

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE AUTOMATIZADO PARA UNA
PLANTA DE CHOCOLATES EN EL PROCESAMIENTO DE CACAO FINO Y DE
AROMA**

**ANYI PAOLA PARRA GUZMAN
CARLOS ALFREDO ESPITIA MANTILLA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2021

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE AUTOMATIZADO PARA UNA
PLANTA DE CHOCOLATES EN EL PROCESAMIENTO DE CACAO FINO Y DE
AROMA**

**ANYI PAOLA PARRA GUZMAN
CARLOS ALFREDO ESPITIA MANTILLA**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico

**Director:
WILLIAM PINTO HERNÁNDEZ
Dr. en Ingeniería Mecánica**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIA FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2021

DEDICATORIA

Le agradezco a Dios por permitirme llegar hasta aquí, por sostenerme en los momentos difíciles y en los mejores durante este camino, por bendecirme y mostrarme su amor de mil maneras, por calmar mis angustias y darme fortaleza para seguir adelante. Sin su bondad y su amor esto no sería posible.

A mis padres Alex y Norelis por su gran esfuerzo, apoyo y amor para hacer realidad este sueño.

A mis hermanas Helena y Dayana por creer en mí, por su amor incondicional, por sus palabras de aliento y por apoyarme en este sueño.

A la familia Moreno Rueda por su apoyo, por hacerme parte de su familia, por enseñarme a seguir de pie y por su amor incondicional.

A la familia que elegí, mis amigos, Dios me bendijo con tantos, me acompañaron en las alegrías y tristezas, me extendieron su mano y me brindaron su amor.

A mi amigo y compañero de proyecto Carlos Espitia quien fue un pilar importante en mi crecimiento personal y profesional, por su ayuda para hacer este sueño realidad.

Finalmente quiero dedicar este triunfo a Danko, mi mejor compañía y amigo, la mejor muestra de amor puro e incondicional que cualquier persona pueda tener, por convertirse en motivo de alegría cada día y ser una razón para luchar.

¡GRACIAS, MIL GRACIAS!

Anyi Paola Para Guzmán

DEDICATORIA

En primera instancia a Dios y a la virgen María, que con su divina presencia me iluminaron y me acompañaron para hacer realidad este logro.

A mis padres Carlos Arturo y Nelly por su gran esfuerzo y apoyo para que este sueño se hiciera realidad, el cual no hubiese sido posible sin su amor, ayuda y dedicación.

A mis hermanos Juan Sebastián y Viviana Lisbeth por su tiempo y apoyo desinteresado, a Black quien fue mi guardián y compañía durante tantas noches de estudio.

A mi amiga y compañera de proyecto Anyi Paola Parra Guzmán quien fue un pilar importante en mi crecimiento personal y profesional, por su ayuda desinteresada y por su gran cariño hacia a mí.

Por último, a mi abuela Rosaliana Mantilla, que desde el cielo me acompaña y a pesar de no estar presente para verme cumplir este sueño sé que me seguirá guiando el resto de mi vida hasta encontrarnos nuevamente.

A todos ustedes ¡GRACIAS, MIL GRACIAS!

Carlos Alfredo Espitia Mantilla

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia agradecemos a la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, a los profesores por brindar sus enseñanzas, consejos y acompañamiento en este proceso. A nuestros compañeros por compartir sus conocimientos, alegrías, tristezas y ser apoyo en cada uno de los retos dados en este lindo caminar.

Un especial y sincero agradecimiento al profesor William Pinto Hernández por su orientación y apoyo en la ejecución de este proyecto.

Por último, agradecemos a todo el equipo de NEXTCOA quienes nos abrieron las puertas y nos brindaron todo su conocimiento en el procesamiento de chocolates finos y de aroma.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. OBJETIVOS.....	18
1.1 OBJETIVOS GENERALES	18
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
2. MARCO TEÓRICO	19
2.1 CACAO	19
2.2 CACAO EN COLOMBIA	20
2.3 CACAO EN SANTANDER	23
2.4 CHOCOLATES FINOS Y DE AROMA.....	24
2.5 SUBPROCESOS EN LA PRODUCCION DE CHOCOLATES	27
2.5.1 Tostado.....	28
2.5.2 Descascarillado.....	29
2.5.3 Molido.	30
2.5.4 Refinado.....	31
2.6 SISTEMA DE TRANSPORTE ENTRE SUBPROCESOS	32
2.6.1 Fase sólida.....	33
2.6.2 Fase Viscosa.	36
2.6.3 Fase líquida.....	39
2.7 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	41
2.8 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	43

3. JUSTIFICACION DE LA SOLUCION.....	44
3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO COMPLETO	44
3.2. DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD	44
3.2.1. Requerimientos del director del proyecto piloto	44
3.2.2. Requerimientos del ingeniero	44
3.3. MATRIZ CALIDAD	45
3.4. TIPOS DE SUBSISTEMAS.....	46
3.5. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	46
3.5.1. Alternativas para el transporte de los procesos de tostado y descascarillado	46
3.5.2. Alternativas para el transporte del proceso de molienda	49
3.5.3. Alternativas para el transporte del proceso de refinado	51
3.6 EVALUACION DE ALTERNATIVAS	53
3.6.1. Evaluación de alternativas para los procesos de tostado y descascarillado	53
3.6.2. Evaluación de alternativas para el proceso de molienda	54
3.6.3. Evaluación de alternativas para el proceso de refinado.....	55
4. CALCULOS Y/O SELECCIÓN DE EQUIPOS	57
4.1 SISTEMA DE TRANSPORTE DE ARRASTRE TUBULAR.....	57
4.1.1 Hélice tensora y conductora.....	57
4.1.2 Eslabones	59
4.1.3 Tubería.....	59
4.1.4 Tramos circulares	60
4.1.5 Tolvas y cajas tensoras.....	61
4.1.6 Cable.....	63

4.1.7 Motor.....	70
4.1.8 Rodamientos.....	73
4.2 SISTEMA DE TRANSPORTE POR TORNILLO SIN FIN.....	74
4.2.1 Tornillo.....	74
4.2.2 Tolvas.....	78
4.2.3 Tubo.....	78
4.2.4 Motor.....	79
4.2.5 Rodamientos.....	80
4.3 SISTEMA DE TRANSPORTE POR BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	81
4.3.1 Tubería.....	81
4.3.2 Accesorios de presión.....	81
4.3.3 Bomba.....	82
5. PROCESO DE AUTOMATIZACION.....	88
5.1 SOFTWARE.....	88
5.2 PROGRAMACION.....	88
5.2.1 Sistema de transporte de arrastre tubular.....	88
5.2.2 Sistema de transporte por tornillo sin fin.....	89
5.2.3 Sistema de transporte por bomba de desplazamiento positivo.....	90
5.3 INTERFAZ GRAFICO.....	90
6. ANALISIS DE COSTOS.....	92
6.1 COSTOS DE OPERACIÓN.....	93
7. RESULTADOS.....	94
8. CONCLUSIONES.....	98

9. RECOMENDACIONES..... 100
BIBLIOGRAFIA..... 101
ANEXOS..... 106

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características del cacao antes de ser tostado.	34
Tabla 2. características del grano de cacao tostado.....	35
Tabla 3. Matriz QFD.....	45
Tabla 4. Resultado matriz QFD.....	46
Tabla 5. Evaluación de alternativas grano sólido.....	54
Tabla 6. Evaluación de alternativas pasta viscosa.....	55
Tabla 7. Evaluación de alternativas cacao líquido.	56
Tabla 8. Selección de diámetro exterior del tornillo sin fin.	75
Tabla 9. Coeficiente de disminucion del flujo de materia.	77
Tabla 10. Tipo de hélice.....	78
Tabla 11. Selección del motor sistema tornillo sin fin	79
Tabla 12. Selección de bomba de lóbulos.	87
Tabla 13. Costos de elementos.	92

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Derivados del cacao.	19
Figura 2. Recolectores de cacao en África.	20
Figura 3. Tipos de cacao en Colombia.	22
Figura 4. Demanda nacional de cacao.	23
Figura 5. Producción nacional de cacao por departamentos.	24
Figura 6. Características básicas de una chocolatina Nestlé.....	25
Figura 7. Mucilago del cacao.	26
Figura 8. Fermentación del cacao.....	28
Figura 9. Maquina tostadora.	29
Figura 10. Maquina descascarilladora	30
Figura 11. Maquina moledora.	31
Figura 12. Maquina refinadora.	32
Figura 13. Máquinas de procesos.....	33
Figura 14. Sistema de arrastre tubular.....	34
Figura 15. Tornillo sin fin.....	37
Figura 16. Bomba de desplazamiento positivo.	39
Figura 17. Diagrama de flujo del proceso.	42
Figura 18. Sistema por vacío.	47
Figura 19. Elevador de cangilones.....	48
Figura 20. Sistema de arrastre tubular.....	49
Figura 21. Banda transportadora.	50
Figura 22. Transportador sin fin.	50
Figura 23. Elevador de cangilones.....	51
Figura 24. Bombas de desplazamiento positivo.....	52
Figura 25. Sistema de vacío.	52

Figura 26. Transportador sin fin.	53
Figura 27. Hélice tensora sistema de arrastre tubular.	57
Figura 28. Hélice tensora y conductora.	58
Figura 29. Vista de secciones del eslabón.....	59
Figura 30. tubería PVC transparente.	60
Figura 31. Tubo curvo en acero inoxidable.....	60
Figura 32. Dimensiones de láminas de acero inoxidable.....	61
Figura 33. Tolva de salida tostadora.....	62
Figura 34. Coeficientes de rozamiento.	64
Figura 35. Diagrama de cuerpo libre eslabón horizontal.....	65
Figura 36. Diagrama de cuerpo libre eslabón vertical.....	66
Figura 37. Diagrama de cuerpo libre eslabón inclinado.	67
Figura 38. Distribución de eslabones sistema 1.....	68
Figura 39. Distribución de eslabones sistema 2.....	69
Figura 40. Cable sistema de transporte de arrastre.....	70
Figura 41. Selección de rodamiento.	74
Figura 42. Curva para la selección del diámetro externo.....	75
Figura 43. Tubos de acero inoxidable.....	79
Figura 44. Rodamiento tornillo sin fin.....	80
Figura 45. Tubos de acero inoxidable.....	81
Figura 46. Accesorios de presión.....	82
Figura 47. Accesorios de presión a 90°.	82
Figura 48. Tabla de longitudes equivalentes de accesorios.	85
Figura 49. Control tostadora y sistema de arrastre tubular 1.	89
Figura 50. Control descascarilladora y sistema de arrastre tubular 2.	89
Figura 51. Control molino y sistema de transporte por tornillo sin fin.....	90
Figura 52. Control refinadora y sistema de transporte por bomba de lóbulos.....	90
Figura 53. Interfaz grafico	91
Figura 54. Sistema de transporte arrastre tubular 1.....	94
Figura 55. Sistema de transporte arrastre tubular 2.....	95

Figura 56. Sistema de transporte por tornillo sin fin.....	95
Figura 57. Sistema de transporte por bomba de desplazamiento positivo.....	96
Figura 58. Distribución de planta.	96
Figura 59. Distribución de planta vista superior.	97
Figura 60. Sistema de automatización.....	97

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Catalogo motores.....	107
ANEXO B. Catalogo motorreductor.	109
ANEXO C. Cotización motor	111
ANEXO D. Cotización motorreductor	112
ANEXO E. Cotización motor	113
ANEXO F. Cotización motorreductor	114
ANEXO G. Cotización tubo transparente	115
ANEXO H. Cotización cable.....	116
ANEXO I. Cotización rodamientos inoxidable	117
ANEXO J. Cotización hélices y eslabones.....	118
ANEXO K. Planos del sistema	119

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE AUTOMATIZADO PARA UNA PLANTA DE CHOCOLATES EN EL PROCESAMIENTO DE CACAO FINO Y DE AROMA.¹

AUTOR: ANYI PAOLA PARRA GUZMAN
CARLOS ALFREDO ESPITIA MANTILLA²

PALABRAS CLAVE: DISEÑO, AUTOMATIZACION, SISTEMA DE TRANSPORTE, CACAO, CHOCOLATES.

DESCRIPCIÓN:

El aumento acelerado en la demanda de producción ha impulsado de forma significativa automatizar procesos industriales, con el fin de reducir costos operativos y generar mayores controles de calidad, seguridad y trazabilidad. Dentro de los diferentes procesos industriales, la automatización en la industria alimenticia crece de manera significativa, el cacao es un claro ejemplo de esta, que busca maximizar sus sistemas de producción haciéndolos eficientes y logrando un mayor control en cada proceso. Para lograr esto se plantea el diseño de un sistema de transporte de cacao automatizado desde el subproceso de tostado hasta su refinado. El sistema de transporte inicia con el fruto en forma solida pasando por diferentes subprocesos hasta llegar a un líquido viscoso. El cacao en su fase inicial pasa por el subproceso de tostion y descascarillado para los cuales se utiliza un sistema de transporte llamado cablevey muy similar al de cangilones, posteriormente al subproceso de molienda se transporta por medio de tornillo para finalmente ser refinado. Por último, el transporte se hace por medio de bombas de desplazamiento positivo. El diseño y automatización del sistema de transporte se llevó a cabo por medio de herramientas CAD (SolidWorks y Simulink), donde se ilustra como queda la distribución de planta y como se verá el proceso de producción simulado desde un sistema SCADA para posteriormente hacer un análisis de costo de diseño y adecuación del sistema.

¹ Trabajo de grado.

² Facultad de ingeniería Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: William Pinto Hernández, Dr. en Ingeniería Mecánica.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF AN AUTOMATED TRANSPORTATION SYSTEM FOR A CHOCOLATE PLANT IN THE PROCESSING OF FINE COCOA AND SMELL.³

AUTHOR: ANYI PAOLA PARRA GUZMAN
CARLOS ALFREDO ESPITIA MANTILLA⁴

KEY WORDS: DESIGN, AUTOMATION, TRANSPORTATION SYSTEM, COCOA, CHOCOLATES.

DESCRIPTION:

The accelerated increase in production demand has significantly promoted the automation of industrial processes, to reduce operating costs and generate greater quality, safety, and traceability controls. Within the different industrial processes, automation in the food industry is growing significantly, cocoa is a clear example of this, which seeks to maximize its production systems, making them efficient and achieving greater control in each process. To achieve this, the design of an automated cocoa transport system from the roasting sub-process to its refining is proposed. The transport system starts with the fruit in solid form passing through different threads until it reaches a viscous liquid. The cocoa in its initial phase goes through the roasting and husking sub-process for which a transport system called cablevey is used, very similar to that of buckets. After the grinding sub-process, it is transported using a screw to finally be refined. By last, the transport is done using positive displacement pumps. The design and automation of the transport system were carried out using CAD tools (SolidWorks and Simulink), where the plant distribution is illustrated and how the simulated production process will be seen from a SCADA system to later make an analysis cost of design and adaptation of the system.

³ Degree work

⁴ Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering. Director: William Pinto Hernández, Dr. in Mechanical Engineering.

INTRODUCCIÓN

Colombia es uno de los países fabricantes de cacao de alta calidad, que son característicos por su fino sabor y suave aroma. El cacao es cultivado en gran parte del territorio colombiano, pero Santander es uno de los mayores productores a nivel nacional. Gran parte de este cacao es procesado y convertido en chocolates para ser comercializado en todo el mundo.

La fabricación de chocolates es un proceso que se viene desarrollando con ayuda de máquinas encargadas de llevar a cabo cada subproceso, los cuales son tostado, descascarillado, molido y refinado. El transporte entre los diferentes subprocesos se desarrolla de forma manual, el operario es el encargado de transportar entre las máquinas el fruto en diferentes estados lo cual hace que este expuesto a diversos riesgos laborales al no implementar controles operacionales para eliminar los riesgos que la mano de obra se expone.

Es necesario por este motivo implementar un sistema de transporte automatizado donde las tareas repetitivas serán reemplazadas por tecnologías controladas por el hombre, mejorando aspectos como la higiene, la reducción de costos, la calidad y la seguridad en cada subproceso.

Este proyecto tiene como fin el diseño de un sistema de transporte automatizado entre los diferentes subprocesos en la fabricación de chocolates finos y de aroma, implementando sistemas con bajos niveles de ruido y facilidad de limpieza y manejo.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVOS GENERALES

Diseñar un sistema de transporte automatizado para el procesamiento del cacao fino y de aroma, en la fabricación de chocolates poniendo en práctica la misión de la universidad industrial de Santander divulgando el conocimiento por medio de la investigación, la innovación científica, tecnológica y social, dando soluciones a necesidades propias y del entorno.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar un sistema transporte para las diferentes etapas en la fabricación de chocolate para el procesamiento de dos toneladas diarias de cacao, cumpliendo la norma 683 de 2012.
- Seleccionar los diferentes accesorios en el diseño del sistema de transporte, cumpliendo la norma 683 de 2012.
- Hacer el análisis de costos de diseño y ejecución de los sistemas de transporte.
- Seleccionar el sistema de control pertinente para automatizar el proceso de fabricación de chocolates.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 CACAO

El cacao en grano (*Theobroma cacao* L.) es un producto agrícola cultivado en Centroamérica y Suramérica por pequeños productores, siendo el insumo más importante en la fabricación de chocolates, manteca de cacao, licor de cacao y cacao en polvo.

Figura 1. *Derivados del cacao*



Fuente: CACAO HERMANOS. Empresa dedicada al cacao [En línea]. Disponible en: <https://cacaohermanos.wordpress.com/2017/06/20/cacao-puro-diferencias-entre-cacao-cocoa-y-todos-sus-productos-derivados/>

En la actualidad los principales productores de cacao a nivel mundial son Costa de Marfil, Ghana, Nigeria y Camerún cuya producción representa el 90% de la producción mundial.

Figura 2. Recolectores de cacao en África



Fuente: ECOLECTIVA. El cacao africano se revoluciona. [En línea]. Disponible en: <https://ecolectia.com/es/noticias/detalle/el-cacao-africano-se-revoluciona.html>

El cacao es una fruta de cascara dura y con colores que van desde amarillo hasta rojo oscuro, su tamaño es de aproximadamente 20 cm de longitud y su pulpa es de color blanco con semillas. El proceso de fermentado de estas semillas es la que da lugar a los diferentes productos derivados del cacao.

Se distinguen dos grandes razas de caca, el Forastero o cacao amarga cultivado principalmente en África y Brasil. Se caracteriza por sus frutos de cascara dura y leñosa, de superficie tersa y de granos aplanados de color rojizo y de sabor amargo. La otra raza es el Criollo, hibrido o caco dulce, se caracteriza por tener una cascara suave y semillas redondas, de color blanco y de agradable sabor, cosechado principalmente en América latina y considerado de los mejores cacaos del mundo.

2.2 CACAO EN COLOMBIA

El cacao Colombia es reconocido a nivel mundial como de fino sabor y aroma, estas características solo las posee el 5% de la población mundial. Según FEDECACAO

(Federación Nacional de Cacaoteros), en el país existen alrededor de 35 mil familias productoras de cacao, y en varias de ellas, este cultivo ha sido utilizado como alternativas a los cultivos ilícitos.

Colombia cuenta con aproximadamente 2 millones de hectáreas destinadas al cultivo del cacao, las cuales son distribuidas en Santander, Norte de Santander, Tolima, Huila, Nariño, Arauca y Antioquia como las regiones con mayor área de cultivo, esto debido a su posición geográfica que cuenta con todos los recursos necesarios para la siembra de este fruto.

En el país actualmente se cultivan 3 tipos de cacao:

- Criollos: Finos, de agradable sabor y exquisito aroma. Su fruto es alargado de delicado manejo. Este tipo de cacao es muy susceptible a plagas y tiene una baja producción ya que el árbol da poco fruto.
- Forastero o amazónico: De menor calidad de aroma y sabor, con alto contenido de grasa. Al procesar este cacao se obtiene un chocolate natural de sabor amargo, es muy resistente a enfermedades y plagas.
- Híbridos: Este tercer tipo surge del cruce sexual entre clones, con el fin de obtener las características de sabor y aroma del criollo, pero manteniendo la resistencia a plagas y enfermedades del amazónico o forastero.

Figura 3. Tipos de cacao en Colombia

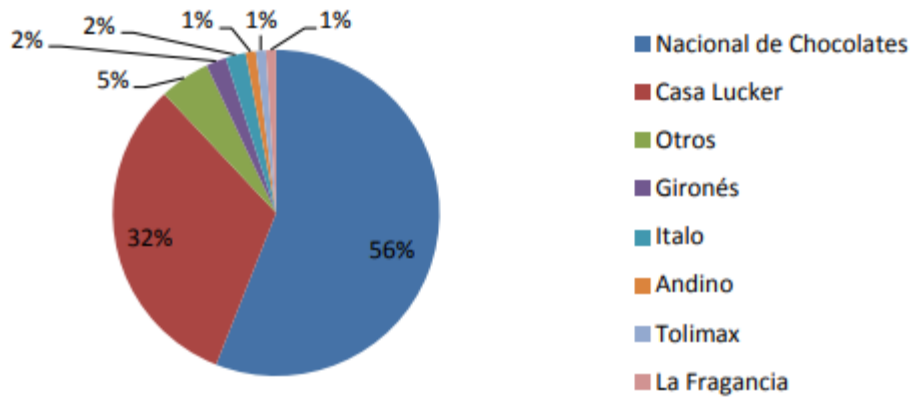


Fuente: LOS CACAOS ANTIGUOS, Genética del cacao. [En línea]. Disponible en: <https://elclubdelchocolate.blogspot.com/2018/04/los-cacaos-antiguos-genetica-del-cacao.html>

Para el cultivo del árbol de cacao se requiere de un piso térmico cálido, el cual es apropiado entre temperaturas de 22°C a 30°C, además de esto sus suelos deben ser profundos, de texturas francas, con buena aireación, retención de humedad, drenaje y fertilidad, por estas razones y más el cacao se siembra en medio de árboles frutales o de gran magnitud con el fin de ofrecer al fruto la sombra necesaria para su crecimiento. Las épocas del año donde aumenta el volumen del grano en el territorio colombiano son en los periodos de noviembre-diciembre y mayo-junio.

En el territorio colombiano son muy pocas las compañías encargadas de aprovechar el cacao para procesarlo en sus derivados, según FEDECACAO (Federación Nacional de Cacaoteros), las compañías encargadas de transformar el 88% de este insumo son: La compañía Nacional de Chocolates y Casa Lucker, el 8% es utilizado por chocolate Girones y 18 empresas de pequeña escala. La producción restante se comercializa en el exterior. La comercialización del grano se hace por medio de agentes comerciales que tienen alianza con los grandes productores del fruto en las principales ciudades del país, siendo el departamento de Santander el principal productor de cacao.

Figura 4. Demanda nacional de cacao



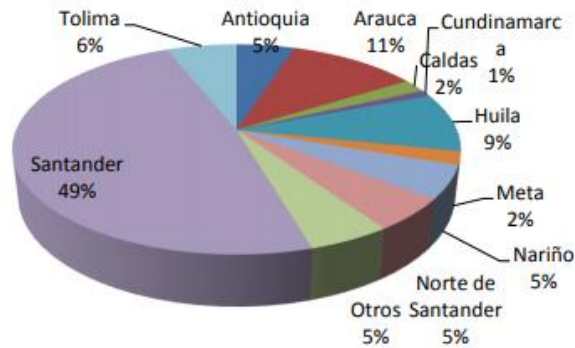
Fuente: Presente y perspectivas del cultivo de cacao en el entorno nacional e internacional, Cacao en Colombia, José Omar Pinzón, FEDECACAO.

2.3 CACAO EN SANTANDER

Cuando se habla de cacao en Colombia se remite de una vez al departamento de Santander que durante varios años ha sido el mayor cultivador y comercializador de fruto a nivel nacional. FEDECACAO aproxima que Santander cultiva y comercializa aproximadamente el 49% del cacao a nivel nacional con 22.800 toneladas de la producción anual.

