

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Diseño de máquina transportadora de plátano para el proceso de lavado de racimos

Sergio Alejandro Mazo Flórez

Leonardo Pérez Gómez

Ingeniería Electromecánica

Director(es) Daniel Sanín Villa

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

13 de Julio de 2020

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RESUMEN

Este proyecto tiene como fin diseñar una maquina transportadora de plátano para realizar el proceso de lavado, transporte y selección en plantas procesadoras de este producto con fines de exportación nacional e internacional. Por lo cual, se plantea un sistema electromecánico que permita implementar una cadena de lavado más eficiente y segura para los operarios del proceso, donde se pueda lavar, transportar y seleccionar el plátano, puntualmente durante este proceso de cosecha. Inicialmente se realizó una investigación principalmente en bases de datos científicas, con el fin de recopilar la mayor cantidad de información para poder conocer a profundidad como se realiza este proceso en la actualidad. Posteriormente se realiza una matriz morfológica para la selección de las partes que debe llevar la máquina, teniendo en cuenta la eficiencia y la calidad.

Después de realizar la matriz morfológica y una matriz de evaluación se toma la decisión de optar por un sistema de transporta aéreo, basándose en un sistema de rieles, Trolley & cadena y motoreductor, esto permite automatizar el proceso, mejorar las condiciones de salud y seguridad de los operarios, además estandarizar el proceso, que en la actualidad es manual. Se realizan los cálculos de diseño, elaboración de planos del sistema, además del modelado tridimensional, donde se presenta la descripción grafica de los componentes de la máquina.

Palabras clave: Desmane, Trolley & cadena, motoreductor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

RECONOCIMIENTOS

Gracias a dios y a nuestras familias por acompañarnos en los momentos de dificultad, gracias a ellos por el acompañamiento y la fuerza que nos brindaron de manera incondicional en este proceso formativo.

Al Instituto Tecnológico Metropolitano por permitir desarrollar en cada uno de nosotros las habilidades, capacidades y formarnos integralmente durante estos años, junto con todos los profesores, profesionales con un gran conocimiento que nos acompañaron en el camino de formarnos como profesionales, a la empresa HWI (Haceb Whirlpool industrial) por abrir sus puertas tan amablemente y brindar asesoría.

Por último, a todos los compañeros que durante estos años fueron un apoyo fundamental, forjando un equipo de trabajo con un objetivo en común, lograr crecer profesionalmente.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ACRÓNIMOS

<i>cm</i>	=	centímetro
<i>g</i>	=	Gramo
<i>m/s</i>	=	Metros por segundo
<i>ft/min</i>	=	Pie por minuto
<i>lb</i>	=	libra
<i>W</i>	=	Watts
<i>Kg</i>	=	Kilogramo
<i>W</i>	=	Watt
<i>rev/s</i>	=	Revoluciones por segundo
<i>in</i>	=	pulgada
<i>lbm</i>	=	Libra masa
<i>N/A</i>	=	No Aplica
<i>hp</i>	=	Horse Power

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	- 7 -
Objetivo general	- 11 -
Objetivos específicos	- 11 -
Organización del trabajo	- 11 -
2. MARCO TEÓRICO	- 13 -
Conceptos generales.....	- 13 -
Variedades	- 15 -
Condiciones para el cultivo del plátano.....	- 15 -
Cultivo y siembra	- 16 -
Método de siembra en hilera o cuadrado	- 18 -
Método de siembra en triangulo o hexágono	- 19 -
Cosecha de plátano.....	- 20 -
Diseños actuales	- 30 -
3. METODOLOGÍA.....	- 31 -
Metodología Crazy 8's	- 32 -
Crazy 8's, compartir y votar	- 33 -
Metodología análisis Morfológico	- 35 -
Parámetros iniciales para diseño conceptual	- 36 -
Matriz Morfológica	- 36 -
Matriz de evaluación.	- 39 -
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	- 42 -
Parámetros de potencia, torque y velocidad angular	- 42 -
Medidas de los plátanos	- 43 -
Peso del gajo de plátano.....	- 44 -
Capacidad de gajos en el tanque	- 45 -
Peso de la carga	- 47 -
Calculo de potencia para el sistema	- 47 -
Selección del sistema de transporte.....	- 52 -
Bosquejo inicial.....	- 54 -
Selección del sistema transmisión.....	- 57 -

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Desarrollo de la trasmisión del motoreductor hasta la piño y cadena..... - 59 -

Engranaje cónico recto. - 59 -

Calculo del eje..... - 62 -

Selección del cuñero..... - 64 -

Calculo de la cadena y el piño para reducción de rpm hasta la necesitada por el sistema. . - 65 -

Sistema de selección después de lavado..... - 67 -

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO - 71 -

REFERENCIAS - 73 -

ANEXOS..... - 78 -

Anexo 1. Fórmulas para el diseño del engranaje cónico recto..... - 78 -

Anexo 2. Fórmulas para el cálculo del diseño de un eje..... - 80 -

Anexo 3. Fórmulas para el cálculo del sistema de piñón y cadena. - 84 -

Anexo 4. Planos eléctricos de arranque y control. - 87 -

Anexo 5 Cotizaciones..... - 88 -

Anexo 6 Planos finales..... - 91 -

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria bananera viene en un crecimiento de ventas del producto para exportación, según cifras del DANE durante el mes de mayo del presente año las exportaciones de este producto crecieron 36% sumando US\$124,4 millones, superior a los US\$91,5 millones que se habían registrado en igual lapso del 2018. Fue tal el incremento, que, de hecho, en el reporte de la entidad estadística se menciona una influencia importante en la comercialización de este bien al exterior, con respecto al total de las ventas de los productos agropecuarios.

El sector ha tenido una importante participación entre las ventas agrícolas colombianas en lo que va del 2019. Sus cifras se ubican solo por detrás de las del café y las flores, que incluso, no crecieron en porcentaje de ventas como el banano. (Portafolio, 2019)

Este buen balance del crecimiento de las exportaciones de banano hacia mercados de Europa Principalmente, sugiere una intervención a sus procesos de cosecha y producción, para de esa manera poder mantener, aumentar y abrir nuevos mercados que permitan el crecimiento y desarrollo de la industria bananera.

Además, en la actualidad se presenta una emergencia en varias fincas del norte de Colombia, más específicamente en la guajira, donde hay pruebas de la presencia de un hongo que afecta las plantaciones, llamado 'fusarium raza 4 tropical y conocido como marchitez de las plantaciones, aunque este hongo no representa una amenaza para la salud humana, la Asociación de Bananeros de Colombia (Augura) les pidió a los productores tener en cuenta las siguientes medidas: Realizar adecuaciones en infraestructura como puertas de acceso, paso nivel, zonas de recibo de visitantes alejadas de los cultivos, áreas de limpieza y desinfección del calzado, así como de vehículos; y exigir que los visitantes cumplan a cabalidad todas las medidas preventivas contenidas en los protocolos de bioseguridad. Así mismo, reiteró que los empleados y visitantes deben cumplir de manera estricta todas las medidas del protocolo de seguridad. (Portafolio, 2019)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Este panorama sobre el crecimiento de las exportaciones, pero sobre la posible amenaza de una propagación de este hongo que afecta las plantaciones de plátano, justifican la necesidad de mejorar los procesos de cosecha y producción y manufactura del producto, para poder garantizar la calidad del producto.

