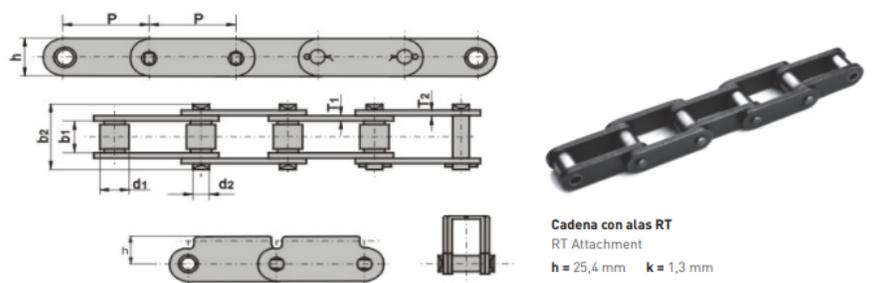
$H$ : distancia vertical entre ejes [0 m]

$q_c$ : Peso de la cadena

$v$ : velocidad de la cadena [0.4 m/s]

$C_f$ : coeficiente de fricción, valor experimental según el material. (para maíz, trigo y materiales similares el coeficiente a adoptarse es de 0,85)

Para poder calcular la potencia necesaria preseleccionamos una cadena de la empresa Roller, con las siguientes características



Cadena Chain	Dimensiones generales General dimensions							Resistencia última a tracción Ultimate tensile strength		Peso Weight
	P mm	d1 max mm	b1 min mm	d2 mm	b2 mm	h mm	T1 mm	T2 mm	Q min KN	q Kg/m
81X	66,27	23,02	26,99	11,10	49,00	28,60	4,00	4,00	106,70	3,90
81XH	66,27	23,02	26,99	11,10	61,20	32,30	7,67	5,00	152,00	5,90
81XHH	66,27	23,02	26,99	11,10	63,50	32,30	7,67	7,87	186,70	6,52

Figura 71. Cadena 81X para transportadores de arrastre

Fuente: Catálogo de productos, Roller

Por lo tanto, con el peso aproximado por metro de la cadena tenemos que la potencia requerida será:

$$N_o = 0,85 * \frac{30 * (12 + 3 * 0) + 7,2 * (3,90) * 12 * 0,4}{540}$$

$$N_o = 0,78 \text{ hp}$$

Se debe incrementar en un 10% la potencia para considerar los arranques con el transportador cargado en toda su extensión, con lo cual

$$N = 1,10 * \frac{N_o}{\eta}$$

$$N = 1,10 * \frac{0,78}{0,85} = 1,00 \text{ hp}$$

Se opta por una potencia instalada de 1.5 hp para el motor del transportador de arrastre.

#### 4.5.3.1.3. Cálculo de la carga de la cadena.

La carga aproximada en la cadena la calculamos por medio de la siguiente ecuación:

$$T_a = \frac{75 * N}{v}$$

Donde,

$N$ : Potencia del motor adoptado [1.5 hp]

$v$ : velocidad de la cadena [0.4 m/s]

$T_a$ : Carga de trabajo en la cadena [kg]

$$T_a = \frac{75 * 1,5 \text{ hp}}{0,4 \frac{m}{s}} = 281,25 \text{ kg}$$

La carga de rotura de la cadena estará dada por:

$$T_k = x * T_a$$

Donde,  $x$  = coeficiente de seguridad = 5

$$T_k = 5 * 281,25 \text{ kg} = 1406,25 \text{ kg}$$

De acuerdo con esta carga de rotura calculada, podemos concluir con plena seguridad que la cadena preseleccionada anteriormente (ver figura 71) soportara las cargas de trabajo del transportador.

#### 4.5.3.1.4. Dimensiones de las ruedas y longitud de la cadena.

Para iniciar con el dimensionamiento de las ruedas es necesario conocer los siguientes elementos:

$P$ : Paso de la cadena. [66.27 mm]

$D$ : Diámetro primitivo.

$Z$ : Número de la rueda motriz.

$d_r$ : Diámetro del rodillo de la cadena. (23 mm)

$D_i$ : Diámetro interior igual al diámetro del círculo o curva de apoyo.

$D_e$ : Diámetro exterior.

Para determinar estos elementos tenemos las siguientes ecuaciones.

$$D_p = P * W$$

$$D_i = D_p - d_r$$

Sabemos que el diámetro primitivo es directamente proporcional al paso, se puede calcular esto mediante la simple multiplicación de los valores de  $W$  (correspondiente al número de dientes de una rueda), por el paso de la rueda.

Optamos por un número de dientes en la rueda motriz ( $Z_1$ ) de 9 dientes, y para esta cantidad de diente obtenemos el valor correspondiente  $W$  a través de la siguiente tabla:

Tabla 37. Valores  $W$  para el cálculo de diámetro primitivo

Z	W
6	2,0000
7	2,3047
8	2,6131
9	2,9238
10	3,2361
11	3,5495
12	3,8637
13	4,1789
14	4,4990
15	4,8097
16	5,1258
17	5,4422
18	5,7588
19	6,0755
20	6,3924

Fuente: Catalogo de Cadenas y Transportadores, Metalmax s.r.l.

Por lo tanto, los diámetros primitivos e inferior son:

$$D_p = 66,27 * 2,9238 = 193,76 \text{ mm}$$

$$D_i = D_p - d_r = 193,76 \text{ mm} - 23 \text{ mm} = 170,76 \text{ mm}$$

Luego, la velocidad tangencial de la cadena  $vt$  viene dada por la expresión:

$$v = \pi * \frac{D_p}{1000} * \frac{n}{60}$$

Donde  $n$  es la velocidad angular de la corona, y despejando esta tenemos,

$$n = \frac{0,4 * 60 * 1000}{\pi * 193,76} = 40 \text{ rpm}$$

Determinamos la longitud de la cadena de acuerdo con la siguiente expresión,

$$L_p = 2 * D + \frac{(Z_2 - Z_1)}{2}$$

Donde,  $L_p$  es la longitud de la cadena en pasos,  $Z$  los números de dientes de las ruedas y  $D$  la distancia entre centros en pasos.