En Santander más de 20 mil familias son productoras de cacao en 40 municipios donde se siembra este fruto, entre los de mayor producción tenemos: El Carmen de Chucuri, San Vicente del Chucuri, Landázuri, Rionegro y Lebrija. El cultivo del cacao en Santander se caracteriza por ser de suave sabor y exquisito aroma, contando con sellos de calidad a nivel mundial logrando ser uno de los principales exportadores para la fabricación de chocolates finos y de aroma.

Figura 5. Producción nacional de cacao por departamentos



Fuente: Presente y perspectivas del cultivo de cacao en el entorno nacional e internacional, Cacao en Colombia, José Omar Pinzón, FEDECACAO.

En Santander al igual que en todo el territorio nacional las fincas no son de grandes extensiones y por ende la producción de cacao no es en mayor número, al igual que el apoyo al campesino y a la implementación de tecnología en estas zonas de cultivo del grano son mínimas. Tener condiciones geográficas y climáticas óptimas para el cultivo del grano de cacao hace a Santander lo hace uno de los lugares con el mejor cacao del mundo gracias a su suelo franco y de gran profundidad que logra retener la humedad, el clima que oscila entre los 26°C y 30°C y la buena aireación del entorno.

2.4 CHOCOLATES FINOS Y DE AROMA

Los chocolates tradicionales en gran parte de Suramérica están hechos en una pequeña proporción de cacao y grandes cantidades de azúcar y leche, mientras que en gran parte de Europa sus chocolates de sabor amargo, pero con más cantidad de cacao fruto.

En el mercado existe una gama numerosa de derivados del cacao, pero aun faltan por explorar otras cuantas. Principalmente los chocolates en el mercado nacional se diferencian de su empaque, imagen, precio, pero su composición es muy similar.

artificiales, es por este motivo que se quiere aprovechar la gran cantidad de azúcares proveniente del mucilago para endulzar de forma natural.

Figura 7. Mucilago del cacao



Fuente: CACAO, DEL MUCILAGO AL CHOCOLATE, Sección Amarilla [En línea]. Disponible en <https://blog.seccionamarilla.com.mx/cacao-del-mucilago-al-chocolate/>

El mucilago es la pulpa donde viene envuelta la pepa de cacao, aunque este es indispensable para la fermentación del cacao, en ocasiones el fruto trae más mucilago del necesario, esta pulpa tiene un sabor tropical, con los cuales se vienen haciendo productos como jalea de cacao, alcohol y vinagre entre otros.

Las propiedades del mucilago ya son estudiadas anteriormente, por ende, en los Laboratorios Santa Catalina de INIAP- Quito, se realizó el estudio al mucilago de cacao de la variedad CCN-51: y mostro los siguientes resultados:

- Humedad 77.34% del contenido de agua de la muestra.
- Cenizas 2.91% del residuo que resulta de la calcinación de la muestra, generalmente está compuesto de minerales.

- Extracto Eterio (E. E) 0.36% siendo este el conjunto de sustancias de un alimento que se extrae con éter etílico (es decir esterres de los ácidos grasos, fosfolípidos, lecitinas, esteroides, ceras, ácidos grasos libres, etc.). (GRASA)
- Proteína 5.41% formadas por cadenas lineales de aminoácidos.
- Fibra 8.22% definida como la parte de las plantas comestibles que resiste la digestión y absorción en el intestino delgado humano y que experimenta una fermentación parcial o total en el intestino grueso.
- Azúcares Totales 62.95% son los diferentes monosacáridos, disacáridos y polisacáridos, que generalmente tienen sabor dulce, aunque a veces se usa incorrectamente para referirse a todos los glúcidos.
- Azúcares Reductores 11.98% poseen su grupo carbonilo (grupo funcional) intacto, y que a través de este pueden reaccionar con otras moléculas.

Con estas cantidades de azúcares pueden ser aprovechadas para endulzar de forma natural los chocolates, logrando ser naturales y producir chocolates de mayor calidad y superior composición de cacao.

2.5 SUBPROCESOS EN LA PRODUCCION DE CHOCOLATES

Antes de iniciar el proceso de producción de los chocolates el cacao debe ser secado y fermentado para posteriormente pasar por cada uno de los procesos hasta obtener el resultado final, el campesino en sus fincas es el encargado de dejar secar y fermentar las pepas de cacao, el cual se hace mediante el mucilago y dejándolo durante aproximadamente 15 días al sol para posteriormente ser empacado y vendido. Otras empresas compran el cacao en mazorca y ellos mismos hacen el proceso de secado y fermentación del cacao por medio de grandes tanques los

cuales son revolcados día por medio para hacer una fermentación homogénea de todo el grano.

Figura 8. Fermentación del cacao



Fuente: La gente no tiene la cultura de fermentar el cacao, FEDECACAO, Contexto ganadero [En línea]. Disponible en <https://www.contextoganadero.com/agricultura/la-gente-no-tiene-la-cultura-de-fermentar-el-cacao-fedecacao>

Después de esto el grano es llevado a las plantas encargadas de hacer los siguientes subprocesos para obtener el chocolate y demás derivados del cacao.

2.5.1 Tostado. El proceso de tostado es uno de los más importantes para la fabricación de chocolates, en este proceso el cacao desarrolla el aroma, el sabor y el color. Aquí se elimina la humedad del grano, al inicio este proceso se hacía de manera artesanal, donde el campesino lo cocinaba por medio de leña o estufas de gas hasta que el consideraba que el cacao estaba en “su punto” como ellos dicen.

La tecnología crece en cuanto crece la demanda de alimentos, por lo que en la actualidad se utilizan maquinas encargadas de tostar el cacao en las temperaturas y tiempos recomendados, con el fin de conservar las características principales del cacao en todo el proceso.

Figura 9. Maquina tostadora



Fuente: SELMI. Maquina tostadora ROASTER 120 Disponible en: <https://www.selmi-group.es/torrefactorDeCafeRoaster120.html>

2.5.2 Descascarillado. Es el proceso donde las semillas de cacao debidamente tostadas se les quita la cascara y se parten en trozos de diferentes tamaños, es importante la separación del grano tostado con la cascara para evitar las impurezas en el proceso de cacao final. Al igual que el proceso anterior también se puede hacer de forma manual, los campesinos son encargados de quitar la cascara del grano mientras este permanece caliente para que sea más sencillo, si la cascara es muy complicada de quitar el cacao debe ser tostado por mayor tiempo.

Las maquinas descascarilladoras están compuestas de rodillos de impacto, que fragmentan el grano, y posteriormente separan la cascara del grano por medio de tamices y aire para que el grano por gravedad sea recolectado en la tolva de salida.

Figura 10. Maquina descascarilladora



Fuente: SELMI. Maquina descascarilladora WINNOWER Disponible en: <https://www.selmi-group.es/fragmentadorYDescascarilladorWinnower.html>

2.5.3 Molido. El proceso de molienda del cacao es la entrada del grano fragmentado en el molino, el cual los tritura y los transforma en una masa viscosa, la cual es fluida y moldeable manualmente, este proceso se lleva a cabo artesanalmente por medio de máquinas de moler manuales, las cuales se constituyen por una palanca y un tornillo el cual es el encargo de hacer la transformación del grano.

La tecnología ha encontrado la forma de volver estos molinos manuales en molinos automáticos que traban por medio de motores los cuales hacen girar el tornillo para transformar el grano de cacao en masa viscosa.

Figura 11. Maquina moledora



Fuente: SELMI. Molino para la creación de gránulos de cacao, GRINDER
Disponibile en: <https://www.selmi-group.es/molinoGrinder.html>

2.5.4 Refinado. Para el proceso de refinado se le adiciona a la masa viscosa de cacao una serie de ingredientes propios de cada chocolatería, en la que se incluye azucares, leche, entre otros. La mezcla es agitada por medio de agitadores mecánicos con el fin de lograr las propiedades de sabor y olor deseadas por el fabricante para posteriormente ser llevadas a una prensa encargada de dar forma a los chocolates y obtener algunos derivados como son la cocoa, la manteca de cacao, etc.

Figura 12. Maquina refinadora



Fuente: SELMI. Refinador de bolas MICRON 50 Disponible en: <https://www.selmi-group.es/refinadorDeBolasMicron50.html>

2.6 SISTEMA DE TRANSPORTE ENTRE SUBPROCESOS

El sistema de transporte entre las diferentes máquinas enfrenta los retos de las diferentes fases del cacao antes de llegar al resultado final que es el chocolate, por ende, el sistema de transporte se implementa a una línea Bean To Bar que está constituida por las máquinas mencionadas anteriormente, el reto es caracterizar el cacao en cada una de sus fases para la aplicación del sistema de transporte más adecuado.

Figura 13. Máquinas de procesos



Fuente: SELMI. LINEAS BEAN TO BAR Disponible en: <https://www.selmi-group.es/beanToBar.html>

2.6.1 Fase sólida. El comportamiento del cacao en su fase sólida está presente entre los procesos de tostión y descascarillado, en esta fase se utiliza un sistema de transporte de arrastre tubular que es un sistema de transporte tubular de cable, el cual ofrece flexibilidad al momento de conectar entre las diferentes estaciones destinadas.

Este sistema es utilizado en una gran mayoría de países, diseñado para transportar prácticamente cualquier alimento en estado sólido que quepa en él tubo, se ofrecen gran cantidad de tamaños y capacidades de producción con el fin que pueda ser adecuado a cualquier planta de producción de alimentos y materiales sólidos. El transportador de arrastre tubular genera grandes beneficios al ser comparado con otros sistemas de transporte, es ajustable automáticamente lo que permite que el sistema siempre esté en funcionamiento y controle la tensión misma del cable, además y más importante es ajustable a cualquier entorno y se pueden adicionar partes permitiendo así que no sea un sistema fijo.

Figura 14. Sistema de arrastre tubular



Fuente: MJBizCon. Cablevey conveyors Disponible en: https://mjbiz19.mapyourshow.com/8_0/exhibitor/exhibitor-details.cfm?exhid=2643

El mantenimiento, la ausencia de ruidos y la limpieza son las características que lo hace llamativo para ser implantado en los sistemas del transporte del grano en su fase sólida. El cacao en fase solida presenta estas propiedades físicas, las cuales son muy cercanas y dependen principalmente del tamaño del grano.

Tabla 1. Características del cacao antes de ser tostado

ds (mm)	18	14	10	8	6,3	4,5	2,25	Mezcla
ρ_{apa} (kg/m ³)	702	716	739	756	761	783	794	775

Fuente: Evaluación de los sistemas de transporte neumático del cacao en la Empresa Bolivariana de Producción Socialista “Cacao Oderi”, Domínguez Viana Agustín Lino.

Tabla 2. Características del grano de cacao tostado

ds (mm)	18	14	10	8	6,3	4,5	2,25	Mezcla
ρ_{apa} (kg/m ³)	512	526	547	584	608	628	634	620

Fuente: Evaluación de los sistemas de transporte neumático del cacao en la Empresa Bolivariana de Producción Socialista “Cacao Oderi”, Domínguez Viana Agustín Lino.

Ecuaciones

Considerando las características propias del sistema es importante conocer el peso nominal del material el cual se obtiene con la siguiente expresión:

$$P_c = V_{\text{eslabón}} * \rho * J$$

Donde,

$V_{\text{eslabón}}$ es el volumen en cada eslabón del sistema, en m³

ρ es la densidad del material, en Kg/m³

J es la capacidad de llenado, para estos sistemas está entre 0,6 – 0,9

El flujo de eslabones por segundo es importante al igual que la velocidad de estos, y se definen mediante las siguientes ecuaciones:

$$Q_{\text{eslabón}} = \frac{Q}{P_c}$$

Donde,

Q es la capacidad de producción, en Kg/h

P_c es el peso específico del cacao, en Kg/eslabón

$$V_{\text{eslabón}} = Q_{\text{eslabón}} * S$$

Donde,

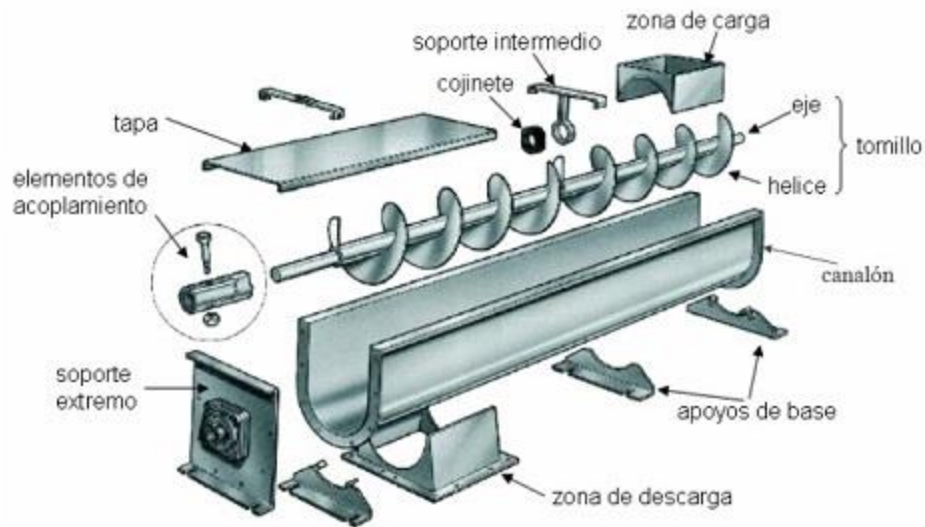
Q_{eslabon} es el flujo de eslabones, en eslabón/s

S es la distancia entre eslabones, en m

2.6.2 Fase Viscosa. En esta fase el grano de cacao es transformado en una masa de características irregulares, la cual es altamente adhesiva a las superficies, es un estado donde el cacao no es ni sólido ni líquido y en el cual el transporte de la sustancia es altamente complicado. Se implementa un sistema de transporte que cumpla con la condición de hacer un arrastre a la masa de cacao, pero tratando de desperdiciar la menor cantidad del fruto, el tornillo sin fin es la mejor manera de efectuar este transporte.

El tornillo sin fin es un sistema de transporte que consta de una hélice montada sobre un eje que está suspendido en un canal, generalmente en forma de "U", el cual lo hace girar mediante un motorreductor situado en uno de los extremos de la hélice que arrastra el material para llevarlo de una máquina a la siguiente. Su principal ventaja es la sencillez de fabricación y facilidad de instalación, es un sistema de bajo costo y hermético, lo que evita la generación de polvos y contaminación del cacao.

Figura 15. Tornillo sin fin



Fuente: Calculo de Transportadores de Tornillo Sin Fin. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

Ecuaciones

Considerando las características del cacao, que permite el flujo del fruto a través del canal y el tipo de carga se selecciona las medidas básicas de área para el diseño y construcción de los elementos claves.

El área de relleno es la cantidad de material que puede subir ocupar el cacao en el canalón del tornillo y se halla mediante la expresión:

$$S = \lambda * \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde,

S es el área de relleno del transportador, m²

D es el diámetro del canalón, m

λ es el coeficiente del material de relleno

La velocidad con la que el tornillo puede desplazar el cacao esta dado por la siguiente expresión:

$$V = \frac{p \cdot n}{60}$$

Donde,

V es la velocidad de desplazamiento del material, en m/s

P es el paso del tornillo, en m

n las revoluciones del giro del eje, en r.p.m.

La capacidad de transporte de un transportador tornillo sin fin se determina mediante la siguiente expresión:

$$Q = 3600 \cdot S \cdot V \cdot \rho \cdot i$$

Donde,

Q es el flujo del material transportado, en t/h

S es el área de relleno del transportador, m²

V es la velocidad de desplazamiento del material, en m/s

ρ es la densidad del material, en t/m³

i es coeficiente de disminución del flujo de material

Para el cálculo de la potencia necesaria por el torillo sin fin es necesario saber la disposición del sistema de transporte, para el caso de este proyecto su ubicación es inclinado, por ende, su consumo de potencia esta dado por la siguiente ecuación:

$$P = \frac{Q \cdot H}{367}$$

Donde,

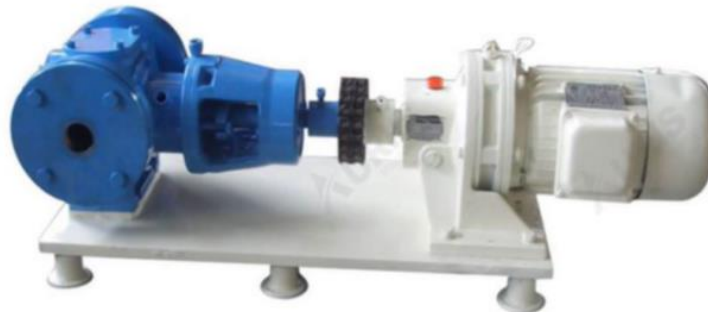
Q es el flujo del material transportado, en t/h

H es la altura de instalación, en m

En esta fase es importante conocer la densidad del cacao para llevar a cabo la selección de los componentes del tornillo sin fin, la cual se cómo se mencionó anteriormente es difícil de definir, se toma como la densidad que tiene el cacao en polvo, que se obtiene después del proceso de molienda, el cual tiene como dato 720 Kg/m^3 , este valor es suministrado por FLEXICON quien diseña y vende equipos y sistemas de manejo de materiales a granel.

2.6.3 Fase líquida. Para la fase líquida, se le han agregado más componentes al cacao permitiendo que esta nueva mezcla tenga mayor fluidez a la hora de ser desplazada entre los diferentes subprocesos. Para esta fase el sistema de transporte más acertado es por medio de bombas de desplazamiento positivo a través de tubos de acero inoxidable y accesorios como codos, válvulas entre otros.

Figura 16. Bomba de desplazamiento positivo



Fuente: Auris Machinery, Bomba de transporte de chocolate refinado para bombear paste de miel y líquido grueso. Disponible en: <http://www.aurissnackmachine.com/chocolate-machine/chocolate-pump/refined-chocolate-convey-pump-for-pumping.html>

Para la selección de estas bombas es necesario tener en cuenta las siguientes expresiones:

Ecuaciones

Los datos como la presión que ejerce el fluido sobre se encuentran con la siguiente expresión:

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde,

F es la fuerza, en N

A es el área, en m²

Se considera la altura de carga con la siguiente expresión:

$$H = \frac{P}{\rho * g}$$

Donde,

P es la presión, en Pa

ρ es la densidad del material a bombear, en Kg/m³

Lo siguiente a considerar es la altura a la cual debe ser bombeado el chocolate la cual se define como:

$$H_{BOMBA} = P_2 - P_1 + Z_2 - Z_1 + H_{pt}$$

Donde,

$Z_2 - Z_1$ son los desniveles donde se elevará el fluido

$P_2 - P_1$ son las diferencias de presiones de succión y descarga

H_{pt} son las pérdidas internas de la tubería.

Y por último la potencia que necesitara el sistema para bombear el chocolate, la cual se define mediante:

$$HP = \frac{Q * P}{1714 * E_f}$$

Donde,

Q es el caudal que ofrece la bomba, en gpm

P es la presión de la bomba, en psi

Ef es la eficiencia de la bomba.

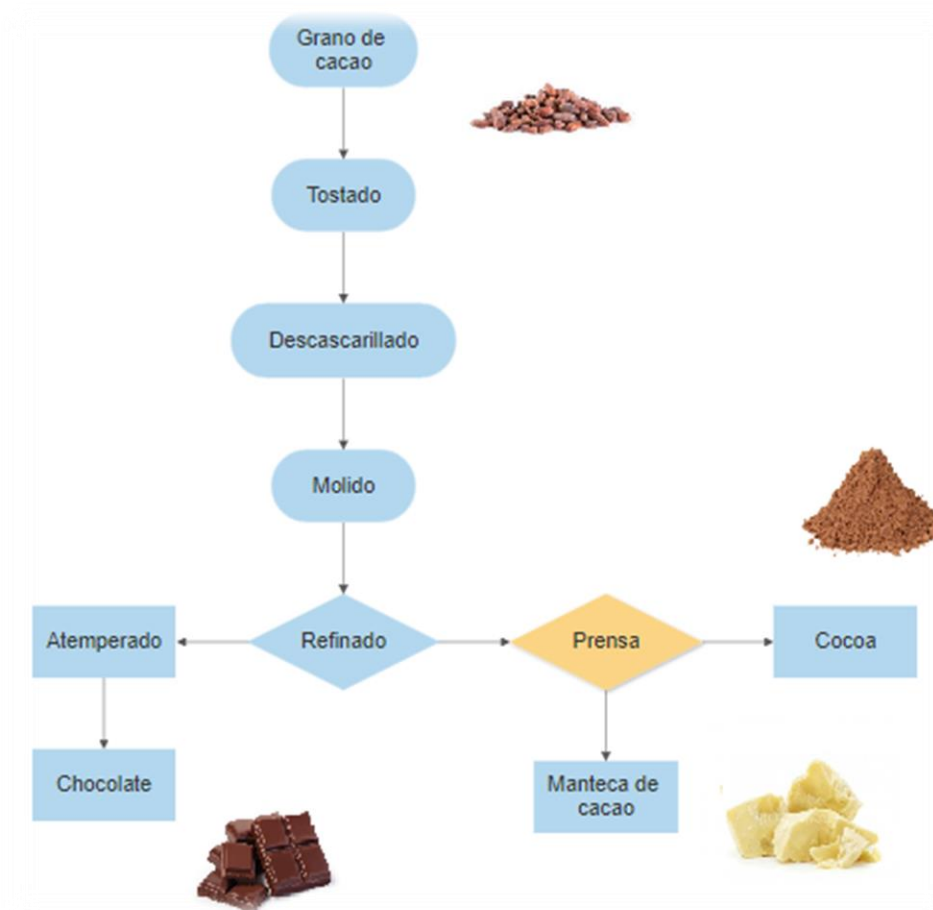
Al igual que la fase anterior es necesario conocer la densidad del fluido, Willy Esquerre Arribasplata en su proyecto Transvase del chocolate en fase fluida viscosa no newtoniana cálculo del equipo de bombeo de una planta de chocolate, la define con un valor aproximado de 1320 Kg/m^3 con el cual se trabajará durante el desarrollo previo de los cálculos.

2.7 FORMULACION DEL PROBLEMA

El transporte del cacao desde su fase solida a liquida cumple con diferentes parámetros y características propias después de cada subproceso, desde un descascarillado inicial hasta la fabricación del chocolate.

Durante el proceso y producción del chocolate el eslabón del transporte entre los subprocesos de recepción, tostion, descascarillado y molienda se convierte en una necesidad para reducir los tiempos y esfuerzos físicos por parte del operario a la hora de trasladar y clasificar los diferentes derivados después de cada subproceso.

Figura 17. Diagrama de flujo del proceso



Fuente: Autores

Actualmente el sistema de transporte y selección se hace de manera manual por parte de un grupo de operarios, surgiendo así la necesidad de implementar un sistema neumático el cual juega un papel importante, desde disminuir el tiempo de traslado entre los diferentes subprocesos, generando así bienestar en cada operario y control de variables como higiene, calidad a lo largo de todo el proceso.

2.8 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La producción de chocolate en una planta piloto actualmente se hace de manera de manual, vinculando un operario que haga el respectivo transporte entre las maquinas al terminar cada subproceso, lo que genera más tiempo en el proceso completo, más esfuerzo por parte de los operarios y no se controlan variables específicas.

La necesidad de disminuir los tiempos de los subprocesos en la fabricación de chocolates lleva a diseñar un sistema de transporte automatizado desde una primera etapa donde tiene el grano en estado sólido y posteriormente, en su segunda etapa después de la molienda que se encuentra en forma de emulsión.

Diseñando el sistema de transporte automatizado además de disminuir los tiempos, se minimizarán esfuerzos por parte de los operarios, se mejorará la calidad e higiene del producto ya que se limita la manipulación humana y optimizará el área en la planta haciendo más eficiente el flujo de cacao.