En la actualidad el proceso de transporte, limpieza y selección del plátano durante el desmane y empaque del mismo se realiza de la siguiente manera:

Desmane: después de que el garruchero lleva la línea cargada con racimos de plátano hasta la planta de empaque, inicialmente se realiza una calibración de plátano para empezar con el proceso de selección según el requerimiento del mercado en ese momento. Luego, se realizan cortes de los gajos de plátano que están unidos en la raíz o del vástago, como lo muestra la Figura 1.



Figura 1. Calibración de los racimos. Fuente: (Gaviria, 2008)

El calibre de los dedos de plátano permite seleccionar el producto, para cumplir los estándares del mercado, un dedo de plátano más pequeño no garantiza los estándares de calidad.

A nivel internacional se utiliza como medida un calibrador que esta graduado en (1/32 in), con este instrumento se puede calcular el diámetro de la fruta y dar las indicaciones sobre la cosecha. Este calibrador puede ser fijo o automático.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 2. Calibrador estándar para medición de dedos de plátano. Fuente: (Rodríguez, Asistencia técnica dirigida en cosecha y post cosecha de banano organico, 2012)

Lavado de la fruta: esta práctica consiste en colocar los plátanos en un tanque con agua y piedra lumbre, el objetivo es limpiar el látex que queda en la corona de los gajos previamente seleccionados en el desmane. En el tanque se recomienda una mezcla homogénea de 10% de piedra lumbre ya que, este látex generado por la corona del plátano produce manchas al producto. Cuando los frutos son manejados en unidades individuales es conveniente aplicar fungicidas para evitar hongos en la corona, para que el proceso quede completo los plátanos deben estar sumergidos 15 minutos aproximadamente, en la figura 3 se puede apreciar el proceso de lavado en los tanques, anteriormente mencionados.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 3. Tanques de lavado. *Fuente:* (Rodriguez, Asistencia tecnica dirigida en cosecha y post cosecha de banano organico, 2012)

Selección o clasificación: esta práctica es de gran importancia porque se debe seleccionar el plátano por su peso, tamaño, color y demás atributos pertinentes para la entrega del producto con la calidad pedida. Además, se debe cortar la corona del plátano de la misma manera cada vez, realizando cortes limpios, bien presentados y con la cantidad de plátanos pedidos por el cliente, no todos los mercados extranjeros o nacionales piden el producto con la misma cantidad de plátanos por gajo. En la figura 4 se puede apreciar la línea de operarios realizando su labor de corte de coronas y selección de plátano.



Figura 4. Selección del plátano. *Fuente:* (Gaviria, 2008)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Este proceso es clave para poder garantizar la calidad del producto, estándares del mercado, limpieza del plátano y productividad de la planta procesadora. Por tales motivos, resulta vital poder intervenir este proceso, mejorando las condiciones de trabajo de los operarios de selección, garantizando una manipulación y desinfección adecuada del producto y mejorando la productividad de la planta, por medio de una maquina aérea de transporte, lavado y selección de plátano.

Objetivo general

Diseñar una máquina para el transporte en los tanques de lavado y la selección por peso de la producción en una planta productora de bananos

Objetivos específicos

Diagnosticar el proceso actual de transporte, limpieza y selección de la producción e identificar fallas e inconvenientes en el proceso.

Proponer soluciones a los problemas identificados en el paso anterior y elaborar una matriz morfológica.

Seleccionar la mejor alternativa de solución, utilizando una matriz de evaluación.

Diseñar y seleccionar los elementos mecánicos, eléctricos y de control de la máquina, presupuesto del costo de la máquina y elaborar ficha técnica.

Realizar el manual proponiendo un plan de mantenimiento.

Organización del trabajo

El desarrollo del trabajo se comprende en cuatro capítulos:

Capítulo 1 – introducción

En este capítulo se aborda toda la introducción sobre el momento que vive la industria bananera en el país, su crecimiento y desafíos para poder seguir vigente en mercados internacionales, con el objetivo que el lector comprenda sobre la importancia y pertinencia de este desarrollo industrial, muestra los objetivos general y específicos con los que alcanza el desarrollo de trabajo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Capítulo 2 – marco teórico

En el segundo capítulo se expone de manera precisa la recopilación de los principales conceptos generales necesarios para el desarrollo del trabajo, actual proceso de cosecha y manufactura del producto, método de transporte, lavado y selección actual.

Capítulo 3 – metodología

En el tercer capítulo se presenta la metodología, donde se realiza un diseño conceptual, partiendo de una matriz morfológica que ayuda a realizar una selección de las partes principales de la máquina, además un matriz de evaluación con criterios de diseño importantes para el autor.

Capítulo 4 – resultados y discusión

El cuarto capítulo contiene los resultados y discusión, allí se definen los parámetros de operación, teniendo en cuenta los parámetros y dimensiones de una planta productora de platano, también los cálculos matemáticos para diseñar los componentes de la máquina, se presentan los planos o fichas técnicas necesarias para la fabricación de la máquina.

2. MARCO TEÓRICO

Conceptos generales

El plátano pertenece a la familia musácea y al género *Musa*, ver figura 5. Esta planta está conformada por las siguientes partes: Raíz, tallo, pseudotallo, yemas, hojas y racimos o inflorescencia.



Figura 5. Planta del plátano y sus partes. Fuente: (Grupo de investigación agrícola, 1999)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Raíz: es una de las partes más importantes, la raíz es su base o soporte. Además, es por donde se nutre la planta. La raíz varía su longitud dependiendo del suelo donde se planta, superando los 3 metros en suelos livianos y 2 metros en suelos pesados y arcillosos.

Tallo: corresponde a un órgano subterráneo, que puede ser de diversa forma y está compuesto por nudos cortos.

Pseudotallo: es la parte de la planta que soporta las hojas y racimo.

Yemas: son las partes de la planta que más adelante se convertirán en colinos, esta parte es fundamental cuidarla, pues de ella depende la vida útil de la plantación.

Hojas: es el órgano encargado de tomar la luz del sol y producir el alimento de la planta, bajo condiciones de la zona cafetera colombiana las hojas pueden salir entre 9 y 10 días, con un ciclo vegetativo de entre 36 y 46 hojas por planta y cada hoja tiene una duración de unos 115 días aproximadamente.

Racimo o inflorescencia: este órgano está conformado por los frutos y las bellotas, el desarrollo o llenado de los frutos se condiciona por la acumulación de pulpa en las paredes internas de la cascara, para que la floración se de en su máxima expresión demanda entre 3.5 y 4.5 meses. (Grupo de investigación agrícola, 1999)

El crecimiento y producción del cultivo de banano depende del desarrollo progresivo de las hojas, las cuales deben mantenerse funcionales desde la emisión floral y durante el desarrollo de los frutos. En la región de Urabá Colombia, durante la fase vegetativa, la planta generalmente emite entre 35 y 36 hojas, con una frecuencia de una hoja/semana en época de lluvias y entre 0,4 y 0,6 hoja/semana en condiciones de sequía. Esta tasa de producción de hojas le permite a la planta reemplazar las hojas que han cumplido su ciclo o que han sido afectadas por enfermedades tales como Sigatoka negra o por daños mecánicos. Tanto así, que en total, la planta puede producir de 30 a 50 o más hojas en el ciclo de cultivo, pero en un mismo tiempo sólo mantiene de 10 a 14 hojas fotosintéticamente activas. En la fase reproductiva se culmina la producción de hojas, lo que significa que el desarrollo y llenado de los frutos depende, principalmente, de la actividad de las hojas funcionales presentes con la aparición de la inflorescencia.