$$L_p = 2 * 181 + \frac{(9 + 9)}{2} = 371 \text{ pasos}$$

Finalmente, la longitud de la cadena en metros es,

$$L = 371 \text{ pasos} * 66,27 \text{ mm} = 24586,17 \text{ mm} \approx 24,6 \text{ m}$$

#### 4.5.3.1.5. Selección del motor reductor.

Para la selección de motorreductor transportador de arrastre N°1 asumimos un grado de impulsión de choques moderados (II), 24 horas de servicio y 20 arranques/hora, de acuerdo con la figura 46 se obtiene un factor de servicio  $f_B = 1,5$

$P_m = 1.1 \text{ kW}$										
$n_s$ min <sup>-1</sup>	$M_s$ Nm	$i$	$F_{Rz}^{(1)}$ N	SEW $f_B$			m kg			
33	315	53.22	6310	1.40						
37	285	48.23	6180	1.55						
41	255	43.30	6030	1.75	R	57	DRN	90S4	38	370
47	220	37.30*	5820	2.0	RF	57	DRN	90S4	41	371
50	205	35.07	5730	2.1	RM	57	DRN	90S4	53	371
58	179	30.18	5520	2.5						
65	160	26.97	5360	2.8						

Figura 72. Selección de motorreductor para transportador de arrastre N°1.

Fuente: SEW EURODRIVE

Se selecciona un motorreductor TIPO R (reductores de engranajes helicoidales de ejes coaxiales) modelo R57 DRN 90S4 con una potencia de 1,1 kW [1.5 HP] a 41 rpm con un factor de servicio  $f_B = 1,75$ .

#### 4.5.3.1.6. Selección y dimensionamiento de la estructura.

De la Página N°13 del Catálogo de Elevadores y transportadores SCAFCO, se eligen las dimensiones estándares del Modelo SD810 con las siguientes características.

Dimensions									
Size	A	B	C	D	E	F $\phi$	G SQ	H	J
in	8	10	12	16	30	8	10	9	9
mm	203	254	304	406	762	203	254	228	228

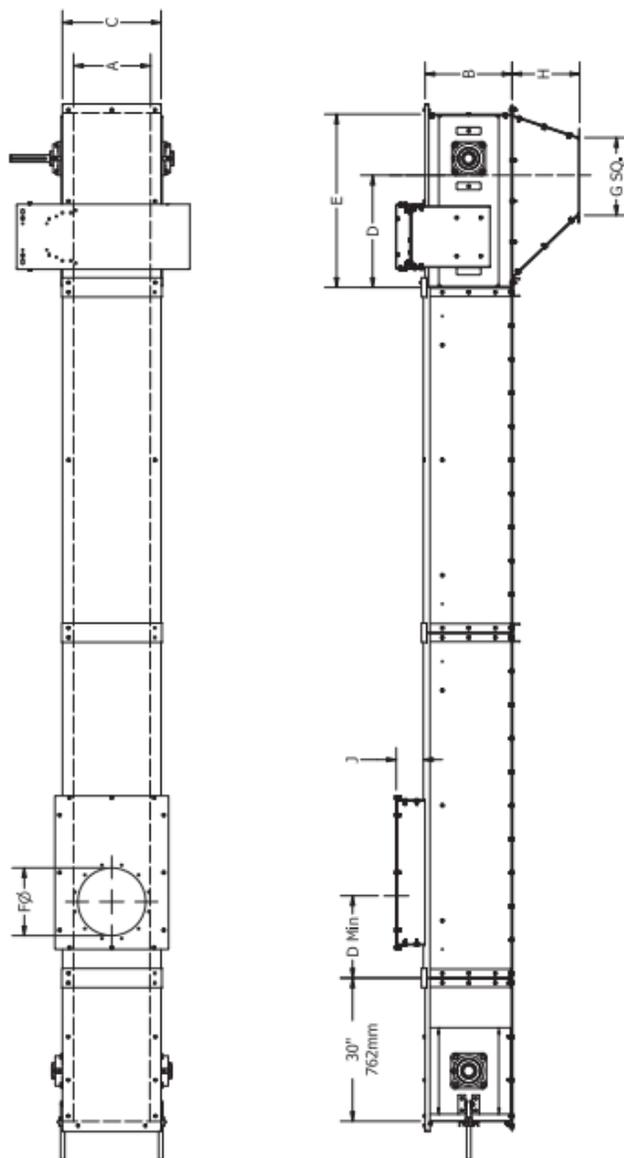


Figura 73. Dimensiones transportador de arrastre SD810.

Fuente: Bucket Elevator & Conveyors, SCAFCO Grain System Co.

#### 4.6. Dimensionamiento de los espacios de la planta

Durante la fase de análisis de la distribución de la planta, el objetivo es determinar los requisitos de espacio necesarios. Para lograr esto, se utilizó una técnica conocida como el

Método de Guerchet, el cual es una técnica estadística que se utiliza para estimar el tamaño de los espacios necesarios para una serie de actividades. En el contexto de la distribución de la planta, este método se utilizó para medir el espacio requerido para cada una de las actividades necesarias para la limpieza, secado y almacenamiento de maíz.

#### **4.6.1. Determinación de las áreas por el método guerchet**

Para obtener una estimación precisa del espacio requerido para cada sección o puesto de trabajo, el Método de Guerchet, se basa en la suma de tres superficies parciales. Este enfoque considera una serie de factores clave para obtener una estimación completa que contemple todos los espacios necesarios, incluyendo aquellos destinados para los trabajadores.

Al aplicar el Método de Guerchet, se tuvieron en cuenta las siguientes superficies:

Superficie estática ( $S_e$ ): esta superficie se puede definir como el área que ocupan las máquinas y equipos en un plano horizontal.

$$S_e = L * A$$

Donde,

$L$ : Largo

$A$ : Ancho

Superficie de gravitación ( $S_g$ ): representa el área necesaria para que el trabajador tenga suficiente espacio para desempeñar sus labores de manera efectiva y segura,

$$S_g = S_e * n$$

Donde:

- "n" es el número de lados operativos. (Los equipos cuya vista en planta sea un círculo, se considera  $n = 2$ )

- La superficie de un almacén o de máquinas automáticas es cero.