3. JUSTIFICACION DE LA SOLUCION

3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO COMPLETO

El proceso de fabricación de chocolates de cacao fino y de aroma inicia de la recolección y selección de los granos de cacao, de ahí el cacao pasa a ser tostado y enfriado, luego sigue el proceso de descascarillado. Una vez terminado pasa a ser molido y más adelante, pasa a ser refinado para tener en su última etapa la separación de la manteca de cacao, cocoa y cacao prensado.

3.2. DESPLIEGUE DE LA FUNCIÓN CALIDAD

Se elabora los siguientes criterios que van desde mayor a menor importancia para después ser intervenidos por una matriz de calidad.

3.2.1. Requerimientos del director del proyecto piloto

- Eficiencia de producción
- Mantenibilidad
- Normatividad
- Fácil manejo
- Seguridad
- Bajo precio
- Dimensiones
- Estética

3.2.2. Requerimientos del ingeniero

- Diseño
- Automatización
- Capacidad de transporte

- Materiales
- Ergonomía
- Tiempo de trabajo

3.3. MATRIZ CALIDAD

Tabla 3. Matriz QFD

	Diseño		Automatización		Capacidad de transporte		Materiales		Ergonomía		Tiempo de trabajo		
Eficiencia de producción	1	0	0	9	9	9	9	3	3	3	3	9	9
Mantenibilidad	2	9	18	3	6	9	18	9	18	9	18	9	18
Normatividad	3	9	27	0	0	0	0	9	27	1	3	0	0
Fácil manejo	4	3	12	9	36	1	4	0	0	9	36	1	4
Seguridad	5	9	45	9	45	9	45	9	45	9	45	3	15
Bajo precio	6	3	18	3	18	1	6	9	54	3	18	0	0
Dimensiones	7	9	63	0	0	3	21	3	21	9	63	3	21
Estética	8	3	24	0	0	0	0	1	8	3	24	0	0
Total			207		114		103		176		210		67
Criterios variables													
Altamente relacionado: 9													
Medianamente relacionado: 3													
Bajamente relacionado: 1													
No relacionado: 0													

Fuente: Autores

Tabla 4. Resultado matriz QFD

	Valor	%
1. Ergonomía	210	23,94526796
2. Diseño	207	23,6031927
3. Materiales	176	20,06841505
4. Automatización	114	12,99885975
5. Capacidad de transporte	103	11,74458381
6. Tiempo de trabajo	67	7,63968073
Total	877	100

Fuente: Autores

3.4. TIPOS DE SUBSISTEMAS

El diseño del sistema de transporte consta de 3 subsistemas:

- Sistema de transporte de cacao solido
- Sistema de transporte de cacao viscoso
- Sistema de transporte de cacao fluido

3.5. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

3.5.1. Alternativas para el transporte de los procesos de tostado y descascarillado

3.5.1.1. Alternativa 1. El sistema de transporte por vacío es operado por medio de aire comprimido accionado por una bomba que logra succionar el cacao hasta la siguiente máquina transportado por medio de una tubería, la bomba será

previamente seleccionado como parte del sistema de transporte. La ubicación de las máquinas y el área de trabajo ya están definidas y se toma como una restricción a la hora del diseño.

Figura 18. Sistema por vacío



Fuente: pi FLOW. [en línea]. Disponible en: https://www.cats.es/doc/pdf/piab/Catalago_piFLOW_piab.pdf

3.5.1.2. Alternativa 2. El sistema de transporte por medio de cangilones consta de varios cangilones para transportar el grano de cacao, una cadena para trasladar los cangilones y el motor que será previamente seleccionado como parte del sistema de transporte. La ubicación de las máquinas y el área de trabajo ya están definidas y se toma como una restricción a la hora del diseño.

Figura 19. Elevador de cangilones



Fuente: Empresa abc Pack. [en línea]. Disponible en: <https://www.abc-pack.com/productos/elevador-de-cangilones/>

3.5.1.3. Alternativa 3. Para esta alternativa se toma un sistema de transporte de arrastre tubular de cable sellado, el grano de cacao es arrastrado por unos discos que están conectados por el cable que se desplaza por dentro del tubo, el sistema trabaja con el motor que será previamente seleccionado como parte del sistema de transporte. La ubicación de las máquinas y el área de trabajo ya están definidas y se toma como una restricción a la hora del diseño.

Figura 20. Sistema de arrastre tubular



Fuente: CABLEVEY CONVEYORS. [en línea]. Disponible en: <https://cablevey.com/transportador-de-cable-cablevey/?lang=es>

3.5.2. Alternativas para el transporte del proceso de molienda

3.5.2.1. Alternativa 1. El sistema de transporte por medio de una banda se mueve entre dos tambores al ser accionados por un motor que será previamente seleccionado como parte del sistema de transporte. La ubicación de las máquinas y el área de trabajo ya están definidas y se toma como una restricción a la hora del diseño.

Figura 21. Banda transportadora



Fuente: ODECOPACK. [en línea]. Disponible en: <https://www.odecopack.com/soluciones/solucion/bandas-transportadoras/#&gid=null&pid=4>

3.5.2.2. Alternativa 2. El sistema de transporte por tornillo sin fin consta de un tornillo con forma de espiral el cual es impulsado por un motor reductor el cual será seleccionado como parte del sistema de transporte. La ubicación de las máquinas y el área de trabajo ya están definidas y se toma como una restricción a la hora del diseño.

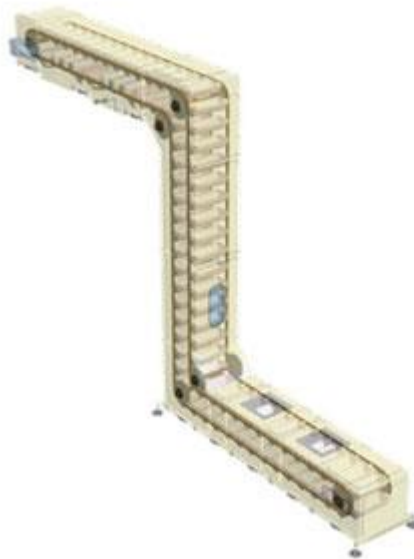
Figura 22. Transportador sin fin



Fuente: Direc INDUSTRY. [en línea]. Disponible en: <https://www.directindustry.es/prod/wamgroup-spa/product-29492-1684845.html>

3.5.2.3. Alternativa 3. El sistema de transporte de cangilones consta de varios cangilones para transportar el grano de cacao, una cadena para trasladar los cangilones y el motor que será previamente seleccionado como parte del sistema de transporte. La ubicación de las máquinas y el área de trabajo ya están definidas y se toma como una restricción a la hora del diseño.

Figura 23. Elevador de cangilones



Fuente: C&A SUSTEMS. [en línea]. Disponible en: <https://www.c-asystems.com.mx/transportadores-verticales-y-en-espiral/elevador-de-cangilones.php>

3.5.3. Alternativas para el transporte del proceso de refinado

3.5.3.1. Alternativa 1. Por medio de una bomba de desplazamiento positivo se desea impulsar el último proceso que tiene el cacao, que es muy parecido a un estado de emulsión. la bomba será previamente seleccionada como parte del sistema de transporte. La ubicación de las máquinas y el área de trabajo ya están definidas y se toma como una restricción a la hora del diseño.

Figura 24. Bombas de desplazamiento positivo



Fuente: ECOFLUSA. [en línea]. Disponible en:
<https://ecoflusa.com/2019/05/17/bombas-de-desplazamiento-positivo/>

3.5.3.2. Alternativa 2. El sistema de transporte por vacío es operado por medio de aire comprimido accionado por una bomba que logra succionar el cacao hasta la siguiente máquina transportado por medio de una tubería, la bomba será previamente seleccionada como parte del sistema de transporte. La ubicación de las máquinas y el área de trabajo ya están definidas y se toma como una restricción a la hora del diseño.

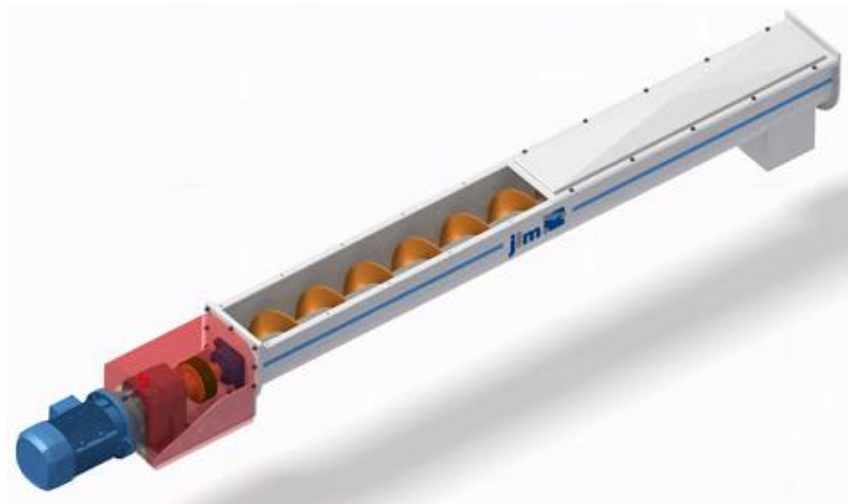
Figura 25. Sistema de vacío



Fuente: Empresa PIAB. [en línea]. Disponible en:
https://www.clafil.com.ar/pdf/piab/transporte_por_vacio.pdf

3.5.3.3. Alternativa 3. El sistema de transporte por tornillo sin fin consta de un tornillo con forma de espiral el cual es impulsado por un motor reductor el cual será seleccionado como parte del sistema de transporte. La ubicación de las máquinas y el área de trabajo ya están definidas y se toma como una restricción a la hora del diseño.

Figura 26. Transportador sin fin



Fuente: jlm ingeniería. [en línea]. Disponible en:
<http://www.jlmingeneria.com/producto/transportador-sinfin-sca/>

3.6 EVALUACION DE ALTERNATIVAS

3.6.1. Evaluación de alternativas para los procesos de tostado y descascarillado

Tabla 5. Evaluación de alternativas grano sólido

	%	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
1. Ergonomía	23,945	3	71,835	3	71,835	5	119,725
2. Diseño	23,603	4	94,412	3	70,809	4	94,412
3. Materiales	20,0687	3	60,2061	4	80,2748	4	80,2748
4. Automatización	12,998	3	38,994	4	51,992	4	51,992
5. Capacidad de transporte	11,744	4	46,976	3	35,232	4	46,976
6. Tiempo de trabajo	7,639	5	38,195	3	22,917	4	30,556
Total			350,6181		333,0598		423,9358

Fuente: Autores

Debido a las limitaciones de espacio en la distribución de planta de los subprocesos de cacao y con el fin de tener un transporte limpio fuera del alcance de los agentes del entorno se toma para los dos primeros subprocesos la alternativa 3, correspondiente al sistema de transporte por arrastre tubular sellado. Este sistema permite mayor aprovechamiento del espacio y un transporte sin emisiones de ruido fuerte.

3.6.2. Evaluación de alternativas para el proceso de molienda

Tabla 6. Evaluación de alternativas pasta viscosa

	%	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
1. Ergonomía	23,945	2	47,89	3	71,835	3	71,835
2. Diseño	23,603	4	94,412	4	94,412	3	70,809
3. Materiales	20,0687	3	60,2061	4	80,2748	4	80,2748
4. Automatización	12,998	3	38,994	3	38,994	4	51,992
5. Capacidad de transporte	11,744	3	35,232	4	46,976	3	35,232
6. Tiempo de trabajo	7,639	5	38,195	4	30,556	3	22,917
Total			314,9291		363,0478		333,0598

Fuente: Autores

Teniendo en cuenta la fase o (estado) del cacao en el subproceso de molienda y las limitaciones de espacio se considera que la mejor alternativa para transportar el cacao a la siguiente maquina es la alternativa 2, la cual se trata del transportador sin fin, este a diferencia de las otras alternativas permite un mayor movimiento del cacao y está segura de los agentes del entorno.

3.6.3. Evaluación de alternativas para el proceso de refinado

Tabla 7. Evaluación de alternativas cacao líquido

	%	Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3	
1. Ergonomía	23,945	4	95,78	3	71,835	3	71,835
2. Diseño	23,603	4	94,412	4	94,412	4	94,412
3. Materiales	20,0687	5	100,3435	3	60,2061	4	80,2748
4. Automatización	12,998	4	51,992	3	38,994	3	38,994
5. Capacidad de transporte	11,744	3	35,232	4	46,976	4	46,976
6. Tiempo de trabajo	7,639	4	30,556	5	38,195	4	30,556
Total			408,3155		350,6181		363,0478

Fuente: Autores

Para el ultimo transporte del subproceso de cacao se toma la alternativa 1, un sistema de transporte por bomba de desplazamiento positivo, basados en que el cacao para este tramo se encuentra viscoso, la mejor opción en cuanto higiene y un óptimo transporte es este sistema.

4. CALCULOS Y/O SELECCIÓN DE EQUIPOS

4.1 SISTEMA DE TRANSPORTE DE ARRASTRE TUBULAR

4.1.1 Hélice tensora y conductora. Para el proceso de transporte de arrastre por sistema tubular es importante la tensión en el cable, el cual se hace mediante las poleas tensora y conductora del sistema.

Estas hélices se diseñan en material plástico, las cuales son de fácil limpieza y permitiendo disminuir la fricción entre el cable y la polea, alargando la vida útil del cable y del motor.

Figura 27. Hélice tensora sistema de arrastre tubular



Fuente: MOSES B. GLICK LLC. Catalogo cablevey 4 in.

Estos tipos de hélices son construidas en el mercado por empresas que procesan y moldean plásticos, los cuales se encuentran como hélices para ventilador que son muy parecidas por diseño. La selección de este objeto se consultó en la empresa PLASTIMOTO con proveedores en la ciudad de Bogotá-Colombia.

Para conocer la cantidad de hélices y el espacio entre los eslabones, se define por diseño un disco de 0,3 m de diámetro y un ángulo de hélices de 60°.

Datos:

$D_{\text{hélice}} = 0,3 \text{ [m]}$ “Diámetro de la hélice en m”

$\Theta = 1,047$ “Angulo de hélices en radianes”

Numero de aspas de la hélice

$$N_{\text{hélice}} = \frac{360 [^\circ]}{\Theta [^\circ]}$$

$$N_{\text{hélice}} = \frac{360^\circ}{60^\circ} = 6$$

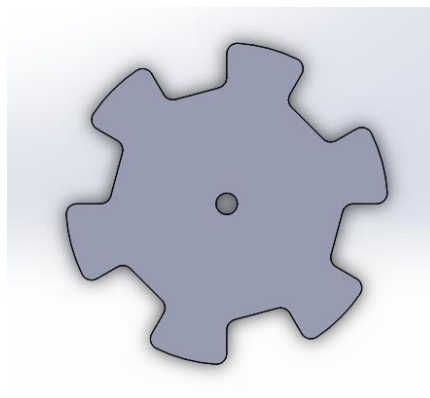
Distancia entre eslabones

$$S = \frac{D_{\text{disco [m]}}}{\Theta [\text{rad}]}$$

$$S = \frac{0,3 \text{ [m]}}{1,047 \text{ [rad]}} = 0,1571 \text{ [m]}$$

Con estos valores, la hélice tiene 6 aspas y los eslabones deben tener una distancia de 0,1571 [m]

Figura 28. Hélice tensora y conductora

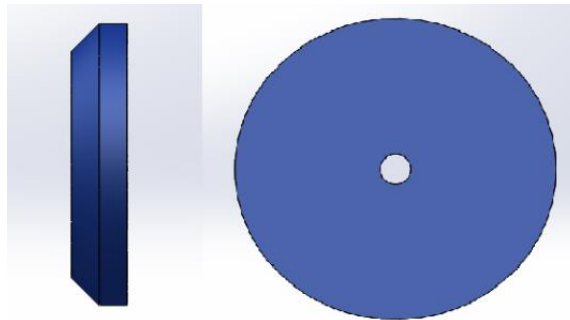


Fuente: Autores

4.1.2 Eslabones. Los eslabones al igual que las hélices son diseñadas en plástico, los eslabones son los encargados de empujar el cacao en estado sólido, las cuales están unidas por el cable y separadas una distancia de 0,1571 [m].

Estos eslabones tienen un grosor de 0,1 [m] y un diámetro de 2 [pulgadas] o 0,0508[m], están diseñados en este material con el fin de disminuir la fricción con el tubo exterior y permitir el fácil recorrido del cacao entre estaciones. El plástico es un material de fácil limpieza y peso ligero de aproximadamente 20gr.

Figura 29. Vista de secciones del eslabón



Fuente: Autores

4.1.3 Tubería. La tubería a utilizar será tubo de PVC, se seleccionan tubo de diámetro de 2 pulgadas, esta tubería es transparente que permite ver el paso de los diferentes materiales transportados. Esta tubería transparente de PVC es recomendada para el transporte de alimentos sólidos.

Para la selección y cotización de los tubos PVC transparentes se contactó con la empresa TUVAREP, con sucursal en Bogotá-Colombia que maneja tubería de marca +GF+ de diámetros diferentes, todos para la industria alimenticia.

Figura 30. Tubería PVC transparente



Fuente: TUVALREP. Tubería PVC SCH40 transparente Georg Fischer. Catalogo

4.1.4 Tramos circulares. Para los tramos de la curvatura de los tubos es recomendable hacer recubrimientos con el fin de garantizar mayor resistencia y menos posibilidad de pandeo. Para ello se seleccionan tubos de acero inoxidable, un codo curvo de diámetro de 0,6m y con ángulo de 90° para cambiar la dirección el transporte del grano de cacao.

Figura 31. Tubo curvo en acero inoxidable



Fuente: HAFELE. Catalogo

El tubo curvo es extraído de catálogos HAFELE el cual muestra gran cantidad de productos desde herrajes de muebles, equipamientos de oficinas, sistemas de equipamiento para tiendas y sistemas de producción, todos estos artículos son en acero inoxidable.

4.1.5 Tolvas y cajas tensoras. Las cajas tensoras y tolvas son diseñadas en lámina de acero inoxidable, estas cajas guardan las hélices y permiten el flujo de los eslabones. Para su diseño se escogen láminas de acero calibre 10.

Esta lamina es seleccionada en el catálogo INTEGRINOX, la cual describen como una lámina compuesta de cromo-níquel y bajos índices de carbono, además de ser altamente resistente a la corrosión. Es utilizada en equipos para el procesamiento de alimentos, utensilios de cocina, canales y equipos contenedores.

Figura 32. Dimensiones de láminas de acero inoxidable

Calibre	Espesor (pulg.)	Espesor (mm.)	Lb./Pie ²	Kg/m ²
10	0.1345	3.42	5.4983	26.847
11	0.1196	3.04	4.8873	23.864
12	0.1046	2.66	4.2764	20.881
13	0.0897	2.28	3.6655	17.898
14	0.0747	1.90	3.0546	14.915
16	0.0598	1.52	2.4437	11.932
18	0.0478	1.21	1.9453	9.499
20	0.0359	0.91	1.4630	7.144
22	0.0299	0.76	1.2218	5.966
24	0.0239	0.61	0.9807	4.789
26	0.0179	0.45	0.7235	3.533

Nota: El peso puede variar dependiendo del tipo de acero.

Fuente: INTEGROX. Catalogo

Para el diseño de las tolvas es importante mencionar que este sistema de arrastre se va a aplicar entre dos procesos subprocesos:

Entre tostion y descascarillado La máquina tostadora trabaja mediante sistemas de producción por lotes, por ende, es importante diseñar una tolva para poder amular el producto durante cierta cantidad de tiempo antes de ser arrastrada por el sistema de trasporte tubular, para ello se calcula la capacidad a la que debe ser diseñada esta tolva.

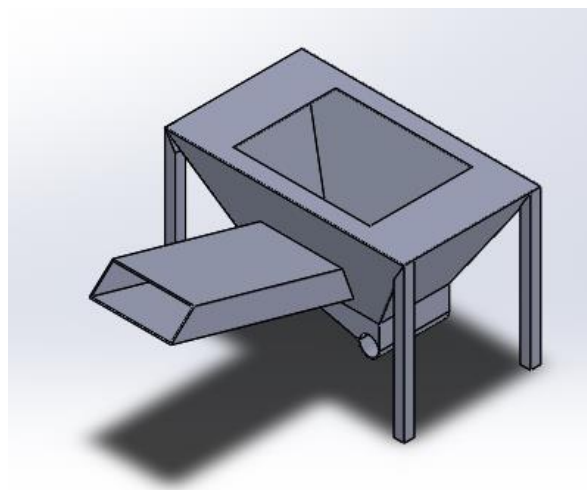
$$\rho = \frac{\text{masa [Kg]}}{\text{Volumen [m}^3\text{]}}$$

$\rho = 620$ “Densidad del cacao después de ser tostado en Kg/m³”

$m = 20$ [Kg] “masa del cacao a almacenar en la tolva, en Kg”

$$V = \frac{20 \text{ [Kg]}}{620 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]} = 0,032 \text{ [m}^3\text{]}$$

Figura 33. Tolva de salida tostadora



Fuente: Autores

Para el sistema de entrada a la maquina descascarilladora no se hace tolva de almacenamiento, solo se diseñó el canal de abastecimiento a la maquina puesto que ella tiene un sistema de producción continua.

Entre descascarillado y molienda. Estas máquinas tienen sistema de producción continua por este motivo no es necesario el diseño de tolvas alimentadoras, solo se diseñaron los canales para el abastecimiento y descarga del grano de cacao

4.1.6 Cable. El cable será el elemento encargado de mover los diferentes eslabones por entre los tubos del sistema, se calcula la tensión máxima que será asumida por el cable como único valor de entrada a la hora de selección.

Para el cálculo de la tensión del cable es necesario hacer un análisis del sistema cargado y los diferentes diagramas de cuerpo libre en cada eslabón.

Con el control de la cantidad de eslabones llenos para el transporte del cacao se hace el diagrama de cuerpo libre de los eslabones cara calcular el total de tensión que debe soportar la carga. Para ello se calcula el peso por eslabón.

$$P_c = V_{\text{eslabón}} * \rho * J$$

V_{eslabon} “volumen en cada eslabón del sistema, en m^3 ”

S “Distancia entre eslabones”

D_{Tubo} “Diámetro del tubo en m”

ρ “Densidad del material, en Kg/m^3 ”

J “capacidad de llenado, para estos sistemas está entre 0,6 – 0,9”

$$P_c = (\pi * \frac{0,0508^2 [m]}{4} * 0,1571 [m]) * 620 [Kg/m^3] * 0,75 = 0,148 [Kg/Eslabón]$$

Para el cálculo de fricción se toma una tabla, donde nos muestra la constante de fricción entre la madera y el plástico. Se toma esta puesto que es la más cercana encontrada en literatura entre el cacao y el plástico.

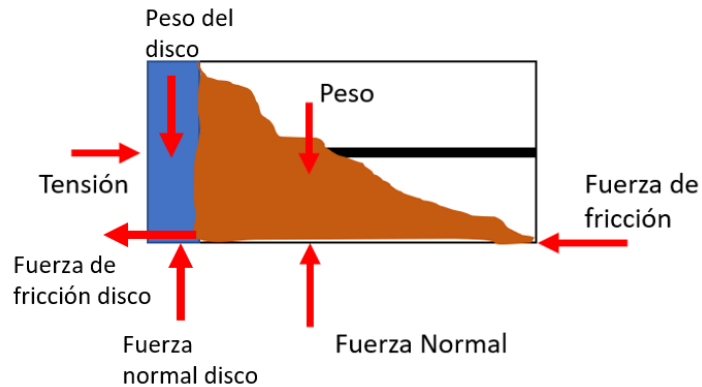
Figura 34. Coeficientes de rozamiento

Combinación de materiales en la superficie de contacto limpia seca o húmeda sin aceite, hielo o grasa	Coefficiente de rozamiento μ
Madera serrada - Material laminado/contrachapado	0,45
Madera serrada - Aluminio ranurado	0,40
Madera serrada - Plástico retráctil/chapa de acero inoxidable	0,30
Madera lisa - Material laminado/contrachapado	0,30
Madera lisa - Aluminio ranurado	0,25
Madera lisa - Chapa de acero inoxidable	0,20
Madera - Cartón	0,30
Caja metálica - Material laminado/contrachapado	0,45
Caja metálica - Aluminio ranurado	0,30
Caja metálica - Chapa de acero inoxidable	0,20

Fuente: Tecnas. Manual de carga y estibas en sistema de transporte

Eslabón horizontal Los eslabones horizontales son los que transportan el grano de manera horizontal por el tubo.