La región de Urabá es la zona de Colombia con los mayores volúmenes de exportación de banano. Sin embargo, aunque el área de cultivo se ha mantenido, a partir de 1995 la productividad ha decaído afectando así las exportaciones. Entre los factores relacionados con este fenómeno se puede contar con limitaciones nutricionales y edáficas, que asociadas a alteraciones climáticas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

desencadena desordenes fisiológicos, los cuales no han sido suficientemente investigados para tales cultivares y en especial para la región. (Martinez Acosta, 2011)

Variedades

Las variedades de plátano cultivadas en Colombia son: dominico-hartón, dominico, hartón, pelipita, morado, cachaco, popocho, pompo, maqueño, guineo y trucho (Universidad Nacional de Colombia, 2007). Este es un producto muy importante en la canasta de los alimentos que consumen los colombianos; en el IPC de los alimentos está ubicado en el grupo de los tubérculos, raíces y plátanos, donde tiene un peso del 33%.

A continuación se define una de las variedades más conocidas en el territorio colombiano y que son especies de plátano claves para el desarrollo del diseño:

Hartón: esta especie se cultiva en climas cálidos, desde el nivel del más hasta los 1000 msnm, el racimo tiene entre 25 y 30 frutos de gran tamaño. De la siembra a la cosecha toma unas 11 a 14 semanas su desarrollo completo.

Dominico hartón: tiene la facilidad de cultivarse en varios terrenos, desde los climas cálidos hasta los moderadamente fríos (1800 msnm), el racimo está conformado por 10 gajos y puede formar hasta 70 Plátanos aproximadamente. Con un periodo de siembra de hasta 17 meses. (Grupo de investigacion agricola, 1999)

Condiciones para el cultivo del plátano

Como primer paso para garantizar la calidad del producto, es importante realizar el proceso de cosecha en terrenos óptimos, estos terrenos deben contar con adecuadas condiciones de temperatura atmosférica, condiciones climáticas, humedad relativa y topografía. Por esa razón, se muestran dichas condiciones más beneficiosas:

Altitud: Es una condición que determina el periodo vegetativo del plátano de acuerdo con la variedad, adaptándose en un amplio rango que va desde los cero metros hasta los 2000 msnm

Temperatura: Es un factor que determina la frecuencia de emisión de las hojas y de ella depende que el periodo vegetativo de la planta sea más largo o más corto.

Precipitación: El cultivo del plátano requiere, para su normal desarrollo y buena producción, precipitaciones bien distribuidas durante el año.

Vientos: No se recomienda establecer el cultivo en zonas que presenten fuertes vientos, superiores a los 20kilómetros/hora, dado que causan daños en las hojas como doblamiento o rotura, afectando la producción.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Humedad relativa: La humedad relativa del ambiente debe ser adecuada (75-80 %), dado que condiciones de alta humedad podrían favorecer la presencia de enfermedades causadas por hongos. (DANE, 2014)

Luminosidad: Se debe contar con buena cantidad de luz día, para que las plantas se desarrollen adecuadamente (hojas, racimos, yemas o brotes laterales). En el caso contrario, la baja disponibilidad de luz retrasa la producción y afecta la calidad del fruto

Suelo: El plátano requiere de suelos con topografía ondulada a plana, profunda, bien drenada, fértil y con buena cantidad de materia orgánica. (DANE, 2014)

Cultivo y siembra

La calidad del plátano se consigue estableciendo condiciones óptimas de clima, suelo y realizando en forma correcta las labores propias del cultivo. Por ejemplo las zonas de los llanos orientales colombianos presentan condiciones óptimas para la producción de plátano, estas son:

- Altura: desde 300 hasta 50 msnm
- Temperatura: 22°C a 35 °C
- Precipitación pluvial: 2700 a 3000 mm anuales
- Brillo solar: 4 horas al día como mínimo
- Suelos: materia orgánica de 2% a 4%, fósforo de 5 a 150 partes por millón (ppm), entre otros. (Escalante & Romero V, 2004)

El plátano se propaga únicamente por medios asexuales, por tanto, se va a considerar “semillas” al material vegetativo a utilizar.

Lo más recomendable es que el agricultor seleccione el material de siembra o “semilla” a partir de plantas madre vigorosas, sin signos visuales de ataques de plagas y enfermedades, realizando limpieza y desinfección del mismo. Los hijos seleccionados deben ser tipo espada, evitando el uso de aquellos catalogados como orejones o de agua, debido que han perdido su vitalidad por distintas razones como desbalance nutricional, estrés hídrico, entre otros. (Agrocalidad , 2016)

Se puede utilizar cormos (cepas) de plantas cosechadas, pero es el sistema menos adecuado.

Hijos de espada, el sistema más adecuado prefiriendo sean de un metro mínimo de altura, como se muestra en las figuras 6 y 7.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 6. Hijo de espada de planta de platano.

Fuente: (Mendez Hernandez & Rodriguez Serrano, 2016)



Figura 7. Cormos o cepas de planta joven.

Fuente: (Food and agriculture organization of the united nations, 2014)

Para la preparación del cultivo los hoyos en la siembra deben ser de 30 cm de profundidad, 30 cm de ancho y 30 cm de largo, dejar el suelo suelto en el fondo del hueco, la siembra debe realizarse con tierra y materia orgánica, apisonando bien la tierra para evitar acumulación de agua y pudrición. Se siembra en bolsas plásticas previamente preparadas en hileras dobles, separadas entre sí 40 cm y protegidas. Las labores fundamentales realizadas en este proceso son el riego permanente y una fertilización apropiada. (Agaton & Mejia Gutierrez, 2002)

Método de siembra en hilera o cuadrado

Como planificación de la siembra, se han desarrollado diferentes métodos de siembra de alta densidad y baja densidad, eso partiendo de la cantidad de producto que se necesita y también de la calidad, ver figuras 8 y 9.

La fórmula que se emplea para determinar la distancia entre las plantas es la siguiente:

$$D = \frac{A}{D_p * D_h}$$

D = densidad

A = area

D_p = distancia entre plantas

D_h = distancia entre hileras

Por consiguiente, para una densidad de 1.450 plantas por hectárea en el sistema en hilera sencilla, la distancia de siembra es de 2.29 metros entre plantas y 3 metros entre hileras; para la densidad de 1.550 plantas por hectárea la distancia fue de 2.15 m x 3m; finalmente para la densidad de 1.650 plantas por hectárea, se obtuvo una distancia de 2.02 m x 3 m. (Agrocalidad , 2016)

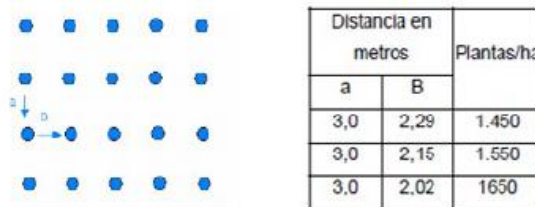


Figura 8. Sistema de siembra en hilera o cuadrante. Fuente: (Agrocalidad , 2016)

Método de siembra en triángulo o hexágono

La fórmula para determinar la distancia entre plantas utilizando este método es la siguiente:

$$D = \frac{A}{d^2} * 1.154$$

D = densidad

A = area

d = distancia entre plantas

Las plantas en el sistema de siembra en triángulo para la densidad de 1450 plantas por hectárea a 2,82 metros; para la densidad de 1550 plantas por hectárea a 2.73 metros y para la densidad de 1650 plantas por hectárea a 2.64 metros. (Agrocalidad , 2016)

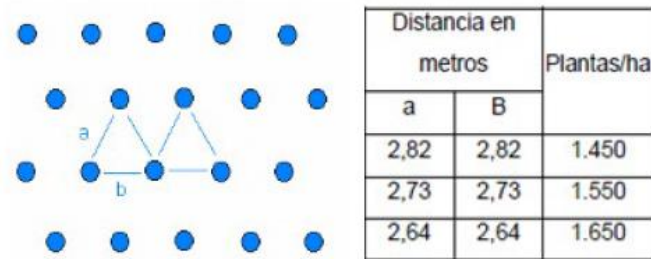


Figura 9. Sistema de siembra en triángulo o hexágono. Fuente: (Agrocalidad , 2016)

Posterior a este método de siembra, vienen diferentes procesos de conservación del cultivo, durante el crecimiento de la especie, con el objetivo de evitar plagas en el sembrado, maleza, y enfermedades, En la figura 10. Se puede ver un diagrama de flujo completo donde clarifica todos

los procesos que se realizan durante el cultivo, cosecha y manejo poscosecha del producto, para poder entregar al cliente final.