Superficie de evolución común ( $S_c$ ): es el espacio necesario para el correcto flujo del personal y materiales entre los puestos de trabajo.

$$S_c = (S_e + S_g) * K$$

Donde:

- K: factor que varía de 0.7 a 2.5 de acuerdo al tipo de industria.

Tabla 38. Constante "k" para algunas actividades productivas

Tipos de actividad productiva	K
Gran industria, alimentación y evacuación mediante grúa puente	0,05 - 0,15
Trabajo en cadena, con transportador aéreo	0,1 - 0,25
Textil, hilados	0,05 - 0,25
Textil, tejidos	0,5 - 1
Relojería y joyería	0,75 - 1
Pequeña industria	1,5 - 2
Industria mecánica	2 - 3

Fuente: (Cuatrecasas, 2009)

En aquellos casos donde no se especifica el valor de la constante "K", se puede calcular dividiendo la altura de las máquinas o equipos móviles ( $H_m$ ) entre el doble de la altura de las máquinas o equipos fijos. La fórmula utilizada en estos casos es la siguiente:

$$K = \frac{H_m}{2 * H_f}$$

Donde:

- $H_m$ : Altura Promedio del Total de los Equipos Móviles
- $H_f$ : Altura Promedio del Total de los Equipos Fijos

Área total ( $A_t$ ): representa el área requerida para la ubicación de los equipos y maquinaria

$$A_t = (S_c + S_g + S_e) * m$$

Donde:

- m: número de maquinarias requeridas de cada centro de trabajo.

Maquinaria y Equipo	Dimensiones (metros)			Numero de lados (n)	Numero de maquinas (m)	Superficie de estaciones			Area Total
	Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)			Se	Sg	Sc	
Operarios			1,70			0,00	0,00	0,00	0,00
Tolva	3,30	6,00	-	-	-	19,80	-	-	19,80
Camiones	7,00	2,50	2,50	1,00	3,00	17,50	-	-	17,50
Prelimpiadora	3,04	3,93	3,70	1,00	1,00	11,95	11,95	2,41	26,31
Silo pulmon	5,46	5,46	9,11	1,00	1,00	29,81	29,81	6,02	65,65
Secadora	3,89	6,51	14,28	1,00	1,00	25,36	25,36	5,12	55,84
Horno ciclonico	1,80	1,47	7,17	1,00	1,00	2,65	2,65	0,53	5,83
Elevador de cangilones	3,30	2,00	15,00	1,00	4,00	6,60	6,60	1,33	58,13
Banda transportadora	10,00	0,60	0,50	1,00	3,00	6,00	6,00	1,21	39,64
Transportador de arrastre	10,00	0,30	0,70	1,00	2,00	3,00	3,00	0,61	13,21
Silo de almacenamiento	6,36	6,36	14,36	1,00	2,00	40,45	40,45	8,17	178,14
Silo de despachos	2,68	4,50	9,75	1,00	1,00	12,04	12,04	2,43	26,51
<b>TOTAL</b>									<b>506,55</b>

Altura Promedio de Total los Equipos Fijos (HF) =	8,42
Altura Promedio de Total los Equipos Móviles (Hm) =	1,70
K	0,10

Figura 74. Áreas requeridas para la maquinaria y equipo del proceso productivo.

#### 4.6.2. Determinación de otras áreas de la planta

##### 4.6.2.1. Empaquetado

Maquinaria y Equipo	Dimensiones (metros)			Numero de lados (n)	Numero de maquinas (m)	Superficie de estaciones			Area Total
	Largo (L)	Ancho (A)	Alto (H)			Se	Sg	Sc	
Operarios			1,70			0,00	0,00	0,00	0,00
Maquina Ensacadora	3,60	1,10	3,20	1,00	1,00	3,96	3,96	2,10	10,02
<b>TOTAL</b>									<b>10,02</b>

Altura Promedio de Total los Equipos Fijos (HF) =	3,20
Altura Promedio de Total los Equipos Móviles (Hm) =	1,70
K	0,27

Figura 75. Área requerida para la zona de empaquetado.

##### 4.6.2.2. Almacenamiento bultos y despacho

Teniendo en cuenta que en la planta se recibirán inicialmente 600 toneladas de maíz proveniente de las 100 hectáreas sembradas, y que los silos seleccionados tienen una capacidad de almacenamiento de 469.4 toneladas a granel, se requerirá un espacio adicional para almacenar la cantidad total de maíz que se espera recibir durante los primeros cultivos.

Con lo cual se dispondrá de un espacio para el almacenamiento de las 130.6 toneladas restantes, para lograr cubrir el total del grano recibido. Esta área deberá cumplir con ciertas recomendaciones como los son:

La zona de almacenamiento debe estar protegida de la humedad, la lluvia y los rayos solares directos.

Los sacos de maíz deben colocarse en un suelo nivelado y firme, preferiblemente sobre una superficie de concreto o asfalto.

Se debe evitar apilar los sacos directamente sobre el suelo o sobre cualquier superficie húmeda, ya que esto puede provocar que los sacos se deterioren y se dañen.

Es importante que los sacos se coloquen en forma de arrumes y sean estibados de manera estable para evitar su caída.

Para facilitar la ventilación, se recomienda que los arrumes tengan una altura máxima de 3 metros.

Se debe evitar el almacenamiento prolongado del maíz, ya que esto puede provocar el desarrollo de insectos y hongos, lo que puede afectar la calidad del producto.

Es importante realizar inspecciones periódicas para detectar posibles daños o signos de deterioro en los sacos de maíz, y tomar las medidas necesarias para corregirlos.

Se recomienda utilizar materiales de embalaje de alta calidad para proteger el maíz de los factores ambientales y prolongar su vida útil en el almacenamiento.

Para calcular el espacio necesario, se supone que el producto será empacado en bultos de 50 kg, lo que significa que se necesitarán 2612 bultos para almacenar las 130.6 toneladas faltantes.

Para la presentación de 50 kg se recomienda un arrume de 5 sacos y entre 5-6 tendidos por estiba, intercalando el orden para tener un arrume más estable.