Figura 35. Diagrama de cuerpo libre eslabón horizontal



Fuente: Autores

Cálculos para el cacao

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{\text{normal}} - \text{Peso} = 0$$

$$F_{\text{normal}} = 0,148 \text{ [Kg]} * 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} = 1,452 \text{ [N]}$$

Cálculos para el disco

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{\text{normal disco}} - \text{Peso}_{\text{disco}} = 0$$

$$F_{\text{normal disco}} = 0,02 \text{ [Kg]} * 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]} = 0,1962 \text{ [N]}$$

La fuerza de fricción del disco es a lo largo del tubo, por ende, la fuerza de fricción total del disco se define:

$$F_{\text{fr-disco}} = (\mu_{\text{disco}} * F_{\text{normal-disco}}) * \text{Perímetro}_{\text{disco}}$$

$$F_{\text{fr-disco}} = (0,2 * 0,1962 \text{ [N]}) * 2\pi * 0,15$$

$$F_{\text{fr-disco}} = 0,036 \text{ [N]}$$

$$\sum F_x = 0$$

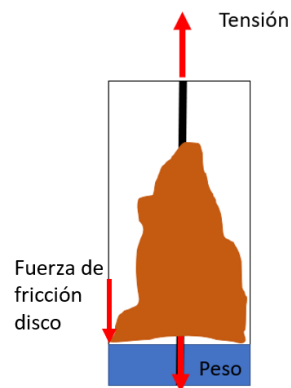
$$T_h - F_{fr} - F_{fr-disco} = 0$$

$$T_h = \mu_c * F_{normal} + F_{fr-disco}$$

$$T_h = 0,3 * 1,452 [N] + 0,036 [N] = 0,472 [N]$$

Eslabón vertical. Los eslabones verticales son los que transportan el grano de manera vertical por el tubo.

Figura 36. Diagrama de cuerpo libre eslabón vertical



Fuente: Autores

$$\sum F_y = 0$$

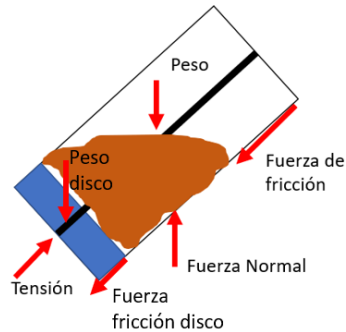
$$T_v - \text{Peso} + F_{Fr-disco} = 0$$

$$T_v = 0,148 [Kg] * 9,81 \left[\frac{m}{s^2} \right] + 0,036 [N] = 1,488 [N]$$

La fuerza de fricción se desprecia ya que el grano de cacao tiende acumularse en el centro.

Eslabón inclinado Los eslabones a 30° con la horizontal se forman en los segmentos curvos y se encuentran dos en todo el trayecto.

Figura 37. Diagrama de cuerpo libre eslabón inclinado



Fuente: Autores

$$\sum F_x = 0$$

$$T1 \cdot \cos(30) - F_{fr} \cdot \cos(30) - F_{fr-disco} \cdot \cos(30) = 0$$

$$T1 = \mu \cdot F_{normal} - F_{fr-disco}$$

$$T1 = 0,3 \cdot F_{normal} [N] - 0,036 [N]$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_{normal} - \text{Peso} - \text{Peso}_{disco} + T1 \cdot \sin(30) - F_{fr} \cdot \sin(30) - F_{fr-disco} \cdot \sin(30) = 0$$

$$F_{normal} - 0,148 [\text{Kg}] \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] - 0,02 [\text{Kg}] \cdot 9,81 \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] + (0,3 \cdot F_{normal} - 0,036) \cdot \sin(30) -$$

$$0,3 \cdot F_{normal} \cdot \sin(30) - 0,036 \cdot \sin(30) = 0$$

$$F_{normal} = 1,684 [N]$$

$$T1 = 0,3 \cdot 1,452 [N] = 0,469 [N]$$

Sin importar el ángulo de inclinación del eslabón siempre ejerce la misma tensión sobre el cable.

Entre tostion y descascarillado. Para el transporte entre el proceso de tostion y descascarillado se diseña la longitud de los tubos y el total de eslabones dependiendo del espacio de distribución en la planta. Para el cálculo total de tensión

en el cable se multiplican las tensiones del cable dependiendo de la cantidad de eslabones que se encuentren en cada disposición anteriormente mencionada.

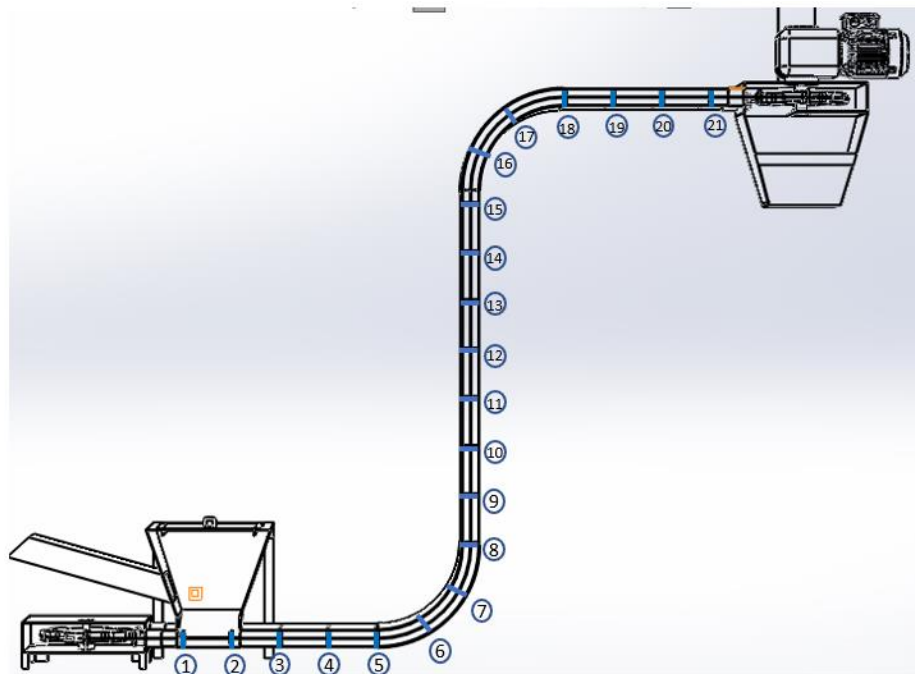
$$T_{total} = \#_{Eslab. Horiz} * T_h + \#_{Eslab. Vert} * T_v + \#_{Eslab. incli} * T_1 + \#_{Eslab. vacios} * F_{fr-disco} + F_{cable} * L_c$$

$$T_{total} = 9 * 0,472 [N] + 8 * 1,488 [N] + 4 * 0,469 [N] + 21 * 0,036 [N] + 0,317 * 9,8 * 8,85$$

$$T_{total} = 46,27 [N]$$

La distribución de eslabones se puede observar en la imagen 38, que es extraída de los planos de diseño.

Figura 38. Distribución de eslabones sistema 1



Fuente: Autores

Entre descascarillado y molienda. Para el transporte entre el proceso de descascarillado y molienda se diseña la longitud de los tubos y el total de eslabones dependiendo del espacio de distribución en la planta. Para el cálculo total de tensión

en el cable se multiplican las tensiones del cable dependiendo de la cantidad de eslabones que se encuentren en cada disposición anteriormente mencionada.

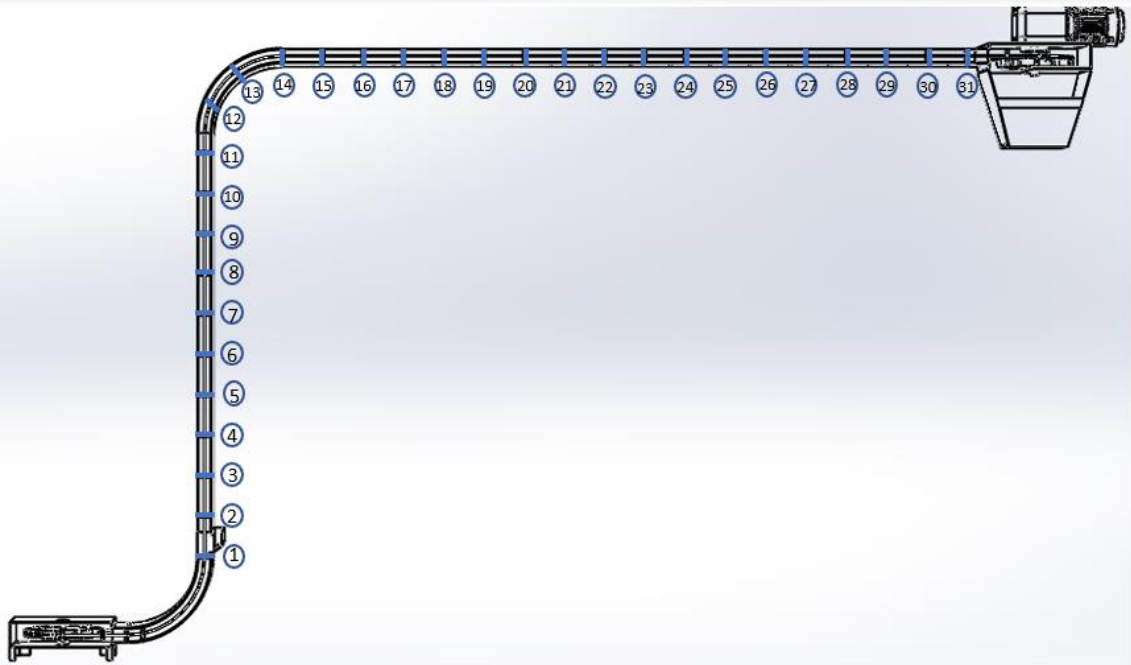
$$T_{total} = \#_{Eslab. Horiz} * Th + \#_{Eslab. Vert} * Tv + \#_{Eslab. incli} * T1 + \#_{Eslab. vacios} * F_{fr-disco} + F_{cable} * L_c$$

$$T_{total} = 18 * 0,472 [N] + 11 * 1,488 [N] + 2 * 0,469 [N] + 31 * 0,036 [N] + 0,317 * 9,8 * 15,24 [N]$$

$$T_{total} = 74,26 [N]$$

La distribución de eslabones se puede observar en la imagen 39, que es extraída de los planos de diseño.

Figura 39. Distribución de eslabones sistema 2



Fuente: Autores

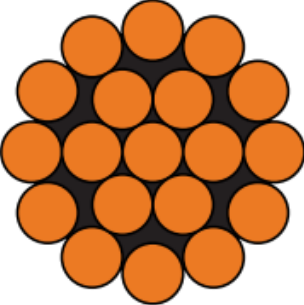
La mayor tensión se da en el sistema de transporte por arrastre tubular entre la descascarilladora y la moliendo, es por este que se escoge esta tensión para seleccionar el cable. Esta tensión es muy pequeña, es por esta razón que se escoge un cable de diámetro de 1mm que soporta 840 N, que es más tensión de la necesaria por el sistema. Este cable se selecciona del catálogo cadenas y trincajes.

El cable es de acero inoxidable AISI316, es un cable estructural con un acabado pulido, utilizado en estructuras, péndolas, barandillas, tomas de tierra, líneas de vida, tirantes marquesinas y para sistemas de transporte de alimentos.


Figura 40. Cable sistema de transporte de arrastre

cordón rígido				
1x19 - ACERO INOXIDABLE AISI316	Ø NOMINAL	Peso	Sección	Carga de Rotura
	mm	kg/m	mm ²	kN kg
	1,00	0,005	0,60	0,82 84
	1,50	0,011	1,34	1,85 189
	2,00	0,020	2,40	2,94 300
	2,50	0,031	3,70	5,15 525
	3,00	0,045	5,30	7,42 756
	3,50	0,061	7,30	10,10 1030
	4,00	0,079	10,00	13,15 1340
	5,00	0,124	14,00	20,60 2100
	6,00	0,178	21,00	29,72 3030
	7,00	0,243	29,00	40,42 4120
	8,00	0,317	38,00	52,78 5380
	10,00	0,495	59,00	82,40 8400
	12,00	0,713	83,00	118,70 12100
	14,00	0,971	123,00	161,87 16500
	16,00	1,270	153,00	210,92 21500
	19,00	1,790	216,00	286,45 29200
	22,00	2,360	283,00	391,42 39900
	26,00	3,300	399,00	533,66 54400

- Resistencia 1570 N/mm²
- Módulo Elástico (E) 130000 N/mm²
- Acabado Pólido



- Estructurales
- Péndolas
- Jarcias Fijas
- Barandillas
- Tomas a tierra/red de tierra
- Línea de Vida
- Tirantes Marquesinas



Fuente: Cables y Cordones de Acero Inoxidable. Catálogos Cadenas y Trincajes

4.1.7 Motor. El motor es el encargado de dar el movimiento al sistema de arrastre, teniendo las tensiones de cada cable en cada sistema.

Entre tostion y descascarillado. Se halla inicialmente el torque del motor, con la tensión del cable en cada sistema y el diámetro de la hélice conductora.

$$T_1 = \text{Tension}_{\text{sistema1}} * r_{\text{tambor}}$$

Tensión = 46,27N = 10,4 Lb “Tensión del primer sistema en Newton”

$r_{\text{tambor}} = 0,15\text{m} = 0,492126 \text{ ft}$ “Diámetro de la hélice conductora”

$$T_1 = 0,492126 [\text{ft}] * 10,4 [\text{Lb}] = 5,11 [\text{Lb-ft}]$$

Con los datos de procesos anteriores solo nos resta encontrar la velocidad lineal del cable y con ello las rpm del motor.

$$F_c = \text{Tensión}$$

$$m * \frac{v^2}{r} = \text{Tensión}$$

$m = 3,31$ “El peso del cacao en los 21 eslabones del sistema”

$$(3,31 + 1,08 + 0,317 * 8,85) [\text{Kg}] * \frac{v^2}{0,015 [\text{m}]} = 46,27 [\text{N}]$$

$$v = 0,31 [\text{m/s}]$$

Con esto se calcula los rpm del motor

$$n = \frac{v * 60}{2\pi * r}$$

$$n = \frac{0,31 [\text{m/s}] * 60}{2\pi * 0,015 [\text{m}]} = 197 [\text{RPM}]$$

Con eso se calcula la potencia necesaria del motor

$$\text{Pot} = \frac{T_1 * n}{5250}$$

$$\text{Pot} = \frac{10,4 [\text{Lb-ft}] * 197 [\text{RPM}]}{5250} = 0,4 [\text{HP}]$$

Se selecciona un motor del catálogo MBA BULNES, tipo de motor AL-71-4B con una potencia de 0,5 HP y con un par máximo de 2,2 N-m a 1500 RPM Y 4 polos Para el motorreductor, se encuentra la relación entre RPM que ofrece el motor y las necesarias por el sistema, mediante la siguiente expresión:

$$i = \frac{1500 \text{ RPM}}{200 \text{ RPM}} = 7,5$$

Por esta relación se escoge un motorreductor SIEMENS de ejes coaxiales de referencia 2KJ1101-CG13-L1 , con potencia de 0,55 HP con índice de reducción de 9,61.

Entre descascarillado y molienda. Con la tensión del sistema del transporte y el radio el tambor se calcula el torque del sistema.

$$T_2 = \text{Tensión}_{\text{sistema1}} * r_{\text{tambor}}$$

Tensión = 74,26N = 16,69 Lb “Tensión del primer sistema en Newton”

$r_{\text{tambor}} = 0,15\text{m} = 0,492126 \text{ ft}$ “Diámetro de la hélice conductora”

$$T_2 = 0,492126 \text{ [ft]} * 16,69 \text{ [Lb]} = 8,21 \text{ [Lb-ft]}$$

Con ello calculamos la velocidad lineal del cable y las revoluciones del motor

$$F_c = \text{Tensión}$$

$$m * \frac{v^2}{r} = \text{Tensión}$$

$m = 4,588 \text{ Kg}$ “El peso del cacao en los 21 eslabones del sistema”

$$(4,588 + 1,71 + 0,317 * 15,24) \text{ [Kg]} * \frac{v^2}{0,015 \text{ [m]}} = 74,26 \text{ [N]}$$

$$v = 0,410 \text{ [m/s]}$$

Con esto se calcula los rpm del motor

$$n = \frac{v \cdot 60}{2\pi \cdot r}$$
$$n = \frac{0,410 \text{ [m/s]} \cdot 60}{2\pi \cdot 0,015 \text{ [m]}} = 261 \text{ [RPM]}$$

Con eso se calcula la potencia necesaria del motor

$$\text{Pot} = \frac{T \cdot n}{5250}$$
$$\text{Pot} = \frac{16,69 \text{ [Lb-ft]} \cdot 261 \text{ [RPM]}}{5250} = 0,8 \text{ [HP]}$$

Se selecciona un motor del catálogo MBA BULNES, tipo de motor AL-80-2A con una potencia de 1 HP y con un par máximo de 2,4 N-m a 1500 RPM Y 4 polos

Para el motorreductor, se encuentra la relación entre RPM que ofrece el motor y las necesarias por el sistema, mediante la siguiente expresión:

$$i = \frac{1500 \text{ RPM}}{260 \text{ RPM}} = 5,76$$

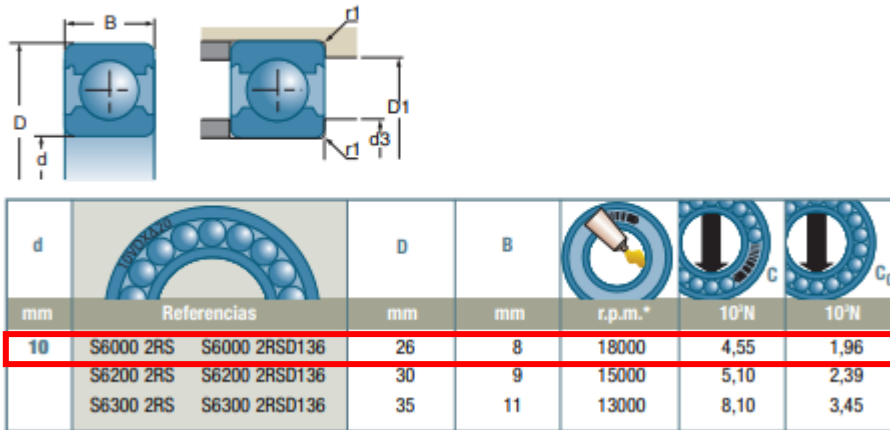
Por esta relación se escoge un motorreductor SIEMENS de ejes coaxiales de referencia 2KJ1102-EL13-D1 , con potencia de 1,1 HP con índice de reducción de 6,71.

4.1.8 Rodamientos. Para la selección de rodamientos, se define el material en acero inoxidable, ya que tratara con productos alimenticios. El rodamiento que se utilizará será de bolas, ya que tiene una rigidez media lo cual no se ve afectado ya que la carga es pequeña y maneja bajas revoluciones, sus sellos serán en las dos caras para evitar chorreos de aceite ya que operan en contacto directo con los

alimentos, el diámetro interno del rodamiento esta dado por el tamaño del eje del motor que son 10mm.

Figura 41. Selección de rodamiento

Rodamientos en acero inoxidable



Fuente: SNR. Catálogo de rodamientos.

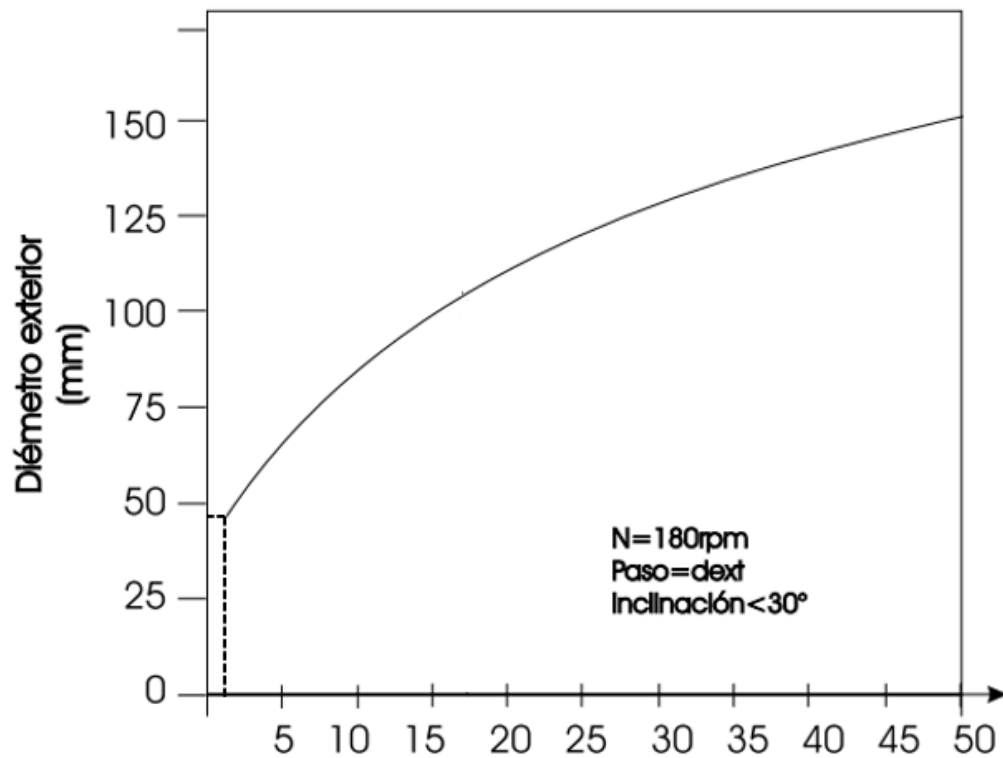
4.2 SISTEMA DE TRANSPORTE POR TORNILLO SIN FIN

4.2.1 Tornillo. Para la selección del tornillo sin fin, se toman los datos de un tornillo para el proceso de la pulpa de café y se toman condiciones tales como:

- N=180, donde son las revoluciones del tornillo y están dadas en rpm.
- Paso=dext, donde es el paso del tornillo y está dado en mm.

Para la selección del diámetro exterior del tornillo se entra en la curva de diámetros de tornillos sin fin de acuerdo con la capacidad de producción que es de 0,83 Kg/min

Figura 42. Curva para la selección del diámetro externo



Fuente: CENICAFE. Transporte de la pulpa de café a los procesadores mediante tornillo sin fin. Juan Rodrigo Sanz Uribe.

Tabla 8. Selección de diámetro exterior del tornillo sin fin

Do [mm]	D [mm]	Dn [mm] (pul)
Do < 50,49	50,49	60 (2)
50,49 < Do < 72,19	72,19	82 (3)
72,19 < Do < 103,70	103,70	114 (4)
103,70 < Do < 156,04	156,04	168 (6)

Fuente: CENICAFE. Transporte de la pulpa de café a los procesadores mediante tornillo sin fin. Juan Rodrigo Sanz Uribe.