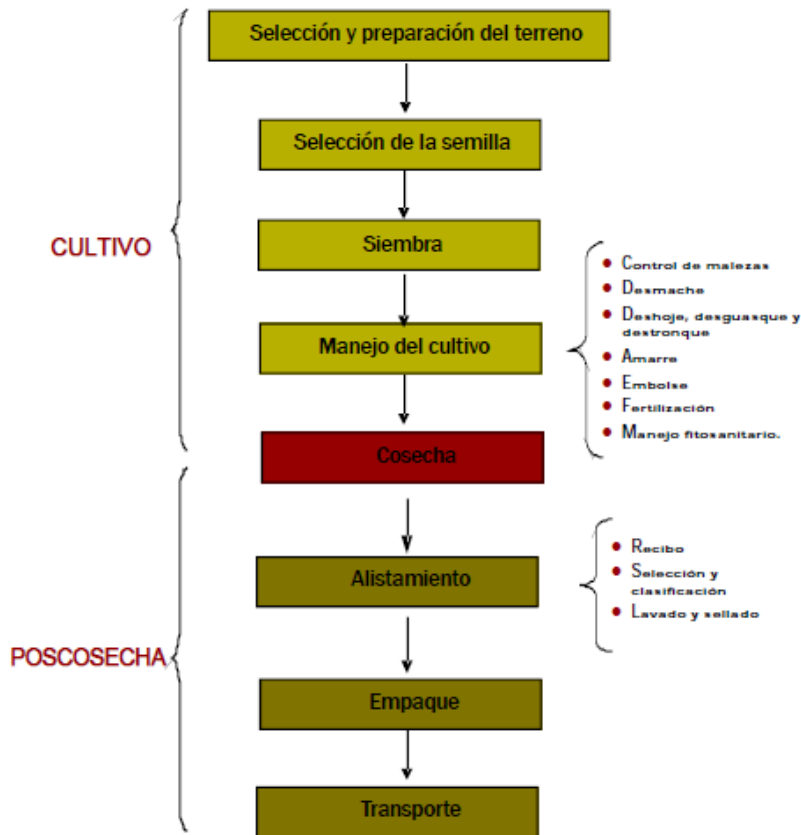


Figura 10. Diagrama de flujo en la cadena de plátano. Fuente: (Augura - PNUMA, 2009)

Cosecha de plátano

En la cosecha se recolecta el fruto del esfuerzo acumulado durante varios meses; por lo tanto, debe hacerse cuidadosamente porque de ella depende la rentabilidad del negocio. Las operaciones durante la cosecha comprenden todas las actividades que se deben realizar desde días antes del corte del racimo, su recolección y transporte al lugar de empaque.

Es muy importante tener en cuenta las índices de cosecha, pues son aquellos que, le dicen al agricultor de acuerdo con la demanda del producto y según el mercado, cuales racimos están listos para recolectar. (Escalante & Romero V, 2004)

Encinte o identificación: Es una práctica que sirve para conocer la edad de la fruta y así poder establecer, el número de plantas que pueden o deben ser cosechadas en un momento determinado. La identificación se realiza utilizando cintas plásticas de diferentes colores, cada uno de los cuales corresponde a una semana calendario.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Esta labor es una herramienta importante porque a partir de ésta, se elaboran estimativos de producción más confiables que permiten planificar mejor las actividades relacionadas con la cosecha, poscosecha y comercialización. (Corporacion PBA, 2012)

Corte y recolección: El proceso de corte se inicia con la labor del puyero o chuzador, que es la persona que identifica los racimos que llenan los requisitos para la cosecha.

En la figura 11. Se puede ver el chuzado de la planta, este se debe hacer en el tercio superior, para que al doblar la planta el racimo no se golpee con el suelo o con la misma planta. (Escalante & Romero V, 2004)

En ese mismo lugar debe estar el “colero” o receptor, esta persona se encarga de recibir el racimo de plátano, de la persona que realiza el chuzado y el corte, evitando que el racimo se golpee contra el suelo. Se recomienda que el receptor utilice una almohada que amortigüe el peso del racimo y para que este no se maltrate con el hombro del operario. También cumple la función de cargador, llevando el racimo hasta el lugar de empaque.



Figura 11. Corte y recolección de racimo. Fuente: (Bananotecnia, 2017)

Anteriormente, El transporte del racimo en la finca se hace actualmente de dos maneras: llevándolo al hombro sin ninguna protección o cargando varios racimos sobre una mula u otra bestia del campo. En ambos casos, el producto sufre daños mecánicos. (Gomez Leon & Gualdron Becerra, 2010)

Sin embargo, ya muchas plantas productoras y procesadoras de plátano cuentan con cable vía, que va desde los campos donde se siembra el plátano hasta donde se procesa.

Cable vía: El cable vía es el sistema de transporte de los racimos a la empacadora o planta procesadora, así como el transporte de equipos materiales e insumos dentro de la plantación, ver figuras 12 y 13.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura12. Cable vía en plantación. Fuente: (Viteri Espinosa, 2017)

Según el tipo de terreno se diseña y construye una red por cable principal y cable secundario. Debe tener una altura aproximada de 2.20 metros sobre la superficie y una pendiente no mayor a 10 grados. Sujetados por arcos distanciados de 8 a 10 metros. (Agrocalidad , 2016)



Figura 13. Instalación de cable vía. Fuente: (Agrocalidad , 2016)

Este cable vía atraviesa la plantación de plátano, hasta llegar al lugar donde se realiza el desmane, lavado y selección del plátano.

Las instalaciones en las que se realiza el proceso productivo del plátano, deben tener unas características de área y distribución del espacio. Además, una disposición de los tanques de lavado.

En el cultivo de Plátano es indispensable tener una estructura de tamaño suficiente, en la zona de clasificación de los racimos. Esta zona debe tener un sitio específico donde se cuelguen los racimos que están llegando constantemente del cultivo, con la altura necesaria para que estos no se peguen contra el piso y de tal forma que el trabajador no se canse realizando la labor. (Augura - PNUMA, 2009)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Barcadilla: En la barcadilla se hace la selección básica inicial de la fruta evaluando cada racimo, de acuerdo con las normas de la comercializadora o comprador. (Gaviria, 2008)

Allí también se calibran los dedos de los gajos del racimo de plátano, y así poder garantizar la calidad, ver figuras 14 y 15.



Figura 14. Calibrador análogo de plátanos. Fuente: (Oremor, 2007)

Este calibrador tiene un rango que va desde 7/8" hasta 2" con una resolución de 1/32" y es conocido como un calibrador tipo pera, su manejo es bastante sencillo, se debe colocar el plátano entre las puntas superiores que tiene el calibrador y luego presionar el botón que tiene en el costado izquierdo.