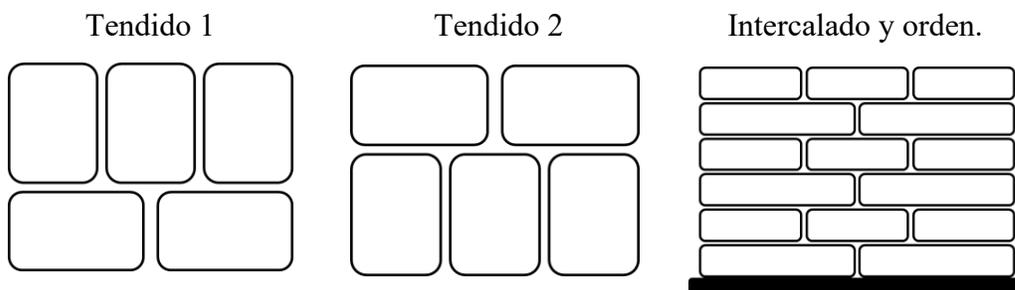


Figura 76. Estibado de bultos.

Siguiendo una configuración de 5 sacos por 5 tendidos, tenemos un total 25 sacos por estiba para un total de 1250 kg por estiba.

Las estibas utilizadas serán estibas plásticas o de madera con las siguientes dimensiones:

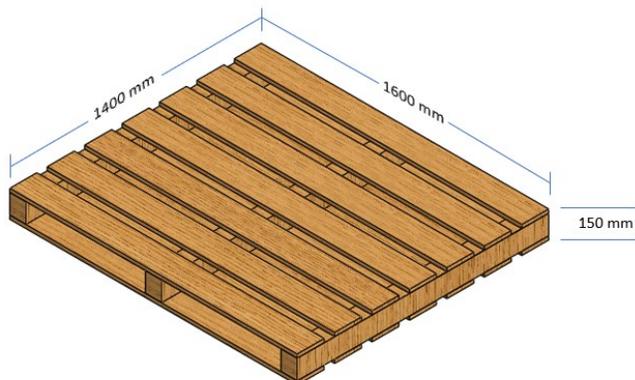


Figura 77. Dimensiones de las estibas de almacenamiento.

Para asegurar una adecuada circulación del aire y evitar la pérdida de calidad del grano almacenado, se limita la altura de las pilas de estibas a no más de 3 metros. De esta forma, se apilarán hasta 3 estibas una encima de otra, lo que permite una capacidad máxima de almacenamiento de 3750 kg de producto en un área de 2.24 m<sup>2</sup> sin superar los 3 metros recomendados. Es importante tener en cuenta que, al superar esta altura, se corre el riesgo de colapsos y dificultades de ventilación, lo que puede afectar la calidad e inocuidad del producto almacenado. Además, es necesario asegurarse de mantener condiciones adecuadas de humedad y

temperatura, y de llevar a cabo un control regular de plagas y enfermedades para garantizar la conservación del grano a largo plazo.

Ahora bien, sabiendo que se almacenaran 3750 kg en un área de 2.24 m<sup>2</sup>, podemos calcular el área necesaria para almacenar las 130.6 toneladas de maíz seco,

$$A_T = \frac{2.24 \text{ m}^2 * 130.6 \text{ Ton}}{3.750 \text{ Ton}}$$

$$A_T = 78.01 \text{ m}^2$$

Con lo cual se necesita de un área mínima de 78.01 m<sup>2</sup> para almacenar las 130.6 toneladas de maíz, pero en este espacio calculado no se consideran los espacios entre las pilas de estibado, por lo tanto, se deja una distancia de 1 m entre las pilas de estibado, y a su vez aumentamos esta área para que sea posible almacenar más producto, y así asegurar que se podrá contar con el espacio suficiente en las épocas del año en las que la producción sea mayor. Quedando esta área distribuida de la siguiente manera:



Figura 78. Área de estibado y almacenamiento de bultos.

Teniendo así un área de 172.8 m<sup>2</sup> para almacenar el maíz empacado en bultos, permitiendo acopiar en este espacio un total de 225 toneladas de producto.

Para la construcción de la bodega de almacenamiento es necesario considerar las áreas de espacios para tránsito de los operarios, montacargas y distancias mínimas entre el producto y las paredes. Según la NTP 434, al diseñar las vías de circulación se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

Si son exclusivamente peatonales, deben tener una anchura mínima de 1,20 m para los pasillos principales y 1 m para los secundarios.

Si son exclusivas para vehículos de mercancías, la anchura debe ser igual a la anchura máxima del vehículo o carga más 1 m si es de un solo sentido, y al menos dos veces la anchura de los vehículos o cargas más 1,40 m si es de doble sentido.

La altura mínima de las vías de circulación debe ser la del vehículo o carga más 0,30 m.

En el caso de vías mixtas, la anchura mínima dependerá del tipo de tráfico.

La separación entre las máquinas y los pasillos no debe ser inferior a 0,80 m.

Para acceder a puntos de las máquinas se necesita una anchura mínima de 0,80 m.

Teniendo todas estas consideraciones en cuenta se destina un área de 121 m<sup>2</sup> para el tránsito de montacargas, y al considerar que los pasillos peatonales deberán contar con un espacio mínimo de 1.2 m, se destina un área de 123 m<sup>2</sup> para la circulación de los operarios y demás personal dentro de la bodega de almacenamiento.

Con lo cual se requiere de un espacio de 416.8 m<sup>2</sup> para el área de almacenamiento de bultos y despachos.

#### **4.6.2.3. Laboratorio**

En esta sección se llevará a cabo todas las pruebas de calidad del maíz que será recibido, el área destinada para realizar las diferentes pruebas a el producto será de 36 m<sup>2</sup>.

#### 4.6.2.4. Baños

Se considera un área de servicios higiénicos al cual se le asigna un espacio de 23.7 m<sup>2</sup>.

#### 4.6.2.5. Recepción/espera

Se destina un espacio de 16.2 m<sup>2</sup> como área de recepción y de espera para las diferentes personas que visiten la planta.

#### 4.6.2.6. Oficinas

Se contará con un espacio para la ubicación de cubículos de oficina para los diferentes puestos de los encargados de la planta, principalmente para personal administrativo y de supervisión, se asigna un área de 32.4 m<sup>2</sup>.

### 4.6.3. Resumen general de las áreas de la planta

Tabla 39. Áreas requeridas en la planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz.