Se procede a calcular la velocidad del tornillo, la cual se encuentra con la siguiente expresión:

$$V = \frac{p \cdot n}{60}$$

P=0,06 “paso del tornillo, en m”

n=180 “revoluciones del giro del eje, en r.p.m.”

$$V = \frac{0,06 \cdot 180}{60} = 0,18 \text{ m/s}$$

Con la velocidad, se halla el área de relleno del transportador:

$$Q = 3600 \cdot S \cdot V \cdot \rho \cdot i$$

Donde,

Q= 0,044 “flujo del material transportado, en t/h”

V= 0,18 “es la velocidad de desplazamiento del material, en m/s”

ρ =0,72 “densidad del material, en t/m³”

i = 1 “coeficiente de disminución del flujo de materia”

$$0,044 \text{ [t/h]} = 3600 \cdot S \cdot 0,18 \text{ [m/s]} \cdot 0,72 \text{ [t/m}^3\text{]} \cdot 1$$

$$s = 0,000094 \text{ [m}^2\text{]}$$

El coeficiente de disminución del flujo de materia se extrajo de la tabla 9.

Tabla 9. Coeficiente de disminución del flujo de materia

Inclinación del canalón	0°	5°	10°	15°	20°
<i>i</i>	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Fuente: INGEMECANICA. Cálculos de transportadores de tornillo sin fin. En línea]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

Y finalmente se halla el diámetro del tornillo

$$S = \lambda * \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde,

S=0,000094 “área de relleno del transportador, m²”


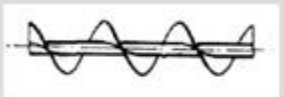
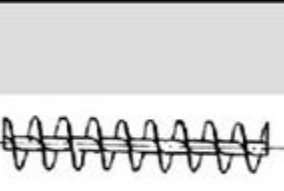
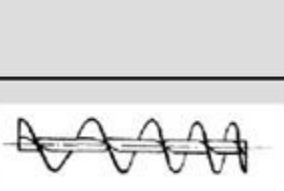
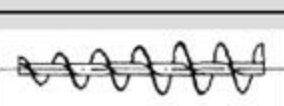
λ =0,125 “coeficiente del material de relleno”

$$0,000094[m^2] = 0,125 * \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = 0,03 [m]$$

El tipo de hélice se selecciona dependiendo del tipo de producto a transportar.

Tabla 10. Tipo de hélice

Tipo de Hélice	Tipo de Material para Transportar / Aplicación	Figura
Hélice continua, de paso igual al diámetro	Tipo de hélice normal para transporte	
Hélice de gran paso, de 1,5 a 2 veces el diámetro	Se utiliza para productos que fluyen muy bien	
Hélice de pequeño paso, normalmente la mitad del diámetro	Se utiliza en tornillos sin fin inclinados hasta unos 20-25°, o cuando se quiere un prolongado tiempo de permanencia del producto en el transportador con el objeto de enfriarlo, secarlo, etc.	
Hélice de paso variable	Utilizado para compresión de productos, como es el caso de las prensas de tornillo.	
Hélice de diámetro variable	Se utiliza como extractor dosificador de sólidos de tolvas.	


Fuente: INGEMECANICA. Cálculos de transportadores de tornillo sin fin. En línea]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

4.2.2 Tolvas. El material seleccionado para la fabricación de las tolvas será en acero inoxidable, la selección se puede ver en la imagen 32.

4.2.3 Tubo. Para la selección del tubo, se seleccionó del catálogo BONNET, tubos de acero inoxidable, donde se selecciona en la sección de tubo alimentaria DIN 11850 – EN 10357. La calidad es AISI 304 Mate y número de referencia 72601082, el cual tiene un diámetro externo de 70 mm, y un espesor de 1.5 mm, el cual es inferior al diámetro exterior del tornillo seleccionado de 60 mm.

Figura 43. Tubos de acero inoxidable.

Tubo alimentaria DIN 11850 - EN 10357
Calidad AISI 304 Mate y Brillo



	diámetro ext. mm	espesor mm	304 Mate
NW 32	35	1.5	72600970
NW 40	41	1.5	72601028
NW 50	52	1.5	72601072
	53	1.5	72601077
NW 65	70	1.5	72601082
NW 80	85	2.0	72601123
NW 100	104	2.0	72601135

Ref.

Fuente: BONNET. Catálogos de tubos inoxidables.

4.2.4 Motor. El motor para este tipo de sistemas de transporte se selecciona por medio de una tabla, donde se muestra las dimensiones generales del tornillo y el motor a ser utilizado dependiendo de las características del tornillo.

Tabla 11. Selección del motor sistema tornillo sin fin

Longitud efectiva [m]	Rango de Capacidad [kg/min]	Motor Recomendado [kW] (hp)	d Recomendado [mm] (pul)
2,00	< 30	0,30 (0,40)	26,67 (¾)
2,00	30-50	0,67 (0,90)	26,67 (¾)
2,50	< 20	0,30 (0,40)	26,67 (¾)
2,50	20-50	0,67 (0,90)	26,67 (¾)
3,00	< 20	0,30 (0,40)	26,67 (¾)
3,00	20-50	0,67 (0,90)	26,67 (¾)
3,50	< 10	0,30 (0,40)	26,67 (¾)
3,50	10-50	0,67 (0,90)	26,67 (¾)
4,00	< 10	0,30 (0,90)	33,40 (1)
4,00	10-50	0,67 (0,90)	33,40 (1)
4,50	< 10	0,30 (0,40)	42,16 (1¼)
4,50	10-50	0,67 (0,90)	42,16 (1¼)
5,00	< 10	0,30 (0,40)	42,16 (1¼)
5,00	10-50	0,67 (0,90)	42,16 (1¼)

Fuente: CENICAFE. Transporte de la pulpa de café a los procesadores mediante tornillo sin fin. Juan Rodrigo Sanz Uribe.

Se selecciona un motor del catálogo MBA BULNES, tipo de motor AL-71-4B con una potencia de 0,5 HP y con un par máximo de 2,2 N-m a 1500 RPM Y 4 polos

Para el motorreductor, se encuentra la relación entre RPM que ofrece el motor y las necesarias por el sistema, mediante la siguiente expresión:

$$i = \frac{1500 \text{ RPM}}{180 \text{ RPM}} = 8.33$$

Por esta relación se escoge un motorreductor SIEMENS de ejes coaxiales de referencia 2KJ1101-CG13-L1 , con potencia de 0,55 HP con índice de reducción de 9,61.

4.2.5 Rodamientos. El rodamiento se selecciona de acero inoxidable, sellado en las dos caras para evitar que el chocolate tenga contacto con el aceite del rodamiento, genere suciedad en el material y el rodamiento. Este está definido por el diámetro del eje del tornillo el cual es de 2 pulgadas.

Figura 44. Rodamiento tornillo sin fin

Rodamientos de una hilera de bolas de contacto radial

d	Referencias	D	B	10 ⁶ N	10 ⁶ N	r.p.m.*	r.p.m.*
17	6203	40	12	9,60	4,80	16000	19000
	6303	47	14	13,60	6,80	14000	17000
	6403	62	17	22,70	10,80	12000	14000
20	61804	32	7	2,95	1,87	19500	23500
	61904	37	9	6,40	3,70	17500	20500
	16004	42	8	6,80	4,10	17000	20000
	6004	42	12	9,40	5,00	16000	20000
	6204	47	14	12,80	6,70	13000	16000
	6304	52	15	15,90	7,90	12000	15000
25	6404	72	19	29,50	15,50	9600	12000
	61805	37	7	4,30	2,95	17000	20000
	61905	42	9	7,00	4,55	15000	18000
	16005	47	8	10,10	5,90	14000	17000
	6005	47	12	10,10	5,90	13000	17000
	6205	52	15	14,00	7,90	12000	14000
30	6305	62	17	22,40	11,50	10000	13000
	6405	80	21	36,00	19,30	8600	11000
	61806	42	7	4,55	3,40	14500	17500
	61906	47	9	7,20	4,35	13500	16000
	16006	55	9	11,20	7,40	11000	14000
	6006	55	13	13,20	8,30	11000	14000
6206	62	16	19,50	11,30	10000	12000	
6406	90	23	43,50	23,80	7600	9300	


Fuente: SNR. Catálogo de rodamientos.

4.3 SISTEMA DE TRANSPORTE POR BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

4.3.1 Tubería. Para este sistema de transporte se seleccionan tubos de acero inoxidable obtenidos del catálogo BONNET, tubos de acero inoxidable, en la sección de tubo alimentaria DIN 11850 – EN 10357. La calidad es AISI 304 Mate, el tubo ubicado en la succión tiene número de referencia 72601082, el cual tiene un diámetro externo de 70 mm, y el tubo ubicado en descarga tiene número de referencia 72601072 con un diámetro de 52 mm, los dos tiene espesor de 1.5mm.

Figura 45. Tubos de acero inoxidable

Tubo alimentaria DIN 11850 - EN 10357
Calidad AISI 304 Mate y Brillo



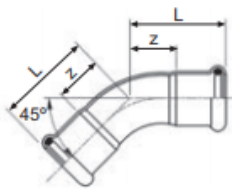
	diámetro ext. mm	espesor mm	304 Mate
NW 32	35	1.5	72600970
NW 40	41	1.5	72601028
NW 50	52	1.5	72601072
	55	1.5	72601077
NW 65	70	1.5	72601082
NW 80	85	2.0	72601123
NW 100	104	2.0	72601135


Ref.

Fuente: BONNET. Catálogos de tubos inoxidables.

4.3.2 Accesorios de presión. Para la unión de los tubos se seleccionan accesorios a presión de acero inoxidable AISI 316-L, en la parte de la succión y de la descarga van ubicado dos codos de 45 de código 20C45HH054 y un codo de 90 para la descarga de código 20C90HM076.

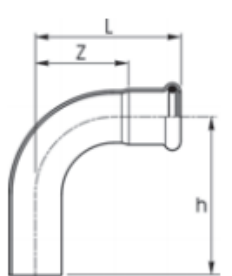
Figura 46. Accesorios de presión




Código	D mm	L mm	z mm		Unidades bolsa	Curva 45° HH
20C45HH015	15	36	15		20	
20C45HH018	18	37	16		20	
20C45HH022	22	41	20		20	
20C45HH028	28	47	24		10	
20C45HH035	35	54	45		10	
20C45HH042	42	75	58		2	
20C45HH054	54	91	56		2	
20C45HH076	76	114	59		2	
20C45HH088	88	129	69		2	
20C45HH108	108	159	84		2	

Fuente: SITASA. Catálogos de accesorios de presión.

Figura 47. Accesorios de presión a 90°



Código	D mm	L mm	z mm	h mm	Unidades bolsa	Curva 90° HM
20C90HM015	15	50	30	62	20	
20C90HM018	18	54	34	63	20	
20C90HM022	22	60	39	71	10	
20C90HM028	28	73	50	81	10	
20C90HM035	35	121	60	100	5	
20C90HM042	42	112	82	132	2	
20C90HM054	54	138	103	152	2	
20C90HM076	76	170	115	175	2	
20C90HM088	88	195	135	204	2	
20C90HM108	108	243	243	168	2	

Fuente: SITASA. Catálogos de accesorios de presión.

4.3.3 Bomba. Se escoge una boba de desplazamiento positivo de lóbulos para el sistema de bombeo de cacao líquido, se empieza por definir algunas propiedades generales para poder hacer la selección.

T=32°C	“Temperatura”
$\mu=574$ centipoises	“Viscosidad”
n=0.57	“Índice de comportamiento de flujo”
K=0574 Pas	“Índice de consistencia”
$\rho=1320$ kg/m ³	“Densidad del cacao líquido”

Se empieza definiendo el tipo de fluido calculando el número de Reynolds tanto para la succión como para la descarga.

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi * 0.0685^2}{4} = 0.0538 \text{ m}^2$$

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho * 3600} = \frac{40 \text{ kg/h}}{1320 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 3600} = 8.418 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s} = 0.133 \text{ gpm}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{8.418 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{0.0538 \text{ m}^2} = 1.565 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$Re = \frac{D^2 * V^{2-n} * \rho}{K * 8^{n-1} * \left(\frac{3n+1}{4n}\right)^n} = \frac{0.0685^2 * (1.565 \times 10^{-4})^{2-0.57} * 1320}{0.574 * 8^{0.57-1} * \left(\frac{3*0.57+1}{4*0.57}\right)^{0.57}}$$

$$Re = 0.003995 < 2100 \quad \text{flujo laminar}$$

Se pasa a calcular las pérdidas en el tramo de la succión

Teniendo el número de Reynolds se determinará el coeficiente de fricción para calcular las pérdidas por fricción

$$f = \frac{16}{Re} = \frac{16}{0.003995} = 4005$$

$$H_{psl} = \frac{4f * L * V^2}{D * 2g} = \frac{4 * 4005 * 1 * (1.565 \times 10^{-4})^2}{0.0685 * 2 * 9.81}$$

$$H_{psl} = 2.918 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Para calcular las pérdidas por accesorios se tiene en cuenta los codos en la línea de succión, en la figura 48 con el codo de 45 se toma la longitud equivalente.

$$H_{psa} = \frac{4f \cdot L_e \cdot V^2}{D \cdot 2g} = \frac{4 \cdot 4005 \cdot 1.219 \cdot (1.565 \times 10^{-4})^2}{0.0685 \cdot 2 \cdot 9.81}$$

$$H_{psa} = 3.557 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Codo de 45: cantidad=2

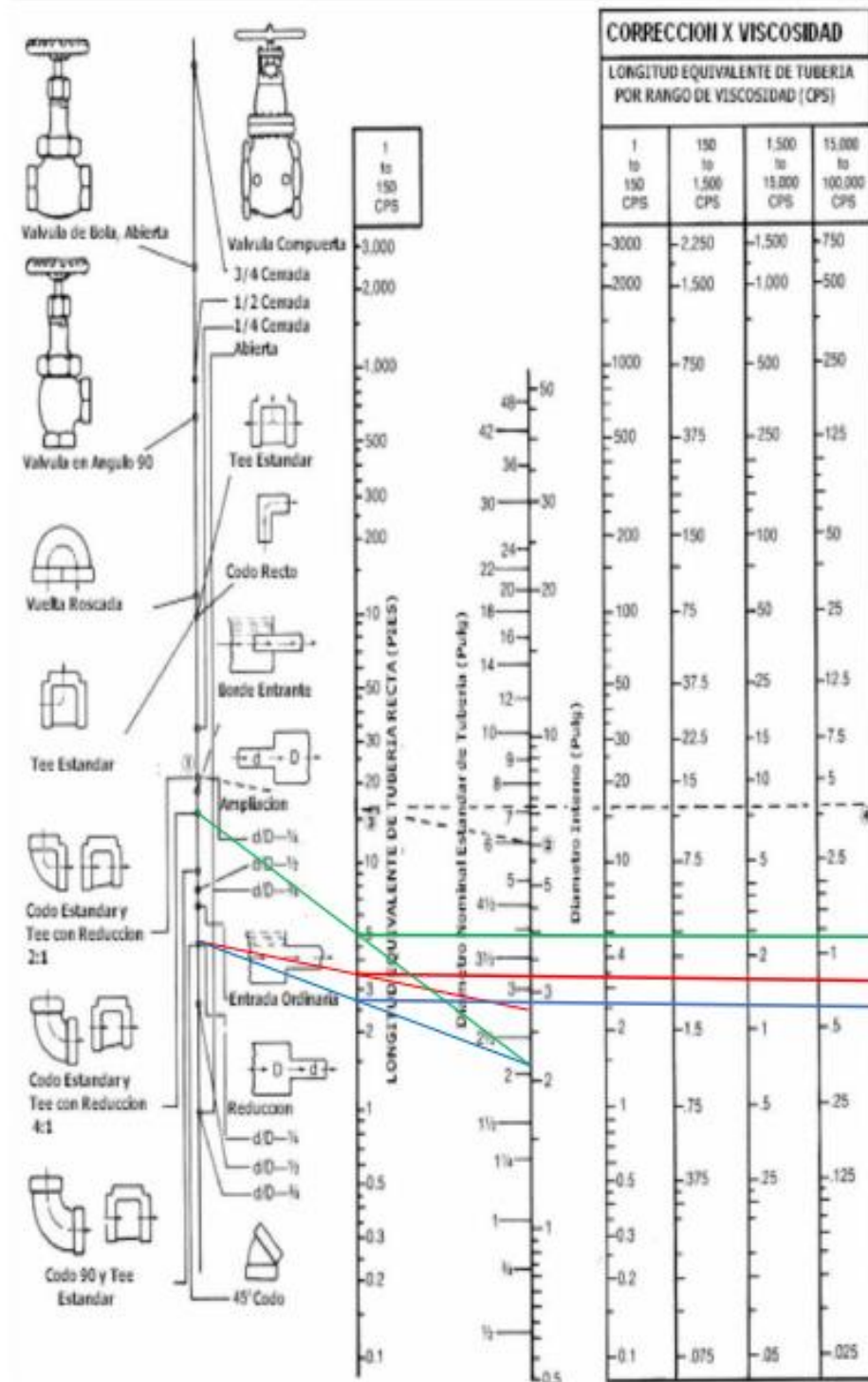
$$L_e = 2 \text{ ft} \cdot 2 = 4 \text{ ft} = 1.219 \quad \text{"longitud equivalente"}$$

Las pérdidas totales en la succión

$$H_{pts} = H_{psi} + H_{psa}$$

$$H_{pts} = 6.474 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Figura 48. Tabla de longitudes equivalentes de accesorios



Fuente: Transvase del chocolate en fase fluida viscosa no newtoniana cálculo del equipo de bombeo de una planta de chocolate. Arribasplata Wily Esquerre

Ahora se calculan las perdidas en la descarga

Perdidas por contracción

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{8.418 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}}{0.03966 \text{ m}^2} = 2.122 \times 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$H_{pdk} = \frac{K_f \cdot V^2}{2g} = \frac{93196 \cdot (2.122 \times 10^{-4})^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$H_{pdk} = 2.139 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Perdidas por fricción

$$H_{pdl} = \frac{4f \cdot L \cdot V^2}{D \cdot 2g} = \frac{4 \cdot 3081 \cdot 0.75 \cdot (2.122 \times 10^{-4})^2}{0.0505 \cdot 2 \cdot 9.81}$$

$$H_{pdl} = 4.202 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Perdidas por accesorios

$$H_{pda} = \frac{4f \cdot L_e \cdot V^2}{D \cdot 2g} = \frac{4 \cdot 3081 \cdot 2.011 \cdot (2.122 \times 10^{-4})^2}{0.0505 \cdot 2 \cdot 9.81}$$

$$H_{pda} = 0.001127 \text{ m}$$

Codo de 45: cantidad = 2

Codo de 90: cantidad = 1

$$L_e = 1.7 \text{ ft} \cdot 2 + 3.2 \cdot 1 = 6.6 \text{ ft} = 2.011 \text{ m} \quad \text{"longitud equivalente"}$$

Las pérdidas totales en la descarga

$$H_{ptd} = H_{pdk} + H_{pdl} + H_{pda}$$

$$H_{ptd} = 0.001761$$

Las pérdidas totales en el sistema

$$H_{pt} = H_{pts} + H_{ptd}$$

$$H_{pt} = 0.002408$$

Determinación de la altura de la bomba

$$H_{bomba} = \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{V^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + H_{pt}$$

$$H_{bomba} = \frac{100000}{1320 \cdot 9.81} + \frac{(2.122 \times 10^{-4})^2}{2 \cdot 9.81} + (0.45 - 0.707) + 0.002408$$

$$H_{bomba} = 7.468 \text{ m.c.l.} = 14 \text{ psi}$$

Tabla 12. Selección de bomba de lóbulos

Serie de bombas	Velocidad en rpm		Caudal en m ³ /h		Presión máx. en bar	Temperatura máx. en °C
	Min.	Max.	Min.	Max.		
BLUEline AN	1	800	0,03	35	8	hasta 200
BLUEline PL	1	700	0,05	150	12	hasta 200
BLUEline CL	1	600	0,16	185	12	hasta 200
BLUEline FL	1	600	0,34	410	12	hasta 200
BLUEline EL	1	600	0,62	1.110	10	hasta 200
BLUEline XL	1	600	1,1	1.600	10	hasta 200

Fuente: BORGER. Catálogos de bombas de lóbulos rotativas.

5. PROCESO DE AUTOMATIZACION.

5.1 SOFTWARE

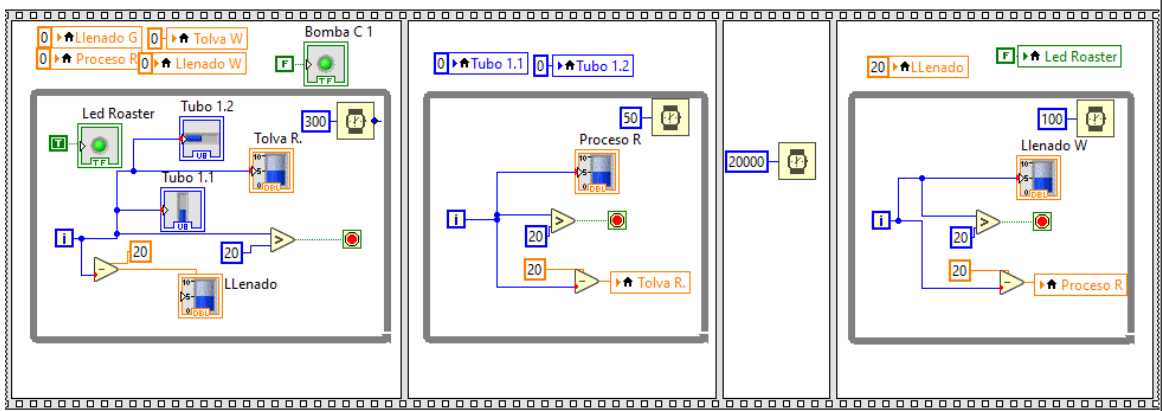
El software seleccionado para la programación y visualización de los sistemas de transporte del cacao es LabView de National Instruments ya que contiene un lenguaje intuitivo de programación gráfica, es una herramienta de alta productividad que permite la previa visualización de los procesos que se están programando.

5.2 PROGRAMACION

El proceso de automatización se divide en la conexión de cada subproceso o cada sistema de transporte utilizado en la conexión de las maquinas dispuestas en la distribución de planta, se hace un proceso con botones de inicio y fin, el botón de parada de emergencia se hace de manera manual en cada máquina con el fin de no detener los demás subprocesos que se encuentran en constante funcionamiento, se resuelve por medio de un sistema SCADA que muestra información real de cada variable durante el proceso con estructuras CASE ESTRUCTURAS que siguen un orden para la aplicación de cada controlador, para la estructura repetitiva se hace uso del ciclo WHILE LOOP.

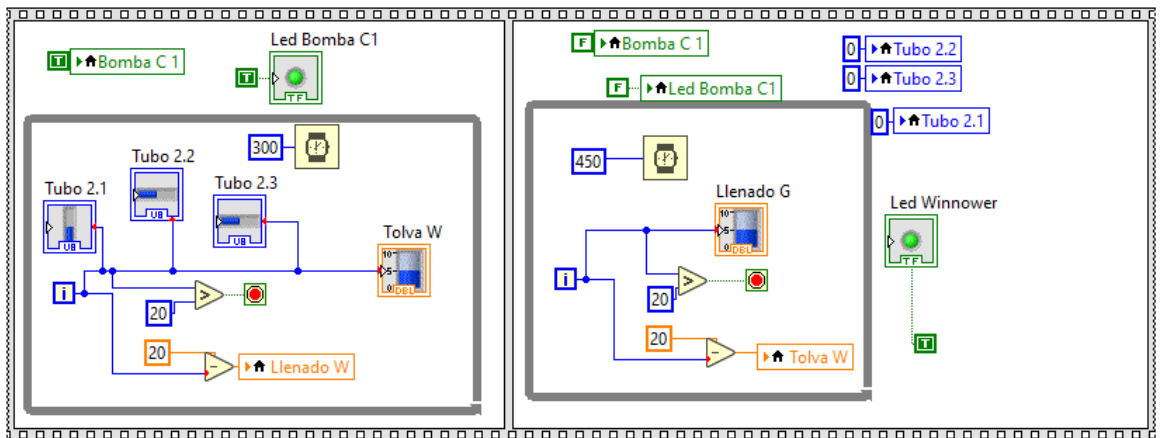
5.2.1 Sistema de transporte de arrastre tubular. Este sistema de transporte consta de un motor el cual se activa al tener contacto con el grano de cacao en la tolva de salida, tanto de tostado como de descascarillado, la automatización muestra el llenado y vaciado en cada máquina y la activación de los motores para el arrastre de la materia prima, cuanta con unos leds que permiten conocer si está en funcionamiento las maquinas encargadas de los subprocesos y/o los motores encargados del desplazamiento del material.