Figura 15. Proceso de calibración de plátanos. Fuente: (Raintforest alliance , 2018)

En el caso de que los frutos sean de una buena calidad, esta parte de poscosecha empieza con el recibidor que también cumple la función de cargador, llevando el racimo hasta el patio de racimos (zona de barcadilla) donde se le retira la bolsa que los cubre, se desmana, se hace la selección,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

clasificación, lavado, control de hongos de la corona y posteriormente se pasa al empacado. (Gaviria, 2008)

Una vez el racimo es aceptado y calibrado en la barcadilla, se procede a cortar en gajos, partiendo de las especificaciones del mercado y cantidad de dedos por gajo, el corte de debe hacer de la siguiente manera:

Desmane: en la figura 18. Se puede apreciar cómo se realiza el proceso de corte de los gajos, empezando de abajo hacia arriba en forma espiral, sosteniendo la mano por la mayor cantidad de dedos posibles. (Gaviria, 2008)

Es importante aclarar que, la barcadilla está ubicada muy cerca de los tanques de lavado del plátano.



Figura 16. Desmane de racimo. Fuente: (Delifruit S.A., 2015)

A medida que se van cortando los gajos de plátano, se van depositando en el tanque de lavado y una vez que todos los gajos son retirados del vástago del racimo, el vástago se debe cortar y/o porcionar para posteriormente ser depositado en los centros de acopio, ver figura 16.

Selección: esta labor consiste en la división de la mano de banano en unidades aptas y requeridas por el mercado y la eliminación de los dedos que por cualquier causa justificable no son tenidos en cuenta para el proceso. (Gaviria, 2008)

El procedimiento para esta labor de selección es la siguiente, (ver figura 17):

- Sacar la mano del tanque, tomándola por la corona y colocarla sobre la mesa.
- Cortar el pedazo del vástago de la corona, no arrancarla.
- Revisar la mano y sacar los dedos que no cumplan con las especificaciones (sanear antes de partir).
- Calibrar las manos que presenten dudas de largo y grado.
- Partir en una sola dirección, hacer gajos compactos que tengan de 6 a 8 dedos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Recortar de forma plana la parte superior de la corona lo más alta posible, tres cortes (2 vertical y 1 horizontal).
- Al terminar de seleccionar la mano, tomar los gajos por la corona y depositarlos juntos en el tanque con la corona hacia abajo.
- Respetar el límite de saturación.
- Tener cuidado a la hora de depositar los dedos en el tanque



Figura 17. Corte de la corona del gajo de plátano. Fuente: (Agrocalidad , 2016)

Tanque de lavado: la construcción de estos tanques debe ser en materiales resistentes como cemento, con un revestimiento de baldosa y hierro galvanizado. Generalmente, las tinas están divididas en dos partes, la primera de desmane, lugar donde se depositan los gajos una vez son cortados del vástago, y la segunda una división de lavado y desleche, ambas partes deben contar con surtidores de fluido y drenaje del mismo. (Agrocalidad , 2016) Ver figura 18.



Figura 18. Tanque para desmane y gajeo; desleche y lavado. Fuente: (Barquero S., 2008)

Este tanque de lavado tiene una mezcla de agua con alumbre para poder remover de manera efectiva pesticidas, suciedad, microbios y plagas que puedan tener los gajos de plátano, se debe preparar un día antes en el tanque de desleche una solución de agua con alumbre utilizando 1.0

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

kilogramo de alumbre por cada 100 litros de agua limpia. Para lograr un buen desleche se debe dejar la fruta en el tanque con agua-alumbre un tiempo mínimo de diez minutos. (Augura - PNUMA, 2009)

Adicionalmente, es importante tener en cuenta no saturar mucho el tanque de lavado con demasiado producto. Ya que, esto puede ocasionar un lavado incompleto del producto.

Clasificación: una vez que ya se ha lavado el producto en el tanque y lo atraviesa hasta el otro lado, el operario de clasificación y empaque lo espera, para ser montado en las bandejas de clasificación y posteriormente ser empacado.

Sobre una balanza calibrada, en una bandeja especialmente diseñada, se deposita el número de clúster necesarios hasta completar el peso solicitado por caja, siguiendo el patrón de tamaños específicos para el empaque solicitado por el comprador o exportador, ver figura 19. (Agrocalidad , 2016)



Figura 19. Bandeja de clasificación. Fuente: (Uniplast, 2016)

Se procede aplicar la corona de los gajos una solución de sulfato de aluminio y fungicida y fungicida para prevenir el desarrollo de hongos que dan paso a la descomposición de la corona durante el transporte y almacenamiento. Este procedimiento se conoce como fumigación, algunas plantas de producción de plátano cuentan con cámaras de fumigación que realizan este trabajo o se hace de manera manual como se puede apreciar en las figuras 20 y21.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 20. Cámara de fumigación. Fuente: (Gaviria, 2008)



Figura 21. Fumigación manual. Fuente: (Agrocalidad , 2016)

Esta clasificación que se hace en las bandejas por el operario, son de acuerdo a la norma Icontec 1190, que establece los grados de calidad para la aceptación del producto, estos grados son:

Calidad extra: deberán estar bien formados, tener un grado de 3/4 lleno, presentar coloración uniforme según su grado de madurez y pedúnculos bien cortados (no pueden ser arrancados ni retorcidos). La longitud del dedo para el plátano hartón no podrá ser inferior a 25 cm.

Calidad primera: deberán estar bien formados. Los plátanos de esta calidad podrán presentar solamente daños superficiales y no deberán presentar manchas entre las aristas.

Calidad segunda: podrán presentar daños superficiales pero no podrán presentar manchas en más de una tercera parte de su superficie total. (ICONTEC, 1976)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Rechazos: Son los dedos que no cumplen con ninguna de las características anteriores, pero que son aptos para el consumo dentro de la finca o para alimentación animal.

Estos rechazos son tenidos en cuenta, partiendo de los siguientes criterios:

1. Frutos dañados por pájaros, roedores o insectos.
2. Frutos con partidos, con golpes o heridas (magulladuras).
3. Frutos con maduración prematura o sobre maduración.
4. Frutos dañados por enfermedades como la punta de cigarro.
5. Frutos demasiado grandes o demasiado pequeños (fuera de la norma según el mercado de destino)
6. Frutos con daños por golpes de sol.
7. Frutos rajados.
8. Frutos con cuello roto por daños mecánicos

En la figura 22 se pueden apreciar visualmente estos criterios de rechazo del producto.