AREAS	REQUERIMIENTOS (M <sup>2</sup> )
Producción (maquinaria y equipos)	506,55
Empaquetado	10,02
Almacenamiento en bodega y despacho de bultos	416,8
Laboratorio	36
Recepción	16,2
Baños	27,3
Oficinas	32,4
Sub Total	1045,27
+ % Holgura	0,1
Área total de la planta	1149,8

#### 4.6.4. Distribución final de la planta

Después de haber establecido los requerimientos y delimitaciones del diseño, se procedió a desarrollar una serie de ideas y propuestas que pretendían de una u otra forma resolver el problema hasta llegar a un modelo final y adecuado. Como directrices iniciales se establecieron

las necesidades en cuanto maquinaria, equipos y espacios necesarios para la realización de los procesos que se llevaran a cabo en la planta, tal y como se presentó en los puntos anteriores. A continuación, se explica cómo y porque se concibió y desarrollo la distribución de la planta hasta el modelo final.

La distribución de la planta se llevó a cabo con el objetivo de lograr una disposición ordenada de los espacios, equipos, materiales y sistemas por parte del personal. De esta manera, se busca garantizar una producción rentable y la ejecución efectiva de las tareas, promoviendo al mismo tiempo la seguridad y el bienestar de los trabajadores. La configuración de la distribución se diseñó teniendo en cuenta los principios fundamentales del método de Planificación Sistemática de Diseño de Espacios de Muther (S.L.P).

#### ***4.6.4.1. Análisis de proximidad***

La técnica de análisis de proximidad posibilita la determinación del nivel de conexión presente entre distintos entornos. Este procedimiento se desarrolla a partir de criterios específicos que evalúan y cuantifican este grado de cercanía. Como resultado, se obtiene un diagrama exhaustivo de las relaciones de proximidad. En la figura 79, se ilustra el análisis de proximidad aplicado a las zonas de la planta.

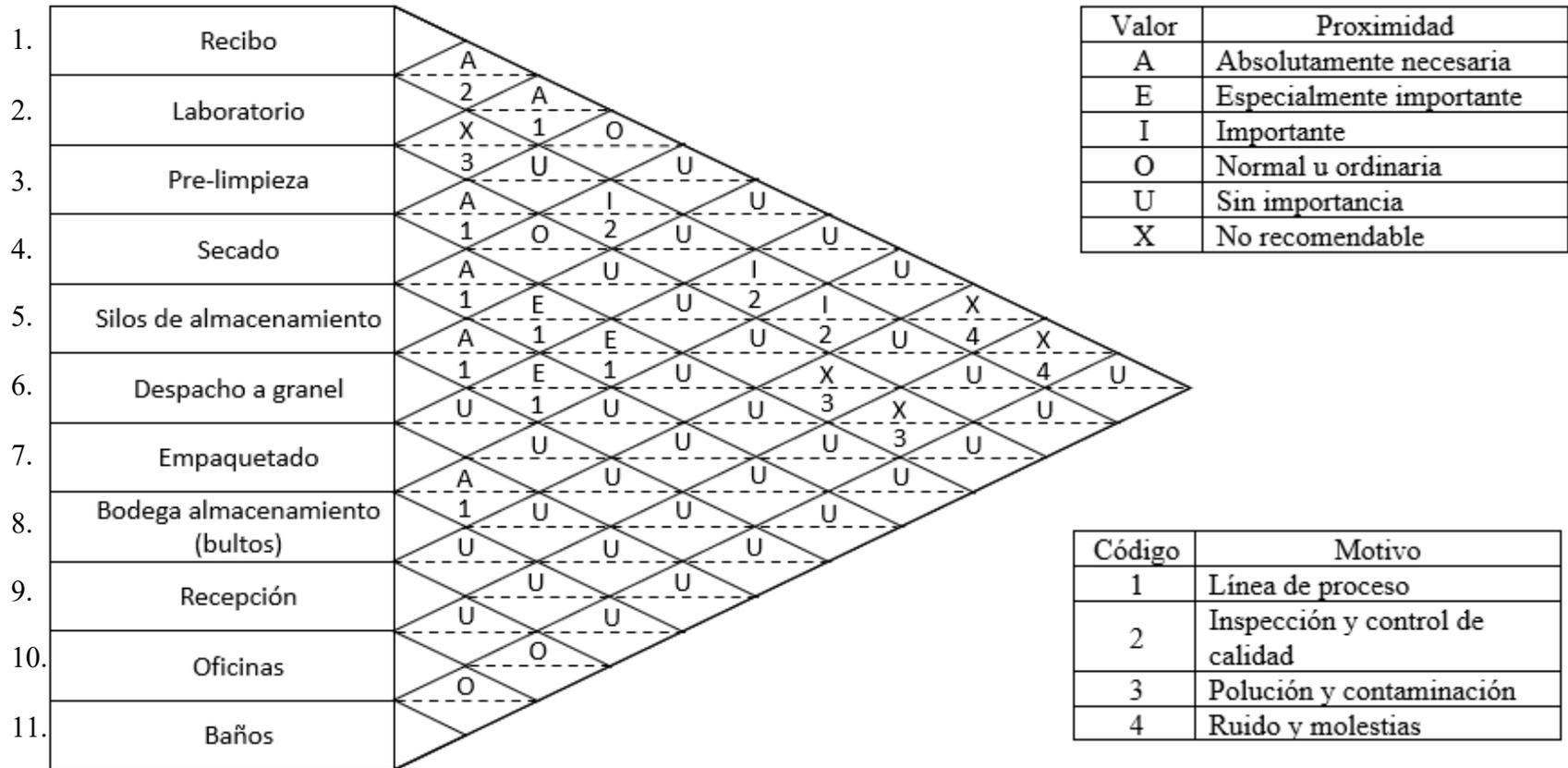


Figura 79. Diagrama de análisis de proximidad de áreas.

A partir de la evaluación anterior, se genera el diagrama de relaciones espaciales de recorridos, que muestra la ubicación de cada una de las áreas consideradas. Este diagrama se crea en función del nivel de importancia que se les otorga a las conexiones entre las operaciones presentes en el diagrama de operaciones.