Figura 49. Control tostadora y sistema de arrastre tubular 1



Fuente: Autores

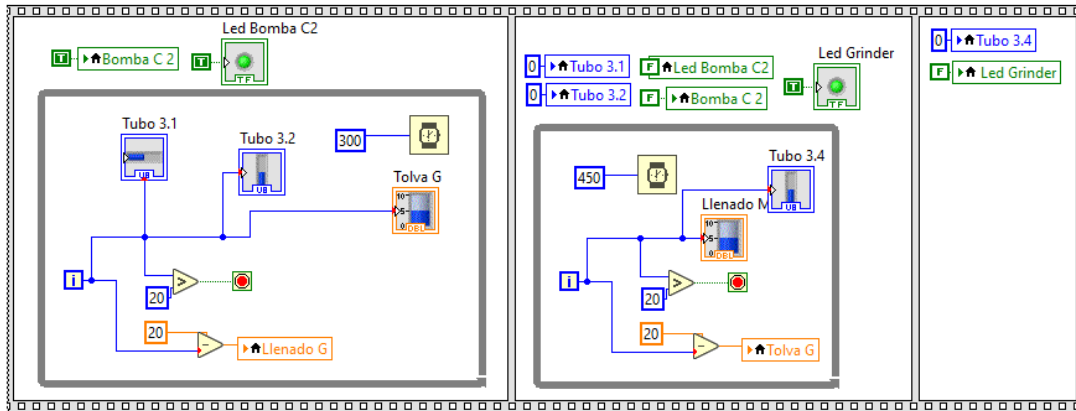
Figura 50. Control descascarilladora y sistema de arrastre tubular 2



Fuente: Autores

5.2.2 Sistema de transporte por tornillo sin fin. Al igual que el sistema de transporte anterior consta de un motor que es accionado para hacer girar el tornillo el cual es el encargado de hacer el desplazamiento del cacao en su fase viscosa. Se adicionan leds con el finde conocer el correcto funcionamiento del sistema de transporte o de la maquina encargada de hacer la molienda.

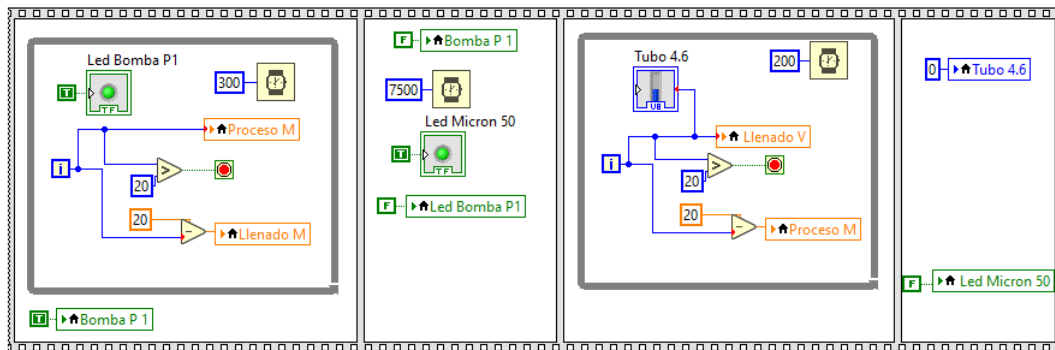
Figura 51. Control molino y sistema de transporte por tornillo sin fin



Fuente: Autores

5.2.3 Sistema de transporte por bomba de desplazamiento positivo. Para el control del sistema de transporte de la bomba, se controla el encendido y apagado de la bomba de lóbulos, la cual es la encargada de impulsar el caco en su fase fluida, al igual que los sistemas anteriores se controlan por medio de leds.

Figura 52. Control refinadora y sistema de transporte por bomba de lóbulos



Fuente: Autores

5.3 INTERFAZ GRAFICO

Se diseña un panel frontal que es el encargado de controlar y monitorear los diferentes subprocesos activos en la fabricación de chocolates finos y de aroma, en

este se puede observar los sistemas de transporte o las maquinas que están que se encuentran en funcionamiento, el operario puede controlar inicio y el final de la producción de chocolates. El operario debe oprimir con 150 min de anterioridad la parada del sistema para que todas las maquinas queden vacías al terminar las horas de operación de la planta.

Figura 53. Interfaz grafico



Fuente: Autores

6. ANALISIS DE COSTOS

Se hace una recopilación de todos los elementos a utilizar en los sistemas de transporte, en los anexos se podrá observar la evidencia de las cotizaciones.

Tabla 13. Costos de elementos

COSTOS			
ELEMENTOS	CANTIDAD	ESPECIFICACION	PRECIO
SISTEMAS DE ARRASTRE			
Cable	25	metro	313.450
Eslabones	128	unidad	768.000
Hélices	4	unidad	816.000
Motor	2	unidad	898.000
Motor reductor	1	unidad	2.006.000
Rodamientos	4	unidad	224.340
Tubo curvo	8	unidad	600.000
Tubo transparente	18	metro	226.619
SISTEMA POR TORNILLO			
Motor	1	unidad	580.000
Motor reductor	1	unidad	1.720.000
Rodamientos	2	unidad	199.826
Tornillo	1	unidad	2.500.000
SISTEMA POR BOMBA			
Bomba	1	unidad	3.300.000
Codos 45	4	unidad	360.000
Codos 90	1	unidad	90.000
ELEMENTOS EN COMUN			
Lamina calibre 10 1.2 x 2.4	4	unidad	1.120.000
Tubo inoxidable 70 mm	3	metro	120.000
Tubo inoxidable 52 mm	1	metro	34.000
TOTAL			15.876.235

Fuente: Autores

6.1 COSTOS DE OPERACIÓN

Para los costos de operación se calcula el consumo de energía de cada motor y motor reductor que se encuentran en los sistemas de transporte por arrastre y en el sistema de transporte por tornillo sin fin y el consumo de energía de la bomba ubicada en el sistema de transporte final.

Todo el sistema trabaja 8 horas/día y los sistemas de transporte trabajan 25 min por lote.

$$\text{Horas de trabajo en un mes} = 185 \frac{\text{Horas}}{\text{mes}}$$

$$\text{Horas de trabajo en un año} = 185 \frac{\text{Horas}}{\text{mes}} * 12 \text{ meses} = 2220 \frac{\text{Horas}}{\text{año}}$$

$$\text{Costo de energía} = 4 \text{ Hp} * 0,746 \frac{\text{kW}}{\text{Hp}} * 586,33 \frac{\text{pesos col}}{\text{kW-Horas}} = 1749.6 \frac{\text{pesos col}}{\text{Horas}}$$

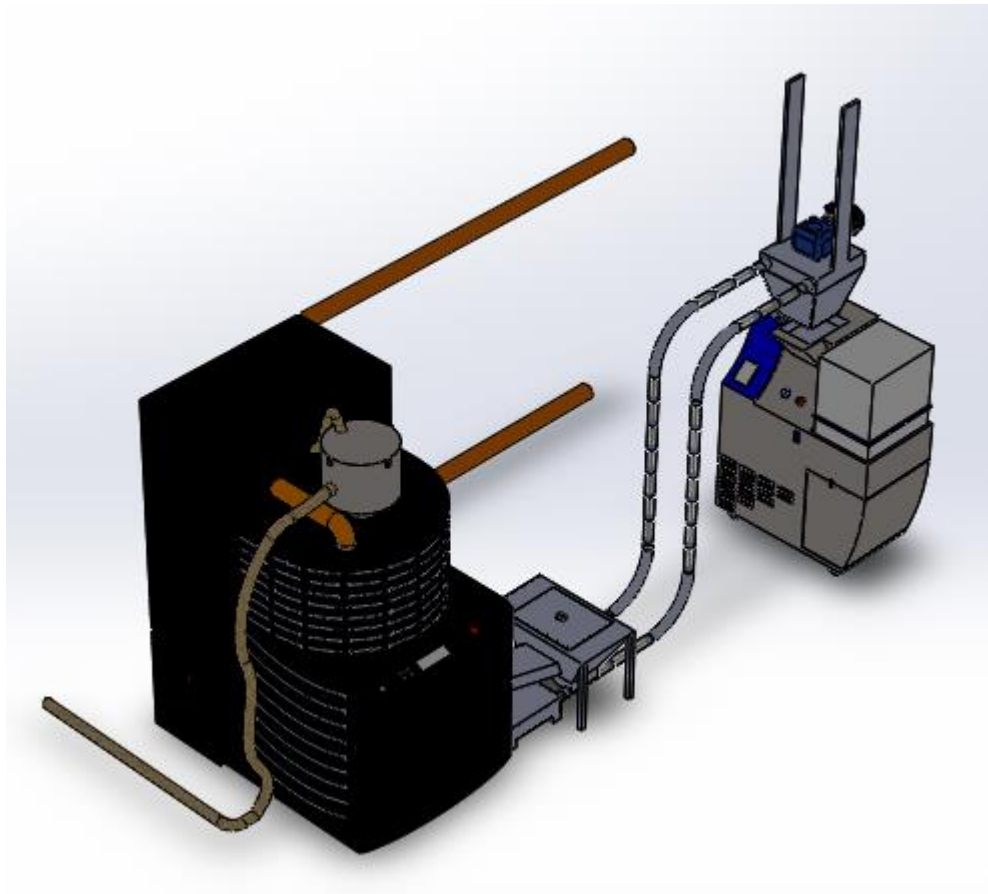
$$\text{Costo de energía anual} = 1749.6 \frac{\text{pesos col}}{\text{Horas}} * 2220 \frac{\text{Horas}}{\text{año}} = 3.884.112 \frac{\text{pesos col}}{\text{año}}$$

El sistema tendrá un costo elementos de **15.876.235** pesos, no incluye la instalación del sistema y un costo de operación de **3.884.112** pesos.

7. RESULTADOS

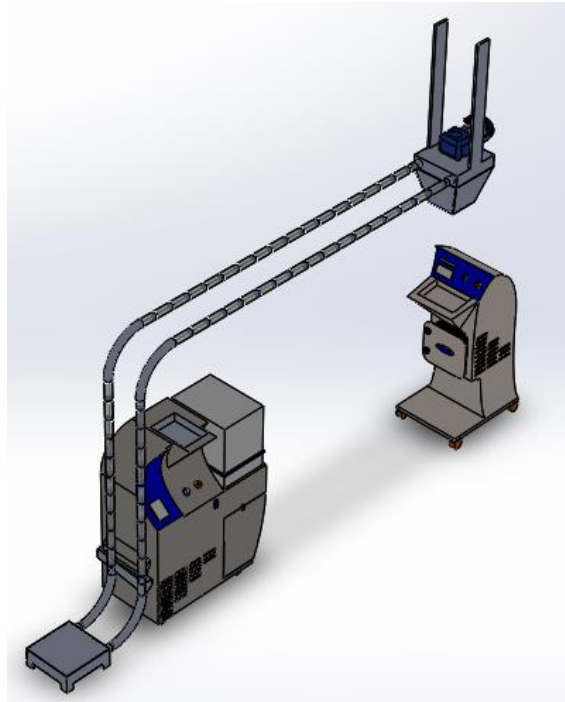
Se agregan los modelados de los sistemas de transporte y las máquinas de operación, los cuales se hicieron mediante el uso del software SolidWorks, con el fin de tener una visión cercana a la realidad de los diseños del sistema de transporte, se presenta la pantalla principal del proceso de automatización que contiene las visualizaciones de los sistemas de transporte y la interfaz principal.

Figura 54. Sistema de transporte arrastre tubular 1



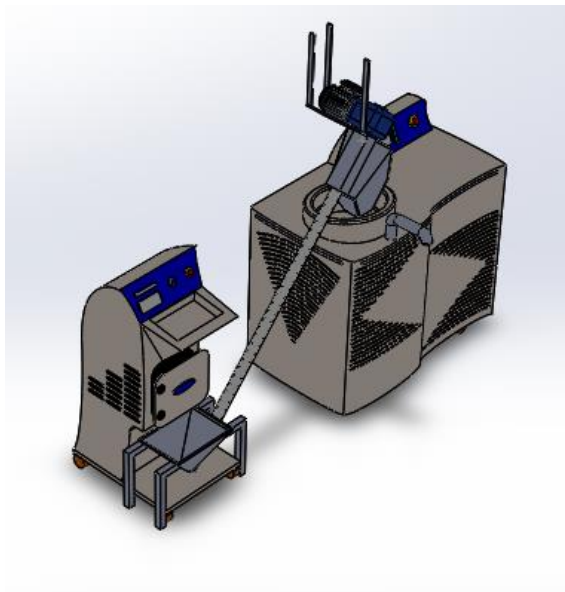
Fuente: Autores

Figura 55. Sistema de transporte arrastre tubular 2



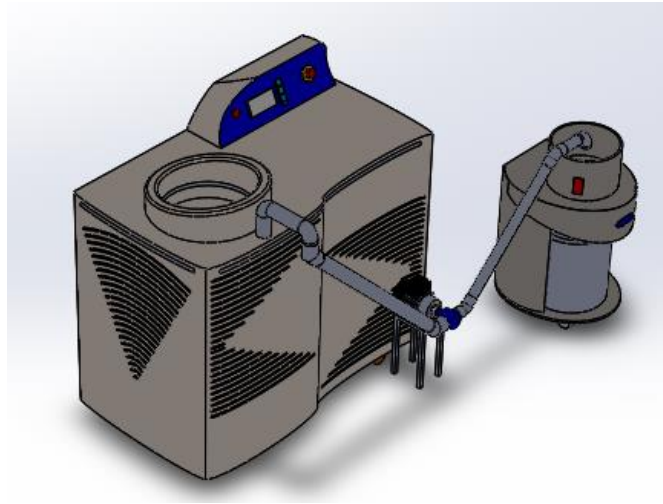
Fuente: Autores

Figura 56. Sistema de transporte por tornillo sin fin



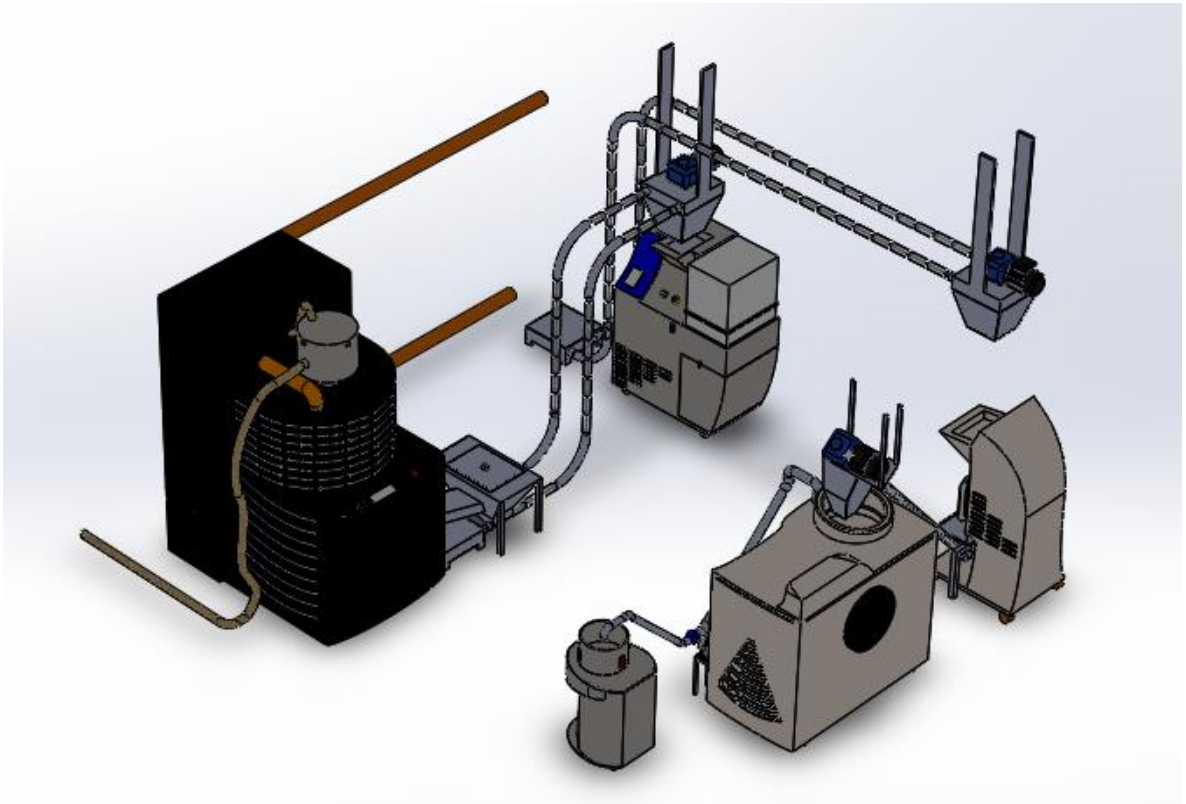
Fuente: Autores

Figura 57. Sistema de transporte por bomba de desplazamiento positivo



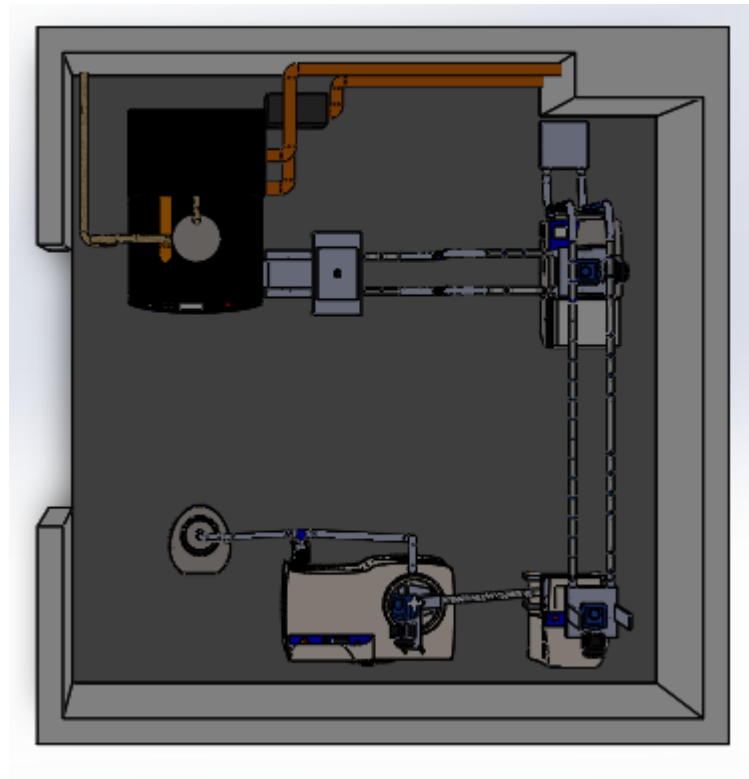
Fuente: Autores

Figura 58. Distribución de planta



Fuente: Autores

Figura 59. Distribución de planta vista superior



Fuente: Autores

Figura 60. Sistema de automatización



Fuente: Autores

8. CONCLUSIONES

1. Para el diseño de los sistemas de transporte se tuvo en cuenta la capacidad de producción de cada una de las maquinas en los distintos subprocesos para cumplir con la demanda de dos toneladas diarias de cacao para ser procesado y transformados en chocolates finos.
2. El diseño de los sistemas de transporte entre los distintos subprocesos reduce el tiempo de traslado del cacao entre las diferentes maquinas, el cual se hacía de forma manual por parte de operarios, garantizando un tiempo de 24 horas de operación para cumplir con la demanda de 2 toneladas diarias de chocolate.
3. Se diseñan los sistemas de transporte con la menor cantidad de contaminación auditiva con el fin de ser un sistema amigable con el medio ambiente y generando un mejor entorno de trabajo, el cacao es transportado de manera hermética evitando ser contaminado por impurezas propias del entorno.
4. El desarrollo de los sistemas de transporte se llevó a cabo por medio del software SolidWorks, el cual permite un mejor acercamiento visual a la realidad.
5. El análisis de costo de diseño de los sistemas de transporte para la fabricación de chocolates tiene un valor de 15.876.235 pesos en solo elementos de fabricación y un costo de operación de 3.884.112 pesos anuales.

6. Los diferentes accesorios seleccionados para el sistema de transporte cumplen con la reglamentación de la norma 683 del 2012 sobre los requisitos sanitarios para el manejo de alimentos. Los elementos de los sistemas de transporte son diseñados en acero inoxidable SAE 304, los rodamientos y demás elementos son aptos para el uso alimenticio para satisfacer la completa limpieza e higiene con el cacao hasta ser transformado en chocolate.
7. Los sistemas de transporte son diseñados en modulo, de manera que puedan ser ubicados de distintas formas dependiendo de las necesidades a la hora de establecer una distribución de planta.
8. Para la automatización del sistema de transporte se implementó el uso del software LabView el cual permite ver en tiempo real los procesos que se están ejecutando para la producción de chocolates finos.
9. El sistema de automatización empleado es amigable con el usuario, ya que cuenta con una interfaz de fácil control y manejo en los subprocesos que se están desarrollando y los sistemas de transporte, los cuales son controlados desde la interfaz.
10. Este proyecto se convierte en una opción de crecimiento en la fabricación de chocolates naturales, adaptándose a un entorno automatizado que se encarga de conectar cada uno de los subprocesos por los cuales pasa el cacao hasta ser transformado en chocolates finos. La implementación de este sistema mejorará los tiempos de producción reducirá los trabajos repetitivos a los que se expone el operario en el traslado del cacao en cada uno de los procesos.

9. RECOMENDACIONES

1. El sistema de transporte debe ser apagado desde la interfaz por parte del operario con un tiempo de 150 min antes de terminar las horas de operación de las maquinas, este tiempo es necesario para el correcto vaciado de las máquinas que aun transportan y procesan el cacao.
2. Al terminar los turnos de operación es necesario hacer limpieza de cada sistema de transporte, con el fin de evitar suciedad de partículas viejas en un nuevo lote de producción y aumentando el tiempo de vida de los materiales de los sistemas de transporte.
3. Los sistemas de arrastre tubular son modulares, por ende, se deben revisar periódicamente sus uniones para garantizar el correcto funcionamiento del sistema.
4. Los filtros de la maquina tostadora y descascarilladora deben ser vaciados por el operario encargado al finalizar el turno de operación, con el fin de garantizar el adecuado funcionamiento de estas máquinas.
5. Al igual que los sistemas de transporte las tolvas de alimentación y descarga en cada uno de los subprocessos deben ser limpiadas al terminar los ciclos de operación.