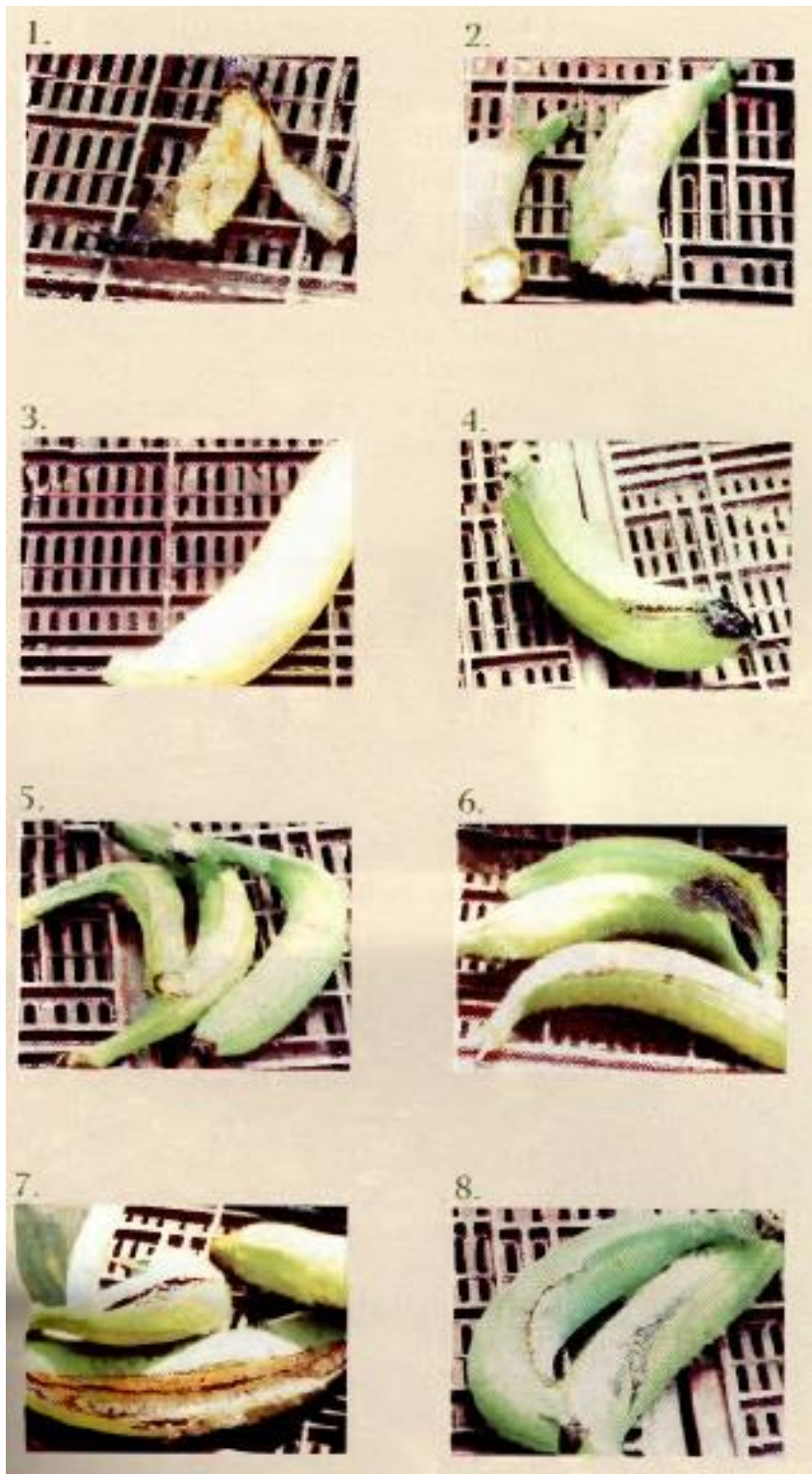


Figura 22. Defectos del producto. Fuente: (Escalante & Romero V, 2004)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Diseños actuales

Actualmente, la empresa centro aceros se encarga de diseñar y construir cable vías para el proceso de transporte del plátano, desde los campos de sembrado hasta la planta procesadora del producto, ver figura 23. Además, instala líneas completas de empacadoras, incluyendo el edificio en estructura metálica con cubierta, transportadores por gravedad y bandas motrices, pesaje en línea de racimos, bandejas y cajas llenas, cámaras de aspersion, grúas, transpaletas, entre otros, según los requerimientos del cliente. (Centro aceros, 2020)



Figura 23. línea de empaque. Fuente: (Centro aceros, 2020)

Así mismo, la empresa ingenieros analpes ubicada en la ciudad de Bogotá, cuenta con un diseño de cable vía llamado “cable vía – mono cable fijo”, ver figura 24, este sistema es un sistema de transporte agroindustrial aplicado a terrenos con bajas pendientes (menores a 7%) y que utiliza un cable tensado de acero “Rígido-Fijo” y una serie de elementos estructurales, los cuales nos permiten transportar internamente en las plantaciones de flores, banano, palma, frutas y otros, los productos de cosecha, hacia las salas de clasificación en Postcosechas y/o empacadoras o centros de Acopio. (Ingenieros analpes, 2019)



Figura 24. cable vía – mono cable fijo. Fuente: (Ingenieros analpes, 2019)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

3. METODOLOGÍA

Para poder entrar a definir las especificaciones técnicas de la máquina, es necesario primero conocer las necesidades del cliente, en este caso las empresas dedicadas al proceso de cosecha y producción de plátano a nivel nacional, que no tienen un panorama muy alentador por los tratados de libre comercio firmados en el país, que si bien abren algunas puertas a mercados internacionales, ponen en jaque a los productores que no poseen las herramientas para poder competir con mercados internacionales, De aquí parte la importancia de comprender la articulación de variables y agentes que intervienen en la cadena productiva del plátano con el propósito de generar valor y por consiguiente mayor competitividad en las empresas que desarrollan esta actividad. (Macias, 2016)

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente mencionado, se logra evidenciar un proceso de cosecha del plátano poco tecnificado y tradicional, donde se parte de una secuencia de procesos completamente manuales, que evidencian entonces la necesidad de intervenir en este caso el proceso de lavado y selección del plátano, proceso posterior a la siembra y cosecha que se realiza de manera manual simplemente descargando los gajos de plátano en un tanque con agua y piedralumbre que quita impurezas al producto y posteriormente siendo seleccionado de manera manual, este proceso es de carácter fundamental para poder garantizar la calidad del producto, su conservación y requerimientos del mercado, además hasta el momento no está tecnificado (ver figura 25). (Gomez, 2008)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 25. Ilustración de proceso de lavado y selección de plátano fuente: (Rodríguez, Asistencia técnica dirigida en cosecha y post cosecha de banano organico, 2012)

Teniendo como referencia la información anterior es pertinente definir la metodología de diseño del sistema de transporte, lavado y selección del plátano, partiendo de dos metodologías de diseño conceptual como:

Metodología Crazy 8's

Es un método de diseño básico de “Desing Sprint” que tiene como objetivo realizar un ejercicio de dibujo rápido, donde cada participante debe esbozar 8 ideas distintas en solo 8 minutos con el fin de ir más allá de la concepción de la idea principal y generar una variedad de soluciones para el desafío de diseño, los bocetos solo deben comunicar la idea, no necesitan ser perfectos, esta actividad es individual.

Las ideas extrañas, imposibles y poco prácticas a menudo dan paso a ideas verdaderamente inspiradas. Se llama Crazy 8's por una razón.

Para iniciar e necesario tener papel y lápiz a la mano, la hoja de papel debe estar con unas divisiones rectangulares con 8 espacios para poder plasmar las 8 ideas como se puede apreciar en la figura 26.