De acuerdo con el autor Richard Muther en su libro “Planificación y proyección de la empresa industrial”, Las normas utilizadas por el SLP para la elaboración de diagramas de relación de espacios comprenden:

- Un símbolo por tipo de actividad,
- Una cifra convencional para cada actividad,
- Un numero de trazos para la intensidad del recorrido o el valor de la aproximación.

La figura 80 nos ofrece la lista de estas normas. Los símbolos son claros y de acuerdo con los símbolos clásicos de los Diagramas de Recorrido.

IDENTIFICACION DE LAS ACTIVIDADES		
Símbolo	Color *	Tipo de actividad, sector o equipo
○	Rojo	Operación o Producción (Submontaje y Montaje)
○	Verde	Operación o Producción (Proceso o fabricación)
◻	Amarillo naranja	Actividades de transporte (recepciones, expediciones, carga de vagones)
▽	Naranja	Almacenaje
□	Azul	Control
◐	Azul	Servicios (Mantenimiento, entretenimiento, servicios de personal)
⌂	Pardo	Sectores administrativos y oficinas fuera de la parte productiva, o servicios directamente unidos

Observación: El número de la actividad se indica en el interior del símbolo al trazar el diagrama.  
\* Utilización opcional.

CÓDIGO DE LAS PROXIMIDADES			
Anotación	Proximidad	Color *	Número de líneas
A	Absolutamente necesaria	Rojo	4 rectas
E	Especialmente importante	Amarillo-Naranja	3 rectas
I	Importante	Verde	2 rectas
O	Normal u ordinaria	Azul	1 recta
U	Sin importancia	---	0
X	No deseable	Pardo	1 zigzag
XX*	Altamente indeseable	Negro	2 zigzag

Observación: El signo «menos» junto a la letra indica un valor intermedio. En el sistema de anotación en colores o por número de líneas, el signo — se convierte en una línea de puntos.  
\* Utilización opcional.

Figura 80. Normas para el trazado del diagrama relacional de espacios de recorridos.

Fuente: (Muther, 1968)

Teniendo en cuenta estas normas de trazado se realiza el diagrama de relación de recorridos para la planta de producción.

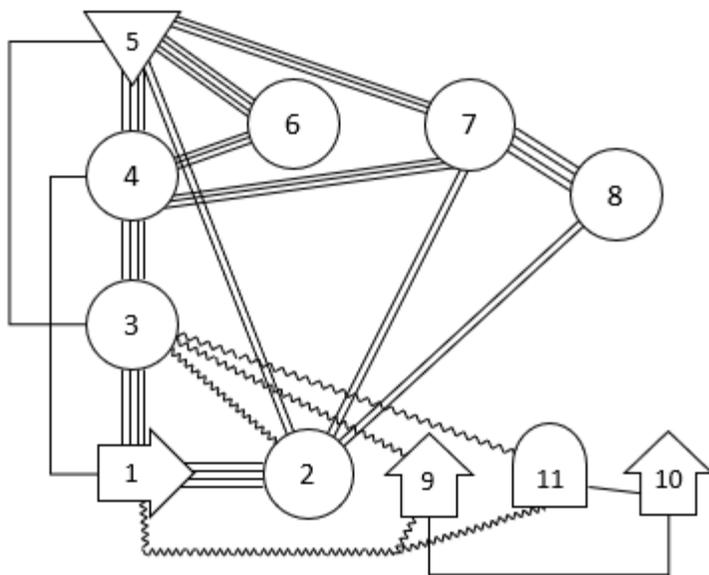


Figura 81. Diagrama de relación de recorridos

A partir de este diagrama establecemos la ubicación de las diferentes áreas de la planta. En la siguiente figura se muestra la distribución de las diferentes áreas del proceso de producción de la planta de limpieza secado y almacenamiento del maíz.

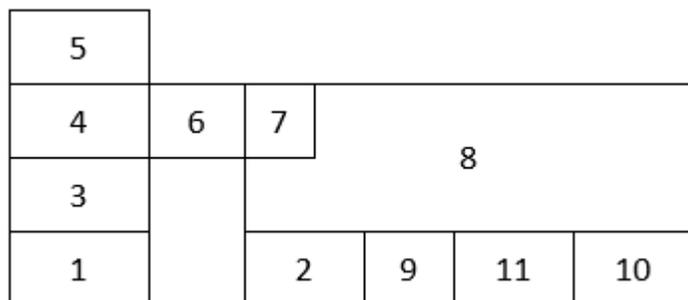


Figura 82. Distribución basada en el diagrama de espacios.

## Conclusiones

La relevancia de este proyecto se destaca en un contexto donde el cambio climático y el desabastecimiento de agua amenazan la producción agrícola convencional, especialmente la del arroz. La diversificación hacia cultivos como el maíz y la posterior utilización de estos cultivos en la alimentación animal representan un enfoque sostenible y rentable para la Cooperativa Agropecuaria del Norte de Santander. Además, contribuirá a la preservación de los recursos hídricos locales y a la mitigación de una posible crisis de desabastecimiento de agua en la región.

La planificación y ejecución del proyecto han permitido alcanzar sus objetivos de manera efectiva. Se ha identificado la ubicación adecuada para la instalación de la planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz a granel, aprovechando las instalaciones existentes en el Molino Oro de Coagronorte. Además, se han definido los equipos, maquinarias y otros elementos esenciales para la distribución de la planta y para llevar a cabo los procesos de limpieza, secado y almacenamiento de manera eficiente.

En una primera etapa, se han identificado los espacios y áreas disponibles en las instalaciones que pueden destinarse para la planta, concluyendo que las instalaciones del molino oro cuentan con un espacio total de 11,752 m<sup>2</sup> disponibles para albergar y distribuir los espacios y equipos seleccionados para cada uno de los procesos productivos de la planta de manera eficiente.

Posteriormente, se ha definido el tamaño de la planta basándose en las proyecciones de siembra de maíz de la Cooperativa Agropecuaria del Norte de Santander y en los resultados de ensayos de rendimiento. Esto resulta en una producción inicial de 600 toneladas, que puede incrementarse progresivamente en cultivos hasta alcanzar un total de 3000 toneladas producidas.