BIBLIOGRAFIA

ARRIBASPLATA, Wily Enrique. Tranvase del chocolate en fase fluida viscosa no newtoniana cálculo del equipo de bombeo de una planta de chocolate. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico de Fluidos. Lima: Universidad Nacional de San Marcos: Facultad de Ciencias Físicas, 2005. p. 5-53. [Recuperado 03 de octubre 2019] Disponible en: <file:///E:/PROYECTO/informacion/Transporte%20del%20cacao%20liquido.pdf>

BONNET. Catálogo de tubos de acero inoxidable. p.7. [Recuperado 12 de septiembre de 2020] Disponible en: <http://www.bonnet.es/Productos/Catalogos/Inoxidable/tubos.pdf>

BORGER. Catálogo de bombas de lóbulos. [Recuperado en 10 de septiembre de 2020] Disponible en: <https://www.tecnicafluidos.es/downloads/186/b18eussolucionesdebombeoparaaplicacionesindustriales1219-1.pdf>

BULNES MBA. Catálogo de motores. [Recuperado 24 de julio de 2020] Disponible en: <http://www.rodamientosbulnes.com/resources/catalogs/mba/bulnes-mba-motores.pdf>

CABLES ESTRUCTURALES. Catálogo de cordón rígido. p.2. [Recuperado 12 de julio de 2020] Disponible en: <https://www.cablesestructurales.com/wp-content/uploads/2015/01/Catalogo-%20Cables%20inoxidables.pdf>

CALCULO DE TRANSPORTADORES DE TORNILLO SIN FIN. Tutorial no. 143. [Recuperado 01 de julio 2020] Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>

DOMINGUEZ VIANA, Agustín Lino. Evaluación de los sistemas de transporte neumático del cacao en la empresa bolivariana de producción socialista “Cacao Odeři”. Trabajo de grado Máster en Electromecánica. Caracas: Instituto Superior Minero Metalúrgico: Facultad de Metalurgia Electromecánica., 2010. p. 5-57. [Recuperado 03 de octubre de 2019] Disponible en: <file:///E:/PROYECTO/informacion/Transporte%20del%20cacao%20solido.pdf>

ELEVADORES DE CANGILONES. Transportes. Universidad Carlos III de Madrid: Departamento de ingeniería Mecánica, 9p. [Recuperado 04 de marzo de 2020] Disponible en: http://ocw.uc3m.es/cursos-archivados/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/elevadores_cangilones.pdf

FINAGRO. INTELIGENCIA DE MERCADO: CACAO. En: Gestión julio, 2018, versión II, p.1-9 [Recuperado 16 de marzo de 2020] Disponible en: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/node/basic-page/files/ficha_cacao_version_ii.pdf

FLETES CAMACHO, Noe Guadalupe; PAREDES VASQUEZ, Cesar y VACA ROSAS, José. Diseño e implementación de un prototipo de automatización y control sustentable para invernadero. Diciembre, 2017. Revista de Prototipos Tecnológicos. Vol.3 no10. p. 1-10. [Recuperado 20 de agosto de 2020] Disponible en: http://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Prototipos_Tecnologicos/vol3num10/Revista_de_Prototipos_Tecnologicos_V3_N10_1.pdf

GARCES ROSERO, Alex Raúl. “Desarrollo de un sistema SCADA utilizando fluidsim, LabVIEW en los equipos del laboratorio de automatización y manipulación automática de la escuela de ingeniería de mantenimiento”. Trabajo de grado Ingeniero de Mantenimiento. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: Facultad de Mecánica: Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, 2014.

p. 19-109. [Recuperado 01 de octubre de 2020] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3692/1/25T00235.pdf>

GUERRERO, Dante, et al. Diseño de la línea de producción de chocolate orgánico. Piura: Universidad de Piura: Facultad de Ingeniería: Área Departamental de Ingeniería Industrial y de Sistemas, 2012. p. 7-83. [Recuperado 09 de abril 2020] Disponible en: http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/02/PYT_Informe_Final_CHOCOLATE_ORGANICOv1.pdf

GUERREO ALBAN, Banner Iván. "Diseño del sistema de esterilización experimental en la obtención de licor de cacao". Trabajo de grado Ingeniero de Alimentos. Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral: Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, 2006. p. 16-103. [Recuperado 16 de marzo de 2020] Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13588/3/TESIS.pdf>

GRINDER. Manual de molino

HAFELE. Catálogo de tubos de acero inoxidable. p. 12.45. [Recuperado 10 de junio de 2020] Disponible en: https://www.hafele.es/INTERSHOP/web/WFS/Hafele-HES-Site/es_ES/-/EUR/Static-View/pdfcatalog/es_ES/DGH-M2013/index.html?startpage=0.1#page_1.28
https://www.hafele.es/INTERSHOP/web/WFS/Hafele-HES-Site/es_ES/-/EUR/Static-View/pdfcatalog/es_ES/DGH-M2013/index.html?startpage=0.1#page_1.28

INTEGRINOX. Catálogo láminas de acero inoxidable. [Recuperado 20 de junio de 2020] Disponible en: <https://integrinox.com/CatalogoIntegrinox.pdf>

MICRON 50. Manual de refinador

MOTOX. Catálogo. [Recuperado 9 de agosto de 2020] Disponible en: [Motorreductoreshttp://www.rodamientos.com/catalogos/moto/sie01es.pdf](http://www.rodamientos.com/catalogos/moto/sie01es.pdf)

NUÑEZ SOLANO, Sergio Julio. Automatización de los procesos de secado y selección del cacao ecuatoriano conservando las características sensoriales y previniendo riesgos laborales. Trabajo de grado Doctor en Ingeniería Industrial. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos: Facultad de ingeniería industrial, 2017. 215 p. [Recuperado 10 de mayo de 2020] Disponible en: <https://industrial.unmsm.edu.pe/upg/archivos/TESIS2018/DOCTORADO/tesis9.pdf>

PLASTIMOTO. Catálogo hélices. [Recuperado 13 de mayo de 2020] Disponible en: <http://www.ciplastimotoeu.com/motores.html>

PRADO MOLINA, Andrea del Pilar; HERRERA VERGARA, Claudia Lisbeth y MANTILLA NUÑEZ, Lady Viviana. Estudio de prefactibilidad para el montaje de una fábrica de chocolate en el Municipio de Rivera, Huila. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2017. p. 17-64. [Recuperado 04 de febrero 2020] Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15463/1/Trabajo%20de%20Grado%20Final%20cacao.pdf>

RIVERA CEPEDA, Selena Brigitte. Propuesta de aplicación del mucilago de cacao para la elaboración de bebidas y postres mediante técnicas de vanguardia. Trabajo de grado Licenciada en Gastronomía y Servicio de Alimentos y Bebidas. Cuenca: Universidad de Cuenca: Facultad de Ciencias de la Hospitalidad: Carrera de Gastronomía, 2019. p. 17-64. [Recuperado 01 junio de 2020] Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33415/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>

ROASTER 120. Manual de tostadora

SANZ URIBE, Juan Rodríguez. Transporte de la pulpa de café a los procesadores mediante tornillo sinfín. Cenicafé. Avances Técnicos 226, 1996. ISSN-0120-0178. 8p. [Recuperado 08 junio de 2020] Disponible en: <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0226.pdf>

SERRANO GOMEZ, Carolina. Cacao Santander. Trabajo de grado Diseño Industrial. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana: Facultad de Arquitectura y Diseño, 2009. p. 12-32. [Recuperado 14 de julio de 2020] Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/4266/tesis164.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

SITASA. Catálogos accesorios de presión. [Recuperado 22 de agosto de 2020] Disponible en: http://www.catalogo.sitasa.com/familias/tuberia_accesorios/04_1.pdfv

SNR. Catalogo rodamientos. [Recuperado 12 de agosto de 2020] Disponible en: https://www.ntn-snr.com/sites/default/files/2017-05/snr_general_catalogue_es.pdf

TAPIAI CHICAIZA, Javier Mauricio y TUBON GUEVARA, Juan Paul. “Automatización de la central de generación cuyabeno de petroproducción mediante la implementación de un sistema SCADA”. Trabajo de grado Ingeniería en Electrónica y Control. Quito: Escuela Politécnica Nacional: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, 2009. p. 22-137. [Recuperado 09 de septiembre de 2020] Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1738/1/CD-2346.pdf>

TUVALREP. Catálogo tubería PVC. [Recuperado 20 de mayo de 2020] Disponible en: <https://tuvalrep.com.co/producto/tuberia-pvc-40-transparente-lasco/>

VERA TRIANA, Ángel Eloy. Diseño de un elevador móvil de cangilones para la conservación de la calidad del grano en las comercializadoras de maíz del cantón

el empalme. Trabajo de grado Ingeniero Industrial. Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo: Unidad de Estudios a Distancia: Modalidad Semipresencial, 2015. p. 19-115. [Recuperado 24 de febrero de 2020] Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3448/1/T-UTEQ-0040.pdf>

VIBRO. Manual

VILLACIS RAMON, Mayra Elizabeth y ORTIZ ALCOCER, Wilinton Bladimir. Diseño, construcción y pruebas de un equipo de desinfección y transporte para la planta piloto de procesamiento y beneficio de semillas de alfalfa y trébol. Trabajo de grado Ingeniero Mecánico. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo: Facultad de Mecánica: Escuela de Ingeniería Mecánica, 2013. p. 29-258. [Recuperado 20 de julio de 2020] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3091/1/15T00550.pdf>

WINNOWER. Manual descascarilladora

ANEXOS

ANEXO A

Number line/ Línea número	Motor type / Tipo de motor	Power/ Poten- cia nominal	Speed/ Velo- cidad (a carga nominal)	Noise/ Nivel sonoro	Efficiency/ Eficiencia (rendimiento)	Power factor/ Factor de potencia
		P/Pn [hp]/[Cv]	n/n _n [min-1]	LwA (dB)	η [%]	cos φ
17	AL-56-2B	0,17	2730	58	62	0,69
18	AL-63-2A	0,25	2710	61	63	0,75
19	AL-63-2B	0,33	2710	61	65	0,78
20	AL-71-2A	0,5	2730	64	70	0,79
21	AL-71-2B	0,75	2760	64	71	0,79
22	AL-80-2A	1	2770	67	73	0,84
23	AL-80-2B	1,5	2770	67	76,2	0,83
24	AL-90S-2	2	2840	72	78,5	0,84
25	AL-90-2	3	2840	72	81	0,85
26	AL-100L-2	4	2840	76	82,6	0,87
27	AL-112M-2	5,5	2880	77	84,2	0,87
28	AL-132S-2A	7,5	2920	80	86,7	0,88
29	AL-132S-2B	10	2900	80	87,2	0,91
30	AL-160M-2A	15	2930	86	88,8	0,9
31	AL-160M-2B	20	2940	86	89,4	0,91
32	AL-160L-2	25	2930	86	91,1	0,9
33	AL-180M-2	30	2950	89	90,5	0,92
34	AL-200L2A	40	2960	92	91,5	0,9
35	AL-200L2B	50	2955	92	92,2	0,92
36	AL-225M2	60	2960	92	92,5	0,91
37	AL-250M2	75	2965	93	93	0,9
38	AL-280S2	100	2975	94	93,9	0,91
39	AL-280M2	125	2960	94	94	0,91
40	AL-315S2	150	2975	96	93,8	0,92
41	AL-315M2A	180	2980	96	94,3	0,91
42	AL-315L12	220	2980	99	95	0,92
43	AL-315L22	270	2980	99	95,4	0,91
44	AL-355M2	340	2985	103	95,3	0,92
45	AL-355L2	430	2980	103	96,1	0,91

	Current (A)/ Amperios a carga completa			Start torque-rated torque/ Par arranque - par nominal	Start current-rated current/ Corriente arranque- corriente nominal	Max. torque/ Par máxima - Par nominal	Moment of inertia / Momento de inercia	Weight/ Peso (imb3)		
	[A]230 V	IIn	[A]400 V	[A]690 V	Ts/Tn	Is/In	Tmax/Tn	J	m	Kg
					[-]	[-]	[-]	[Kgm2]		
0,7		0,4	0,23	2,2		6	2,4	0,00013		3,2
0,95		0,55	0,32	2,2		6	2,4	0,00016		4
1,23		0,71	0,41	2,2		6	2,4	0,00018		4,4
1,67		0,97	0,56	2,2		6	2,4	0,00034		5,6
2,45		1,42	0,82	2,2		6	2,4	0,00042		6,1
3,06		1,77	1,02	2,2		6	2,4	0,0008		9,1
4,35		2,51	1,45	2,2		6	2,4	0,00097		10,2
5,76		3,28	1,9	2,2		6	2,4	0,0015		12
8		4,61	2,66	2,2		6	2,4	0,002		15
10,44		6,03	3,48	2,2		7	2,3	0,004		22,3
13,65		7,88	4,55	2,2		7,5	2,3	0,0071		26,7
17,9		10,6	6,1	2,6		7,4	4,3	0,0104		59
24,6		13,7	7,9	2		6,8	3,4	0,0121		62
35,2		20,3	11,7	2,1		7,2	3,1	0,037		107
46,1		27,1	15,6	2,7		8,2	3,8	0,0432		117
56,9		32,8	18,9	2,8		8,3	3,7	0,0525		134
68,5		39,9	23	2,8		7,7	3,5	0,071		169
92,4		54,1	31,2	2,6		7,8	3,5	0,119		220
111,5		63,8	36,8	2,7		7,7	3,5	0,133		239
135,3		77,8	44,9	2,6		7,9	3,6	0,221		297
164,2		95,4	55,1	2,3		7,8	3,5	0,305		377
223		127,9	73,8	2,4		7,2	3,4	0,584		510
263		151,9	87,7	2,4		7	3,2	0,665		540
322		187,7	108,4	1,7		5,9	2,9	1,13		920
385		221,6	127,9	1,7		5,9	3	1,75		970
459		265,4	153,2	2,2		6,9	3,3	2,01		1080
573		331	191,1	2,1		6,7	3,2	2,27		1170
714		411	237,3	2,2		7,8	3,7	3,296		1690
895		533	307,7	1,7		7,8	4,1	3,849		1850

ANEXO B

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ¹⁾ kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹						
0,55 (50 Hz) 0,66 (60 Hz)	D.48-LA71ZMP4							
	20	24	257	1,7	67,10 ★	2KJ1203 - ■CG13 - ■■G1		27
	22	26	234	1,9	61,14	2KJ1203 - ■CG13 - ■■F1		27
	27	32	192	2,3	50,00	2KJ1203 - ■CG13 - ■■D1		27
	Z.48-LA71ZMP4							
	27	32	197	1,5	51,28	2KJ1103 - ■CG13 - ■■A2		27
	D.38-LA71ZMP4							
	19,1	23	276	0,80	71,91 ★	2KJ1202 - ■CG13 - ■■J1		18
	21	25	248	0,89	64,58	2KJ1202 - ■CG13 - ■■H1		18
	24	29	224	0,98	58,30 ★	2KJ1202 - ■CG13 - ■■G1		18
	26	31	203	1,1	52,86	2KJ1202 - ■CG13 - ■■F1		18
	Z.38-LA71ZMP4							
	31	37	169	1,1	44,12 ★	2KJ1102 - ■CG13 - ■■A2		17
	35	42	150	1,4	39,24	2KJ1102 - ■CG13 - ■■X1		17
	40	48	131	1,7	34,04 ★	2KJ1102 - ■CG13 - ■■W1		17
	43	52	122	1,8	31,80	2KJ1102 - ■CG13 - ■■V1		17
	49	59	107	2,1	27,97 ★	2KJ1102 - ■CG13 - ■■U1		17
	56	67	94	2,3	24,50	2KJ1102 - ■CG13 - ■■T1		17
	63	76	83	2,6	21,67 ★	2KJ1102 - ■CG13 - ■■S1		17
	70	84	75	2,9	19,64	2KJ1102 - ■CG13 - ■■R1		17
	Z.28-LA71ZMP4							
	32	38	166	0,84	43,30 ★	2KJ1101 - ■CG13 - ■■B2		10
	36	43	147	0,95	38,45	2KJ1101 - ■CG13 - ■■A2		10
	41	49	129	1,1	33,71 ★	2KJ1101 - ■CG13 - ■■X1		10
	45	54	116	1,2	30,16	2KJ1101 - ■CG13 - ■■W1		10
	51	61	103	1,4	26,77 ★	2KJ1101 - ■CG13 - ■■V1		10
	58	70	90	1,6	23,46	2KJ1101 - ■CG13 - ■■U1		10
	66	79	79	1,8	20,63 ★	2KJ1101 - ■CG13 - ■■T1		10
	74	89	71	2,0	18,63	2KJ1101 - ■CG13 - ■■S1		10
	84	101	62	2,2	16,24 ★	2KJ1101 - ■CG13 - ■■R1		10
	94	113	56	2,5	14,58	2KJ1101 - ■CG13 - ■■Q1		10
	104	125	50	2,8	13,17 ★	2KJ1101 - ■CG13 - ■■P1		10
	Z.28-LA71ZMP4							
	115	138	46	3,1	11,94	2KJ1101 - ■CG13 - ■■N1		10
	126	151	42	3,4	10,87 ★	2KJ1101 - ■CG13 - ■■M1		10
	143	172	37	3,8	9,61	2KJ1101 - ■CG13 - ■■L1		10
	217	260	24	3,9	6,31 ★	2KJ1101 - ■CG13 - ■■G1		10
	240	288	22	4,2	5,72	2KJ1101 - ■CG13 - ■■F1		10
	263	316	20	4,6	5,21 ★	2KJ1101 - ■CG13 - ■■E1		10
	298	358	18	5,0	4,60	2KJ1101 - ■CG13 - ■■D1		10

Potencia P_{motor} kW	Velocidad de salida		Par de salida T_2 Nm	Factor de servicio f_s	Índice de reducción i_{tot}	Referencia	Código (n.º polos)	Peso ^{a)} kg
	n_2 (50 Hz) min ⁻¹	n_2 (60 Hz) min ⁻¹						
1,1 (50 Hz) 1,3 (60 Hz)	Z.48-LA90S4							
	34	41	306	1,5	41,26	2KJ1103 - ■EL13 - ■■W1		34
	38	46	275	1,6	37,06 ★	2KJ1103 - ■EL13 - ■■V1		34
	44	53	236	1,9	31,77	2KJ1103 - ■EL13 - ■■U1		34
	49	59	213	2,1	28,74 ★	2KJ1103 - ■EL13 - ■■T1		34
	53	64	197	2,3	26,53	2KJ1103 - ■EL13 - ■■S1		34
	61	73	171	2,6	23,07 ★	2KJ1103 - ■EL13 - ■■R1		34
	68	82	156	2,9	20,95	2KJ1103 - ■EL13 - ■■Q1		34
	74	89	142	3,2	19,13 ★	2KJ1103 - ■EL13 - ■■P1		34
	Z.38-LA90S4							
	42	50	253	0,87	34,04 ★	2KJ1102 - ■EL13 - ■■W1		24
	44	53	236	0,93	31,80	2KJ1102 - ■EL13 - ■■V1		24
	51	61	208	1,1	27,97 ★	2KJ1102 - ■EL13 - ■■U1		24
	58	70	182	1,2	24,50	2KJ1102 - ■EL13 - ■■T1		24
	65	78	161	1,4	21,67 ★	2KJ1102 - ■EL13 - ■■S1		24
	72	86	146	1,5	19,64	2KJ1102 - ■EL13 - ■■R1		24
	82	98	129	1,7	17,33 ★	2KJ1102 - ■EL13 - ■■Q1		24
	90	108	116	1,9	15,64	2KJ1102 - ■EL13 - ■■P1		24
	100	120	105	2,1	14,18 ★	2KJ1102 - ■EL13 - ■■N1		24
	110	132	96	2,3	12,92	2KJ1102 - ■EL13 - ■■M1		24
	120	144	88	2,5	11,82 ★	2KJ1102 - ■EL13 - ■■L1		24
	134	161	78	2,7	10,57	2KJ1102 - ■EL13 - ■■K1		24
	146	175	72	2,8	9,70 ★	2KJ1102 - ■EL13 - ■■J1		24
	162	194	65	3,0	8,75	2KJ1102 - ■EL13 - ■■H1		24
	188	226	56	3,4	7,52 ★	2KJ1102 - ■EL13 - ■■G1		24
	189	227	56	3,3	7,50 ★	2KJ1102 - ■EL13 - ■■F1		24
	211	253	50	3,6	6,71	2KJ1102 - ■EL13 - ■■D1		24
	230	276	46	3,7	6,16 ★	2KJ1102 - ■EL13 - ■■C1		24
	255	306	41	4,0	5,55	2KJ1102 - ■EL13 - ■■B1		24
	297	356	35	4,5	4,77 ★	2KJ1102 - ■EL13 - ■■A1		24

ANEXO C



Motor monofásico 1/2hp 3600rpm CHINO

Precio **\$299.000** incl. IVA

Especificaciones técnicas

Poencia	1/2 hp
Velocidad	3,600 rpm
Voltaje	110/220
Garantía	6 meses (No aplica para motor quemado)

1

AÑADIR AL CARRITO

Compartir



/2Motor eléctrico monofásico de 1/2 caballo a 3.600 revoluciones por minuto

Voltage: 110/220 Voltios

Frecuencia 60Hz

Carcaza; hierro fundido

Tamaño constructivo: 80

Diametro eje: 19mm

cuñero: 6mm

Bobinado: En cobre

ANEXO D

MOTORREDUCTOR NORD SINFÍN-CORONA UNIVERSAL SK 1SI 40-IEC 71L/4 HP:0.5 WEG W11 IE2 REL:30.00



Con envío Medellín, Bogotá y Cali para \$ 0

Precio de venta **\$ 1.337.799**

1

Descripción

Motorreductor Sinfín Corona NORD SK 1SI 40 IEC 71L/4 Potencia 0.5 Hp Rel 30:1 eje hueco de 18 mm de diámetro.

Modelo del Motorreductor:	SK 1SI 40 IEC 71 71L/4
Potencia del Motor:	0,5 Hp
Velocidad de Entrada / Salida:	1750 / 55 rpm
Relación de Reducción base:	30 X =30
Torque Nominal:	39,2 Nm
Factor de Servicio:	1,3 0
Eficiencia:	0,60 η
Fuerza Axial del Reductor:	2,8 KN
Fuerza Radial del Reductor:	1,2 KN

ANEXO E



Nuevo | 89 vendidos

**Motor De Induccion Elec-
trico Monofasico 1 Hp
1800rpm Nuevo**

★★★★★ 12 opiniones

\$ 380.000

36 cuotas de \$10.556



[Más información](#)

Envío gratis a nivel nacional

Conoce los tiempos y las formas de envío.