(Design sprints, 2019)



Figura 26. Distribución de hoja de papel para método Crazy 8's Fuente: (Courtney, 2017)

Crazy 8's, compartir y votar

Una vez que se hayan terminado el boceto de sus 8 ideas de diseño, se analizan las ideas que surgieron, posteriormente se analiza cual sería la opción más viable de diseño teniendo en cuenta que no sea ideas imposibles de realizar y prácticas, El equipo tendrá que indicar las tres ideas más convincentes votando los bocetos específicos. (Design sprints, 2019)

A continuación se muestra el resultado de los 8 bocetos realizados durante el ejercicio de diseño:

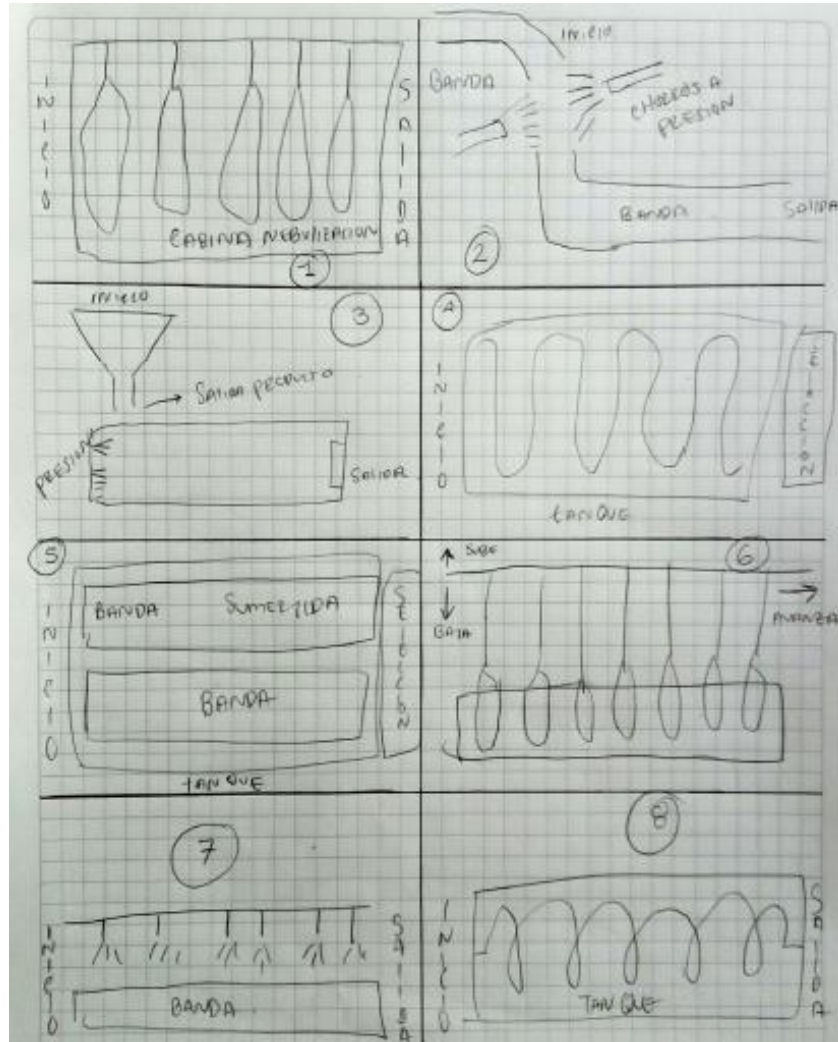


Figura 27. Distribución de hoja de papel para método Crazy 8's Fuente: autor

Como se puede apreciar en la figura 27 se realizaron 8 bocetos de posibles soluciones al diseño de máquina transportadora de plátano para el lavado de racimos, con un tiempo de 1 minuto por boceto buscando creatividad en las posibles soluciones.

Boceto N°1: la posible solución planteada es una cabina de nebulización por donde pasan los racimos de plátano completos, para posteriormente ser demanados y empacados.

Boceto N°2: se planteó una banda transportadora que tuviera una inclinación que permitiera la caída del plátano a otra banda y en esa transición unos chorros de solución desinfectante para el producto.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Boceto N°3: como solución al diseño se pensó en una tolva superior donde se depositara el platano. Así, el producto cae por gravedad y es sumergido en el tanque de lavado donde unos chorros a presión lo empujan hasta el otro lado.

Boceto N°4: esta posibilidad plantea rieles elevados con ganchos de sujeción que recorren el tanque de lavado hasta el otro lado.

Boceto N°5: este boceto sugiere bandas transportadoras sumergidas que lleven el producto hasta el otro lado del tanque.

Boceto N°6: este boceto propone un sistema rieles elevados que cuentan con inmersión en el tanque avance longitudinal.

Boceto N°7: este boceto muestra una banda transportadora del producto que cuenta con chorros a alta presión para el lavado del producto en la parte superior.

Boceto N°8: esta solución al diseño apunta hacia un tornillo sinfín que hace girar los plátanos dentro del tanque de lavado, que además lleva el producto hasta el otro lado del tanque.

Metodología análisis Morfológico

El Análisis Morfológico es un método analítico-combinatorio creado en 1969 por Fritz Zwicky, astrónomo del California Institute of Technology (Caltech).

Su objetivo es resolver problemas mediante el análisis de las partes que lo componen. Se basa en la concepción que cualquier objeto del nuestro pensamiento está compuesto o integrado por un cierto número de elementos y en la consideración que estos tienen identidad propia y pueden ser aislados. Por tanto, parte de una Lista de atributos para generar nuevas posibilidades, es una técnica muy adecuada para generar ideas en un trabajo exploratorio, pero también se distingue por su complejidad para realizarla. (Reyes, 2010)

El método tiene 3 etapas claramente diferenciadas:

- El análisis
- La combinación
- La búsqueda morfológica

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Escoger el problema a resolver, situación u objeto a mejorar, etc.
- Analizar que atributos (o elementos, o parámetros) lo componen. los atributos pueden referirse a partes físicas, procesos, funciones, aspectos estéticos, etc.
- Es conveniente seleccionar los atributos relevantes.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Analizar las variantes o alternativas posibles de cada atributo juntando todas las combinaciones posibles, cogiendo cada vez una variante de cada atributo. El número total de combinaciones posibles se denomina "producto Morfológico" (Reyes, 2010). Teniendo como referencia las dos metodologías citadas se optó por realizar la matriz morfológica para esta aplicación de diseño y de esa manera tener un panorama más claro y acertado del diseño conceptual para esta aplicación.

Parámetros iniciales para diseño conceptual

La máquina transportadora de plátano para el proceso de lavado de racimos debe cumplir unos requerimientos, el sistema debe estar en la capacidad de transportar gajos de plátanos con 5 plátanos durante un periodo de tiempo de 30 minutos sumergidos y lograr lavar la mayor cantidad de gajos de plátano en un tanque de 6 x 4 metros, cabe resaltar que los materiales para la fabricación de la máquina deben ser lo suficientemente fuertes para poder garantizar la seguridad, estabilidad y funcionalidad del equipo, también tener claro que los materiales que estén directamente en contacto con los plátanos deben ser de grado alimenticio y los que no estén sean los suficientemente durables para la aplicación.

Matriz Morfológica

Se optó por este sistema aéreo de transporte y lavado, boceto 4 (ver figura 28), debido a las características específicas del proceso que requiere un sistema de transporte que no obstaculice de ninguna manera el desmane o inspección visual durante el lavado. Además, no se ocupa espacio necesario para ubicar los puestos de trabajo para el proceso de selección y empaque.

Los demás diseños ponían en riesgo la calidad del producto pudiendo sufrir golpes durante el transporte y mal lavado.