Estas cantidades se traducen en una recepción prevista de 100 toneladas al día o 10 toneladas por hora durante un período de 10 horas en el proceso de recepción.

Con lo anterior, se procedió a llevar a cabo una investigación minuciosa sobre los procesos necesarios en el procesamiento del grano de maíz, específicamente en procesos como la recepción, limpieza, secado y almacenamiento, identificando los equipos y personal necesarios en cada uno de estos procesos. Esto se hizo a partir de un análisis de factores como el material, la maquinaria, el personal, el almacenamiento, el movimiento y el servicio.

Una vez identificados los procesos y la maquinaria necesaria, se realizó el cálculo y selección de estos equipos y componentes a través de libros, manuales y catálogos. Logrando seleccionar alrededor de 21 equipos como (equipos de laboratorio, prelimpiadora, secadora, silos, empacadora y equipos de transporte mecánico) los cuales forman parte de la línea principal del proceso de limpieza, secado, almacenamiento y empaquetado del maíz.

Además, se determinó la necesidad de una bodega que albergue áreas como laboratorio, recepción, baños, oficinas y despachos, entre otras. Estas áreas permiten coordinar y gestionar los procesos de producción de la planta, garantizando la comodidad y seguridad de los trabajadores involucrados en los procesos. Para definir los tamaños de estas áreas y otros espacios de la planta, se utilizó el "método de guerchet", que permite determinar las áreas requeridas para el puesto de trabajo, considerando el número y tamaño de las máquinas y equipos necesarios para la producción. El análisis concluyó en la necesidad de un área total de 1150 m<sup>2</sup> para distribuir toda la maquinaria y las áreas de trabajo.

Finalmente, haciendo uso del "método de planificación sistemática de diseño de espacios de Muther (S.L.P)", se logró la distribución más adecuada de la planta mediante diagramas de análisis de proximidad y de relación de recorridos. Esto permitió optimizar los recorridos e

identificar las mejores ubicaciones de los espacios de la planta, culminando con la elaboración de planos que facilitaron la visualización de la distribución de la planta de limpieza, secado y almacenamiento de maíz (ver anexos).

## Recomendaciones

**Estudio de Viabilidad Económica y Financiera:** Realizar un análisis detallado de la viabilidad económica y financiera del proyecto. Esto debe incluir proyecciones de costos de inversión, costos operativos, ingresos esperados y un análisis de flujo de efectivo a lo largo del tiempo. Esto ayudará a asegurarse de que el proyecto sea financieramente sólido y pueda generar retornos adecuados.

**Estudio Ambiental:** Dado que el proyecto busca abordar los problemas relacionados con el uso excesivo de agua en la agricultura, es importante realizar un estudio ambiental completo. Esto incluiría una evaluación de impacto ambiental y medidas para garantizar que el proyecto sea sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

**Plan de Mantenimiento Preventivo:** Desarrollar un plan de mantenimiento preventivo sólido para garantizar que los equipos de la planta funcionen de manera eficiente y que se minimicen los tiempos de inactividad. Esto ayudará a prolongar la vida útil de los equipos y reducir los costos de mantenimiento correctivo.

**Normativas y Regulaciones:** Se recomienda dar cumplimiento a todas las normativas y regulaciones locales y nacionales relacionadas con la construcción y operación de una planta de este tipo. Esto incluye permisos, licencias y cumplimiento de estándares de calidad.

**Capacitación del Personal:** Planificar programas de capacitación para el personal que operará la planta. Esto es esencial para garantizar la eficiencia operativa y la seguridad en el lugar de trabajo.

**Monitoreo y Control de Calidad:** Establecer procedimientos de monitoreo y control de calidad para asegurar de que el maíz procesado cumpla con los estándares de calidad requeridos para su uso posterior en la producción de alimentos balanceados u otras industrias.

Plan de Comercialización: Desarrollar un plan sólido para la comercialización de los productos y subproductos derivados de la planta. Esto puede incluir estrategias de marketing, identificación de clientes potenciales y canales de distribución.

### Referencias bibliográficas

Anaya Tajero, J. J. (2016). *Organización de la producción industrial*.

[https://books.google.com.co/books?id=cH3uDAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=produccion&hl=es&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=cH3uDAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=produccion&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Arias Coello, A. (n.d.). *UNIDAD DIDÁCTICA: 3, LA GESTIÓN DE LOS PROCESOS*.

<https://webs.ucm.es/centros/cont/descargas/documento10142.pdf>

Avello Iturriagaitia, A. (2014). *Teoría de Maquinas*.

[https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/34797/1/Avello\\_Teoria\\_de\\_Maquinas\\_Edicion\\_2\\_Ene\\_2014.pdf](https://dadun.unav.edu/bitstream/10171/34797/1/Avello_Teoria_de_Maquinas_Edicion_2_Ene_2014.pdf)

Buenaer Mussini, J. L., Olaya Dominguez, D. F., & Trujillo Uribe, C. (1992). *Analisis y diseño de la maquinaria y/o equipo necesario para el manejo de granos*.

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/3572/T0001462.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Caballero Martínez, S. A. (2008). *DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE LOS EQUIPOS PARA LA AMPLIACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DELA PLANTA DE LIMPIEZA Y SECAMIENTO DE GRANOS “LAFAZENDA” (2300 a 4900 Ton)*.

CEMA. (1997). *Belt Conveyors for Bulk Materials 5th*.

Cuatrecasas, L. (2009). *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible*.

de Dios, C. A. (1996). *Secado de granos y secadoras*.

De La Fuente Garcia, D., & Fernandez Quesada, I. (2005). *Distribución en planta*.