[Calcular cuándo llega](#)

Stock disponible

Cantidad: **1 unidad** ▾ (11 disponibles)

Descripción

MOTOR DE INDUCCION ELECTRICO MONOFASICO

110 Y 220 VOLTIOS MARCA POWER

ENVIO GRATIS A NIVEL NACIONAL

USO INTENSIVO Y CONTINUO TRABAJO INDUSTRIAL

NUEVO SELLADON EN CAJA GARANTIA DE UN AÑO

1HP A 1800RPM 60HTZ

GRADO DE PROTECCION IP54

PESO 14K

EFICIENCIA ENERGETICA 70%

FACTOR DE POTENCIA 0.91 COS

PUEDES VER MI REPUTACION Y COMENTARIOS DE MIS COMPRADORES PARA

TU TRANQUILIDAD Y CONFIANZA

ANEXO F



Motorreductor 1hp sinfín corona

Precio \$1.119.900 incl. IVA

Especificaciones técnicas

Fabricante	WEG o Chino
Motorreductor	Sinfín corona
Referencia	NMRV
Voltajes disponibles	1 fase 110 voltios - 2 fases 220 voltios - 3 fases 220 voltios
Potencia motor	1hp
Relaciones	7,5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60 y 100
Velocidades de salida	240, 180, 120, 90, 45, 36, 30 y 18 rpm respectivamente.
Caja reductora	Estructura aluminio
tamaño caja reductora	T50, T63, T75 y T90

ANEXO G



TUVALREP SAS
 Nit: 900.080.289-8
 Tel: 3713386
 Calle 13 No. 22-72
 Bogotá, Colombia
 www.tuvalrep.com.co

COTIZACION	
Número:	23411
Fecha:	02/04/2021
Página:	1 de 1

cliente:	CLIENTE TEMPORAL	Forma de pago	Fecha vcto
Contacto:	CLIENTE TEMPORAL	CTD CONTADO	02/04/2021
Nit o C.C.:	999999999	Vendedor	VEGA DUITAMA GINNA MARCELA
Dirección:	CL 13 22 72	DOcto Alt	Moneda
Ciudad:	BOGOTA D.C.		COP
Teléfono:	3713386		

Item	Descripcion	Bodega	U.M	Cantidad	Precio unit	Desc	Sub total
1070413	MT TUBO 2 PVC RDE 21	1002	MTS	18,00	\$15.114	30 %	\$190.436

OBSERVACIONES

--

Total bruto	Descuentos	Sub total	Vlr impuestos	Total
\$272.052	\$81.616	\$190.436	\$36.183	\$226.619

vegag

vegag

ELABORADO

APROBADO

RECIBIDO

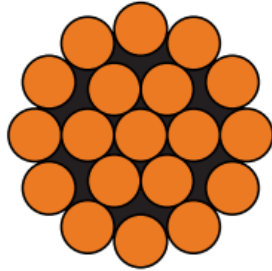
ANEXO H



cordón rígido				
1x19 - ACERO INOXIDABLE AISI316	Ø NOMINAL	Peso	Sección	Carga de Rotura
	mm	kg/m	mm ²	kN / kg
	1,00	0,005	0,60	0,82 / 84
	1,50	0,011	1,34	1,85 / 189
	2,00	0,020	2,40	2,94 / 300
	2,50	0,031	3,70	5,15 / 525
	3,00	0,045	5,30	7,42 / 756
	3,50	0,061	7,30	10,10 / 1030
	4,00	0,079	10,00	13,15 / 1340
	5,00	0,124	14,00	20,60 / 2100
	6,00	0,178	21,00	29,72 / 3030
	7,00	0,243	29,00	40,42 / 4120
	8,00	0,317	38,00	52,78 / 5380
	10,00	0,495	59,00	82,40 / 8400
	12,00	0,713	83,00	118,70 / 12100
	14,00	0,971	123,00	161,87 / 16500
	16,00	1,270	153,00	210,92 / 21500
	19,00	1,790	216,00	286,45 / 29200
	22,00	2,360	283,00	391,42 / 39900
	26,00	3,300	399,00	533,66 / 54400

1x19 - ACERO INOXIDABLE AISI316

- Resistencia 1570 N/mm²
- Módulo Elástico (E) 130000 N/mm²
- Acabado Pólido



- Estructurales
- Péndolas
- Jarcias Fijas
- Barandillas
- Tomas a tierra/red de tierra
- Línea de Vida
- Tirantes Marquesinas



Le puedo ofertar:

Cable acero inoxidable Aisi 316, diametro 8mm, compos 12538/m² a

Material es Stock

Saludos Cordiales

Rodrigo Fernández

Dpto Comercial

Cables Estructurales

Tif: 986 190 022 / 986 632508

Fax: 986 190 044

Movil: 672 497 684

Skipe: rodrigocables

Web: www.cablesestructurales.com

ANEXO I



Contáctenos PBX Bogotá (+57 1) 420 2511 | PBX Cali (+57 2) 524 6640

f in YouTube Acceder

LH Lugo Hermanos

Inicio Tienda Online Blog Industrial Lugo Hermanos ▾

Carrito de Compras Inicio > Carrito de Compras

Producto	Precio	Cantidad	Total
 x ROD.ACERO INOXIDABLE - W 6000-2RS1SKF	\$46.500	4	\$186.000
 x RODAMIENTO RIGIDO DE BOLAS 6406-A-C3FAG	\$82.700	2	\$165.400

Código de cupón Apply Coupon Update Cart



Cart Totals

Subtotal \$351.400

Envío

Envío a Bogotá: **\$6.000**

Envío Nacional, pago costo de envío Contraentrega: **\$0**

IVA \$66.766

Total **\$424.166**

Note: Shipping and taxes are estimated and will be updated during checkout based on your billing and shipping information.

ANEXO J

DIMAO IMPRESIÓN 3D

Calle 11 W # 60 bis - 64 - 102
Bucaramanga, Santander
NIT: 1101176480-5



COTIZACIÓN

Cliente: **NEXTCOA SAS**
NIT: 9012161850
Dirección: CASA 10 condominio hacienda
san miguel, Predicuesta
Santander
Teléfono: (7)6541433

Fecha 4 de febrero 2021

Total \$S1' 584.000

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
HÉLICE	4	\$204000	\$816.000
ESLABÓN	128	\$6000	\$768.000
		Subtotal	\$0
		IVA	N/A
		TOTAL	\$1' 584.000

Vigencia: 15 días

La pieza se imprimirá en material PLA Premium con una resolución de 0.2 mm por capa.

Tiempo de entrega: 3 días

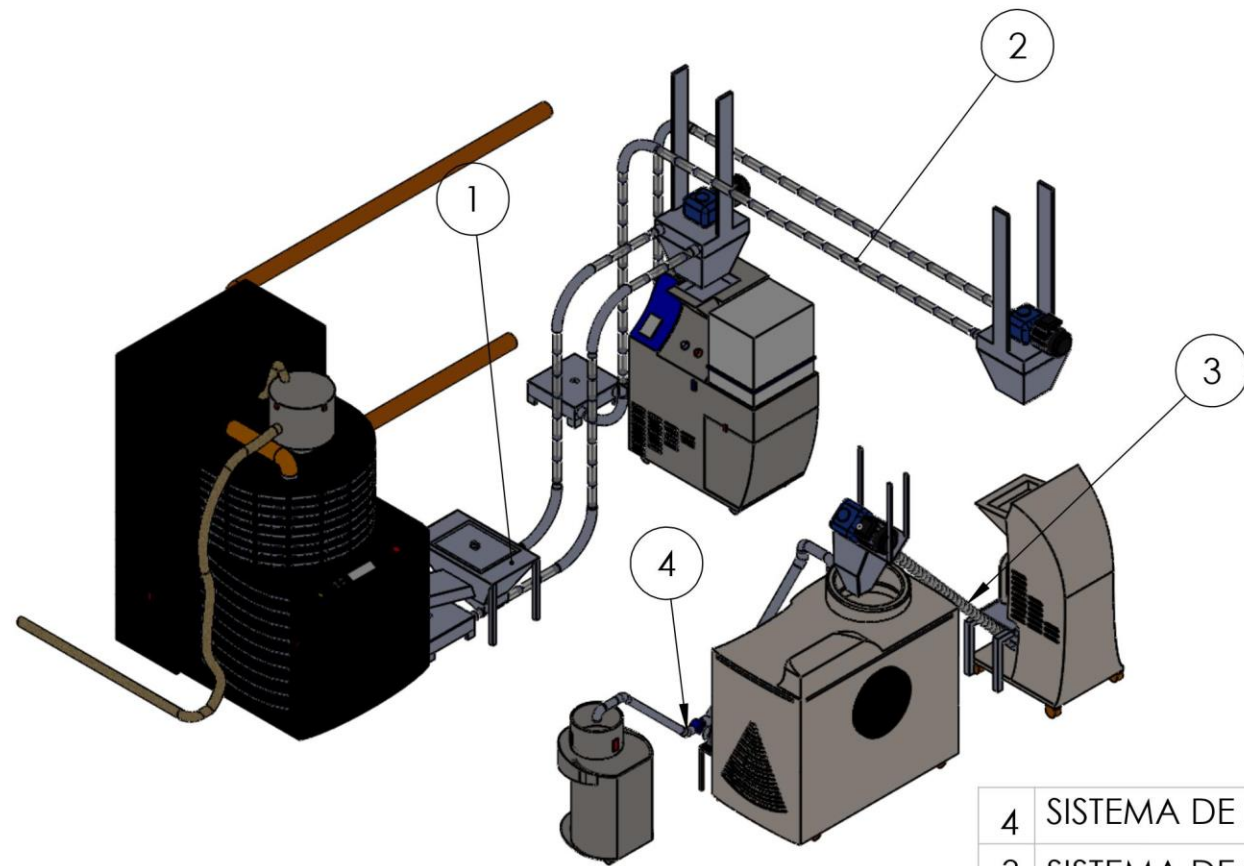
Forma de pago: En efectivo: Oficina carrera 11w 60 bis 64 - 102 Edificio Areos
Transferencia- Bancolombia: 780 902504 84 (Cta de ahorros)
Banco de Bogotá 590003703 (Cta de ahorros)

Calle 11 W # 60 bis - 64 - 102
Bucaramanga Santander
Teléfono: 315 7915523

Email: dimaoimpresion3d@gmail.com

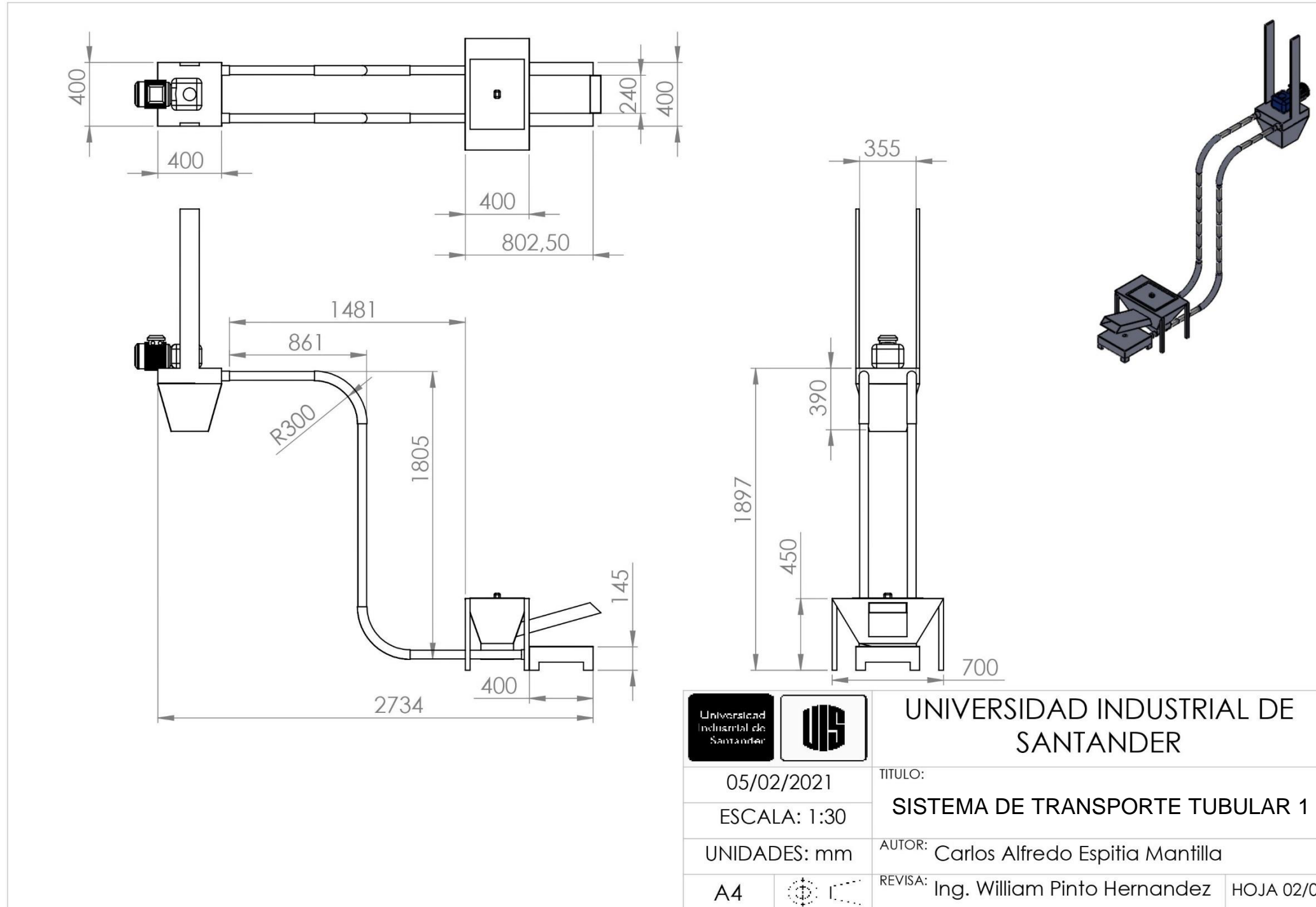
NIT: 1101176480-5

ANEXO K

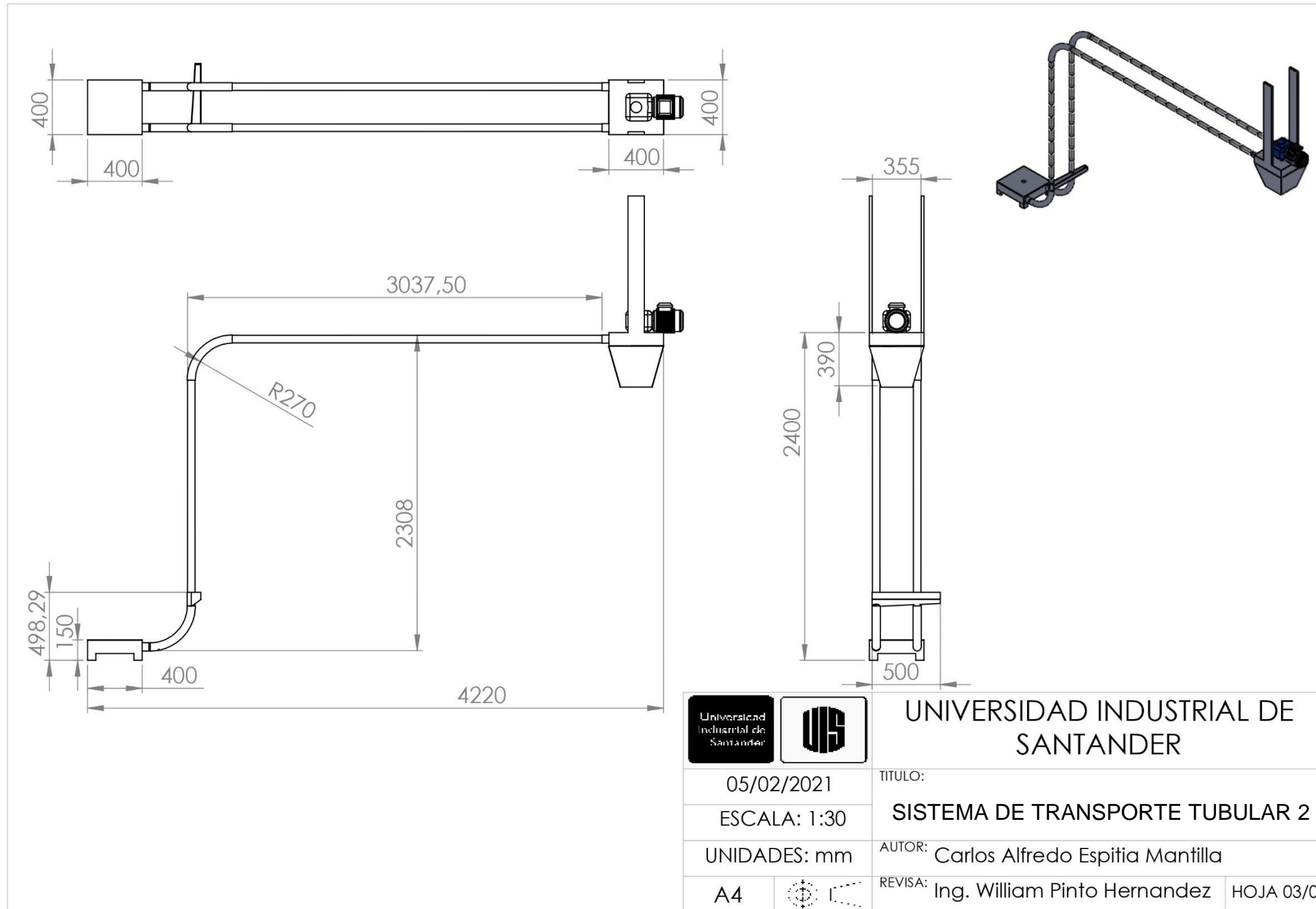


4	SISTEMA DE BOMBA DE LOBULOS	1	ACERO INOX
3	SISTEMA DE TORNILLO SIN FIN	1	ACERO INOX
2	SISTEMA DE ARRASTRE TUBULAR 2	1	ACERO INOX
1	SISTEMA DE ARRASTRE TUBULAR 1	1	ACERO INOX

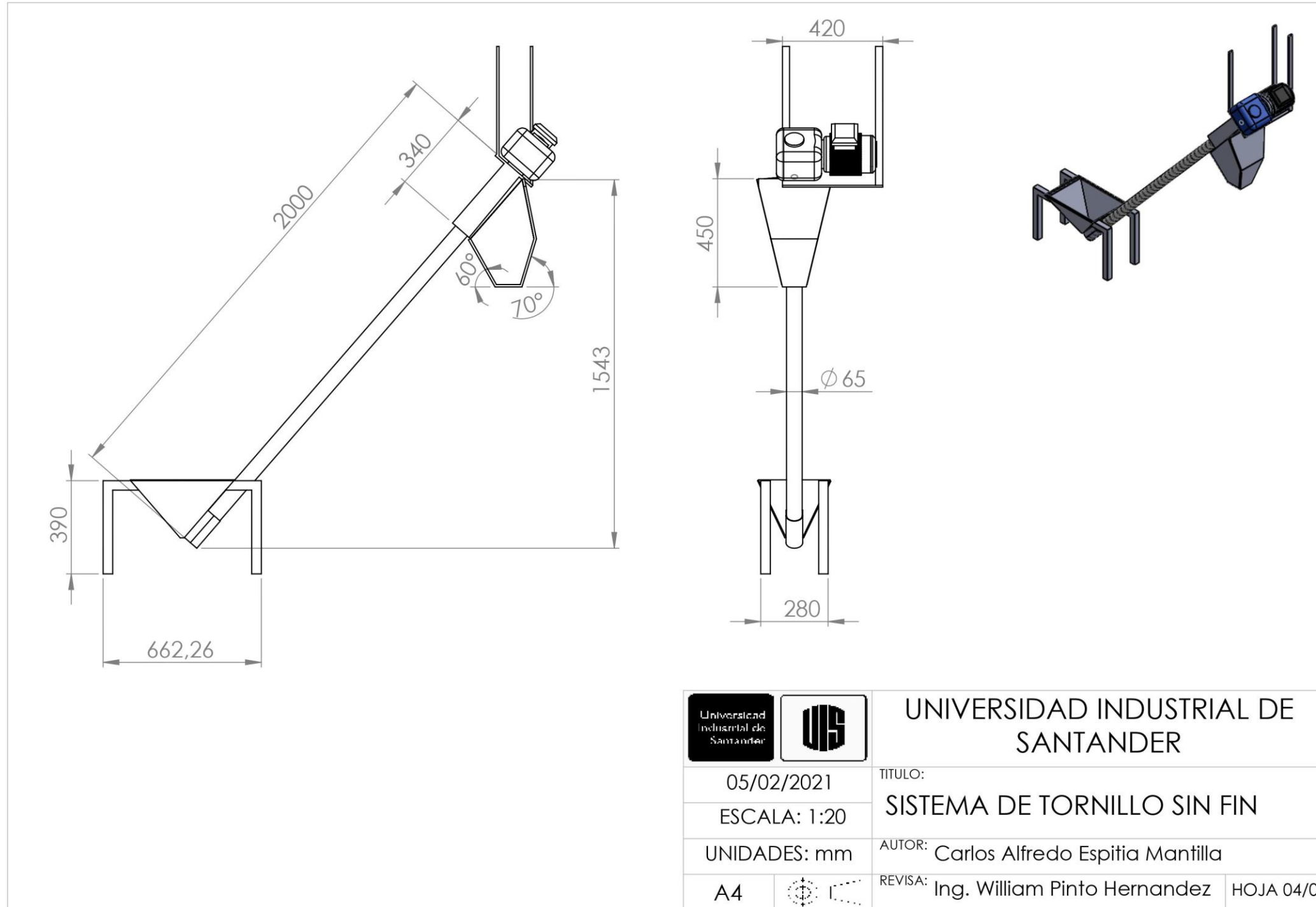
Nº	NOMBRE	CAN	MATERIAL
 		UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER	
05/02/2021	TITULO: Distribucion de planta		
ESCALA: 1:50	AUTOR: Carlos Alfredo Espitia Mantilla		
UNIDADES: mm	REVIS: Ing. William Pinto Hernandez		
A4		HOJA 01/05	



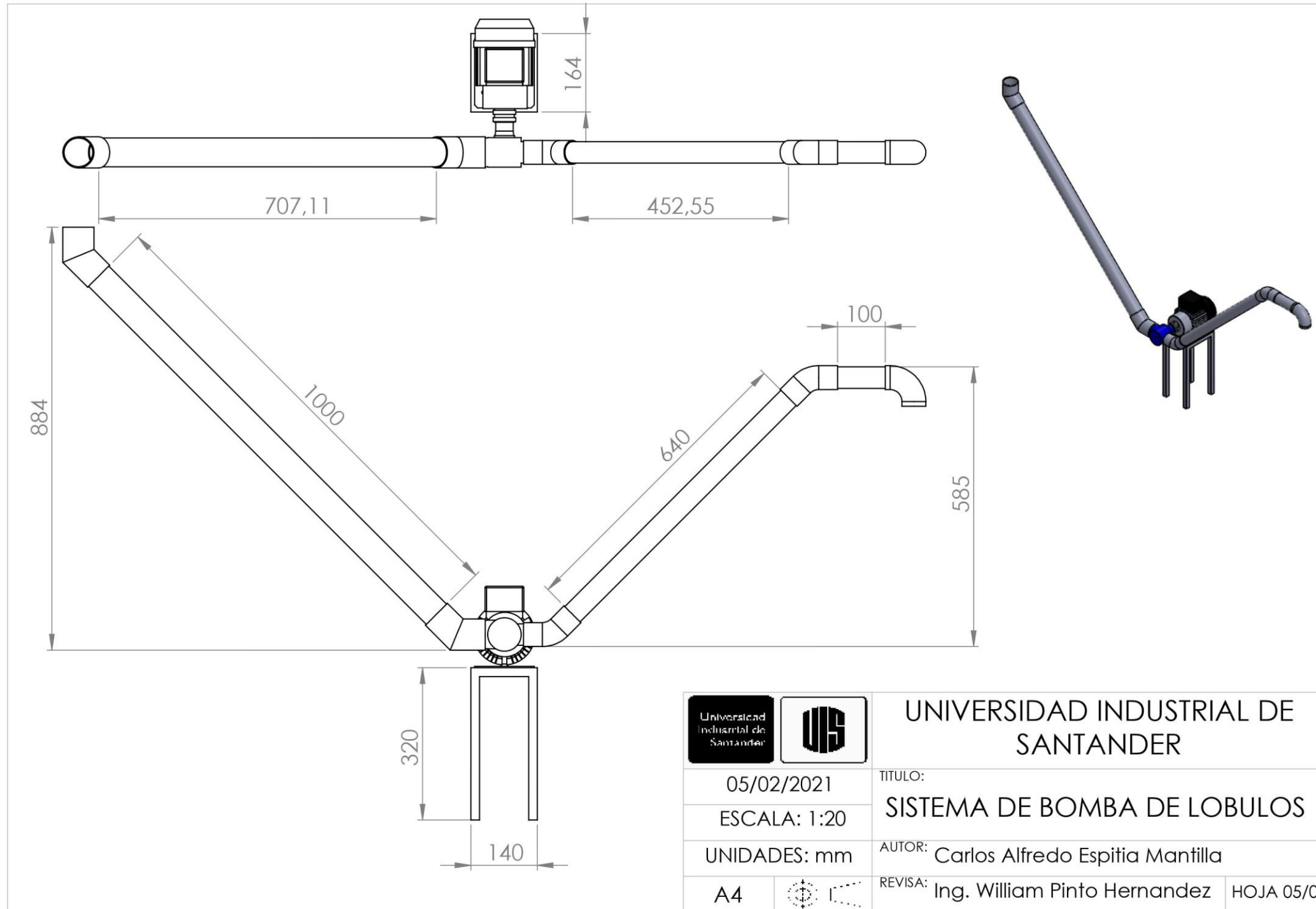
Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.



Producto SOLIDWORKS Educational. Solo para uso en la enseñanza.