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=7aRzy0JjqTMC&oi=fnd&pg=PA2&dq=distribución+en+planta&ots=nox9XylZND&sig=MvGb9wvOth8bLgaXOQcH\\_DFCPhk#v=onepage&q=distribución+en+planta&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=7aRzy0JjqTMC&oi=fnd&pg=PA2&dq=distribución+en+planta&ots=nox9XylZND&sig=MvGb9wvOth8bLgaXOQcH_DFCPhk#v=onepage&q=distribución+en+planta&f=false)

- DUNLOP. (n.d.). *CONVEYOR BELT TECHNIQUE DESIGN AND CALCULATION*.
- Fábrica de Aço Paulista S.A. (1996). *MANUAL DE TRANSPORTADORES DE CORREIAS*.
- FENALCE. (2022). *PLAN PARA AVANZAR CON MAIZ DE PRODUCCION LOCAL EN LA SUSTITUCIÓN COMPETITIVA DE IMPORTACIONES HACIA LA AUTOSUFICIENCIA ALIMENTARIA (2023-2026)*. 13. <https://fenalce.co/wp-content/uploads/2022/08/PROPUESTA-GREMIAL-MAIZ-HAMBRE-EN-COLOMBIA-2022-1.pdf>
- García Prada, J. C., Castejón Sisamon, C., Rubio Alonso, H., & Meneses Alonso, J. (2015). *Topología de máquinas y mecanismos*. <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/teoria-de-maquinas/practicas-1/p1.pdf>
- Grande Tovar, C. D., & Orozco Colonia, B. S. (2013). *Producción y procesamiento del maíz en Colombia*. 97–110.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2018). “*Producción del Distrito de Riego del Zulia no debe girar en torno al arroz*”: Director del IGAC. <https://igac.gov.co/es/noticias/produccion-del-distrito-de-riego-del-zulia-no-debe-girar-en-torno-al-arroz-director-del>
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología*. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gilYI9\\_KKAoC&oi=fnd&pg=PR19&dq=Manufactura+%&ots=mq6MxStyHG&sig=FXImTqivtBNUQ\\_vSnK9aRW9fov8#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=gilYI9_KKAoC&oi=fnd&pg=PR19&dq=Manufactura+%&ots=mq6MxStyHG&sig=FXImTqivtBNUQ_vSnK9aRW9fov8#v=onepage&q&f=false)
- Martínez Álvarez, G. M. (2014). *Caracterización y Evaluación de Alternativas Tecnológicas de Secamiento y Almacenamiento de Maíz a Implementar en Colombia*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/52670/29671914->

Gloria.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mata Balón, C. A. (2018). *ANÁLISIS DEL CONTROL DE CALIDAD EN LOS PROCESOS DE ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE ARROZ Y MAÍZ EN LAS EMPRESAS AGROINDUSTRIALES DEL CANTÓN DAULE.*

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28778/1/TESIS CARLOS MATA BALÓN.pdf>

Miravete, A., & Larrodé, E. (1996). *Transportadores y elevadores.*

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=dSCnjifbKg4C&oi=fnd&pg=PA9&dq=elevador+de+cangilones+&ots=1CarH1jVM3&sig=m4LmvxGGNvZaCd\\_CZ7kU2GOvZFY#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=dSCnjifbKg4C&oi=fnd&pg=PA9&dq=elevador+de+cangilones+&ots=1CarH1jVM3&sig=m4LmvxGGNvZaCd_CZ7kU2GOvZFY#v=onepage&q&f=false)

Moreno Vega, A. (2015). *Transporte y almacenamiento de cultivos herbáceos.*

[https://books.google.com.co/books?id=9NUDCwAAQBAJ&pg=PA33&dq=Sistemas+de+transporte+mecánico+para+grano&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiT\\_ZDSyJHzAhV1RjABHT2DAUkQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q&f=true](https://books.google.com.co/books?id=9NUDCwAAQBAJ&pg=PA33&dq=Sistemas+de+transporte+mecánico+para+grano&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiT_ZDSyJHzAhV1RjABHT2DAUkQ6AF6BAgKEAI#v=onepage&q&f=true)

Morocho Herrera, J. A. (2016). *PLAN DE OPERACIÓN Y MANEJO DEL CENTRO DE RECEPCIÓN, SECADO Y LIMPIEZA DE MAÍZ PARA LA ASOCIACIÓN DE PRODUCTORES AGROPECUARIOS JUNTOS POR UN FUTURO MEJOR DEL CANTÓN PINDAL, DE LA PROVINCIA DE LOJA.*

<https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/12990/1/JESENIA ALEXANDRA MOROCHO HERRERA.pdf>

Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial: (Método S.L.P.).*

Muther, R. (1981). *Distribución en planta.*

[https://books.google.com.co/books/about/Distribución\\_en\\_planta.html?hl=es&id=8jQeAA](https://books.google.com.co/books/about/Distribución_en_planta.html?hl=es&id=8jQeAA)

AACAAJ&redir\_esc=y

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (1985).

*Procesamiento de semillas de cereales y leguminosas del grano.*

[https://books.google.com.co/books?id=44gxKGHjSt4C&printsec=frontcover&dq=Limpieza+de+cereales&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.co/books?id=44gxKGHjSt4C&printsec=frontcover&dq=Limpieza+de+cereales&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO. (1993).

*Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural.*

<http://www.fao.org/3/x5027s/x5027S00.htm#Contents>

Ospina, J., & Hernández, J. E. (1989). *MANEJO Y ALMACENAMIENTO DE GRANOS A NIVEL RURAL.*

[https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/1408/manejo\\_y\\_almacenamiento\\_de\\_granos\\_a\\_nivel\\_rural\\_op.pdf?sequence=12&isAllowed=y](https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/1408/manejo_y_almacenamiento_de_granos_a_nivel_rural_op.pdf?sequence=12&isAllowed=y)

PDEA Norte De Santader, Sánchez Durán, Y. R., & Jaimes M., E. A. (2020). *PLAN DEPARTAMENTAL DE EXTENSIÓN AGROPECUARIA.* 206.

Solis Intriago, E. F. (2015). *Optimización en los procesos de recepción y comercialización de maíz en la empresa comercial “don pancho” del cantón El Empalme, año 2013.*

<https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3450/1/T-UTEQ-0042.pdf>

Targhetta Arriola, L., & López Roa, A. (1969). *Transporte y Almacenamiento de Materias Primas en la Industria Basica.*

Vanegas Useche, L. V. (2018). *Diseño de Elementos de Máquinas.*

[http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8889/Diseño Elementos Maquinas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/8889/Diseño%20Elementos%20Maquinas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Zignoli, V. (1970). *TRASPORTI MECCANICI TECNICA ED ECONOMIA.* ULRICO HOEPLI

MILANO.

## ANEXOS