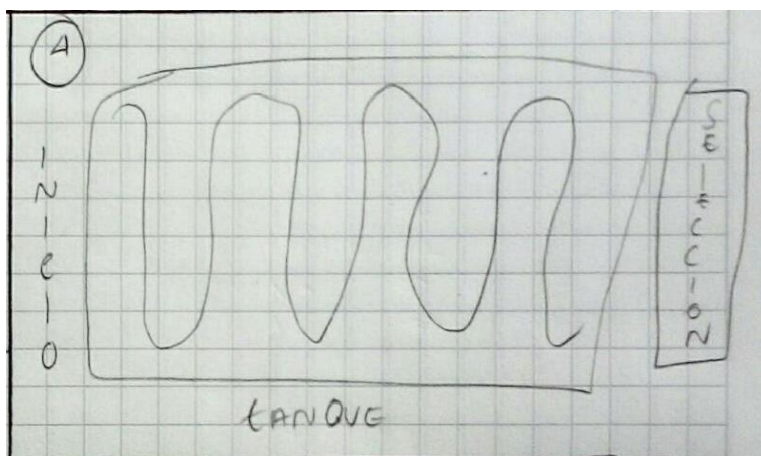


Figura 28. Boceto N° 4 Crazy 8's Fuente: autor

Por lo cual, se hizo el análisis morfológico para las partes principales de la máquina, analizando las ventajas y las desventajas, para poder llegar a la mejor opción de diseño, entonces se debe definir:

- Medio de transporte
- Mecanismo de movimiento
- Motor



Medio de transporte: Riel	
Opciones	
Figura 29. Riel una hoja. Fuente: (compracompras, 2017)	Figura 30. Viga en perfil. Fuente: (manufacturas del acero S.A, 2015)
	
Ventajas <ul style="list-style-type: none"> • protección del mecanismo de movimiento • Impide el ingreso de agentes contaminantes externos al mecanismo de movimiento 	Ventajas <ul style="list-style-type: none"> • visualización de mecanismo de movimiento y fácil intervención para su mantenimiento
Desventajas <ul style="list-style-type: none"> • Dificil acceso para realizar mantenimiento 	Desventajas <ul style="list-style-type: none"> • Perfil considerablemente pesado

Tabla 1. Opciones para medio de transporte *Fuente:* autor



Mecanismo de movimiento: Trolley	
Opciones	
Figura 31. Carro riel simple Fuente: (Ducasse industrial , 2018)	Figura 32. Trolley y cadena Fuente: (factory factor solutions, 2018)
	
Ventajas <ul style="list-style-type: none"> • Mayor estabilidad en el contacto sobre el riel cuando se realiza el movimiento 	Ventajas <ul style="list-style-type: none"> • Facil intervencion de cualquier parte del mecanismo • Facilidad para intervencion de mantenimiento preventivo o correctivo
Desventajas <ul style="list-style-type: none"> • Mayor cantidad de patines que deben estar en contacto sobre el riel, lo que genera mayor inversion en compra de repuestos a futuro • Dificultad para cambio de sistema que se encuentran en el sistema cerrado de riel 	Desventajas <ul style="list-style-type: none"> • Peso considerable del mecanismo

Tabla 2. Opciones para mecanismo de movimiento *Fuente:* autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Motor: Motor/Motoreductor	
Opciones	
Figura 33. Motor trifasico 1 HP siemens. Fuente: (Nivihe S.A, 2019)	Figura 34. Motoreductor trifásico 0.75 Kw o 1 HP. (cidepa, 2019)
	
Ventajas <ul style="list-style-type: none"> • Motor bastante comercial que se puede conseguir a buen precio dependiendo de la marca 	Ventajas <ul style="list-style-type: none"> • Facilita la reducción de la velocidad de manera directa sin equipos adicionales mecánicos o eléctricos • Optimiza el espacio del sistema de reducción de velocidad mecánica
Desventajas <ul style="list-style-type: none"> • Trabaja a velocidades constantes, lo que implicaría un sistema de reducción de velocidad adicional 	Desventajas <ul style="list-style-type: none"> • Dentro de la rutina de mantenimiento del motor se debe tener en cuenta el costo del lubricante de la caja reductora de velocidad

Tabla 3. Opciones para motor *Fuente:* autor

Matriz de evaluación.

Teniendo en cuenta el análisis de la matriz morfológica, donde se analizaron las ventajas y desventajas de las partes principales de la máquina se realiza una evaluación de ella dando unos puntajes para cada opción y ponderando el total de los puntajes, de esa manera definir la mejor opción de diseño, a continuación, se muestra la Tabla 4 de puntajes y Tabla 5 de la evaluación ponderada.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Tabla 4. Parámetros a evaluar por puntajes *Fuente:* autor

PUNTAJE	PARÁMETROS
4	Resistencia al Peso
3	Seguridad
1.5	Mantenimiento & practicidad
1.5	Estabilidad
TOTAL:10	

En la tabla 4. Podemos encontrar los puntajes y los parámetros que se consideraron para realizar la matriz de evaluación, los puntajes se establecieron a consideración del autor.

Tabla 5. Ponderado de evaluación de matriz morfológica *Fuente:* autor

Partes	Opciones	Resistencia al peso	Seguridad	Mantenimiento y practicidad	Estabilidad	Total
Riel	Riel una hoja	1.5	3	0.5	1.5	6.5
	Viga en perfil	4	2	1.5	0.5	8
Trolley	Carro riel simple	2	3	0.5	1.5	7
	Trolley & cadena	4.3	2	1.2	0.3	7.7
Motor	Motor	3	3	1	1.5	8.5
	Motoreductor	3	3	1.5	1.5	9

Teniendo en cuenta el ponderado de la evaluación de la matriz morfológica que se realizó mostrado en la Tabla 5, la mejor opción de diseño para las partes de la máquina transportadora de plátanos

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

llevó a la conclusión de optar por un sistema transportador aéreo basado en vigas, Trolley & cadenas con Motoreductor. La puntuación se realizó de 0 a 10.

El cálculo de la potencia para todo el sistema de transporte se realizó teniendo en cuenta varios factores de gran importancia para todo el proceso, el primero es el peso que debe transportar el sistema, correspondiente al peso de los gajos de plátano, el segundo factor es la cantidad de tiempo que se recomienda este inmerso el producto en el tanque de lavado, el tercer factor son las dimensiones del tanque de lavado.

Teniendo en cuenta todos estos datos anteriores se seleccionó un sistema de transmisión flexible que utiliza rieles para el desplazamiento, poleas y cadenas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Partiendo de lo analizado en la metodología de diseño, donde se contempló varias alternativas u opciones para seleccionar las partes más importantes de la máquina, haciendo alusión a dos metodologías de diseño, la primera llamada Crazy 8's, que se enfoca en la realización de 8 ideas para la solución del problema con un tiempo determinado y posteriormente evaluando los resultados. La segunda metodología llamada matriz morfológica, análisis morfológico o método Zwicky que se fundamenta en contemplar varias opciones de solución al problema por medio de un análisis de ventajas y desventajas y así poder, evaluar la mejor alternativa, se puede concluir que la mejor respuesta a la solución de diseño es optar por un sistema compuesto de vigas, Trolley con cadenas y Motoreductor.

Tomando los resultados anteriores, que apuntan a un diseño conceptual de la máquina transportadora de plátano, es pertinente ahora definir más específicamente los parámetros técnicos de diseño.

Parámetros de potencia, torque y velocidad angular

Inicialmente es importante dejar claros algunos parámetros de gran importancia, que influyen en el diseño de esta máquina aérea de transporte de plátano para el proceso de lavado, estos son: las medidas del tanque de lavado, el espacio o área que ocupa cada gajo de plátano en el tanque y su peso, tiempos de lavado, velocidad angular, torque y potencia necesarios para la aplicación.

Medidas del Tanque.

- Largo: 6 metros
- Ancho 4 metros
- Altura: 1 metro

Medidas de los plátanos

Las medidas de los plátanos en cuanto a su longitud y diámetro varían dependiendo del tipo de plátano y su calidad, por cual se selecciona el plátano hartón que es un tipo de plátano cosechado y consumido a nivel nacional y tiene las siguientes características dimensionales mostradas en la Figura 35 y 36.

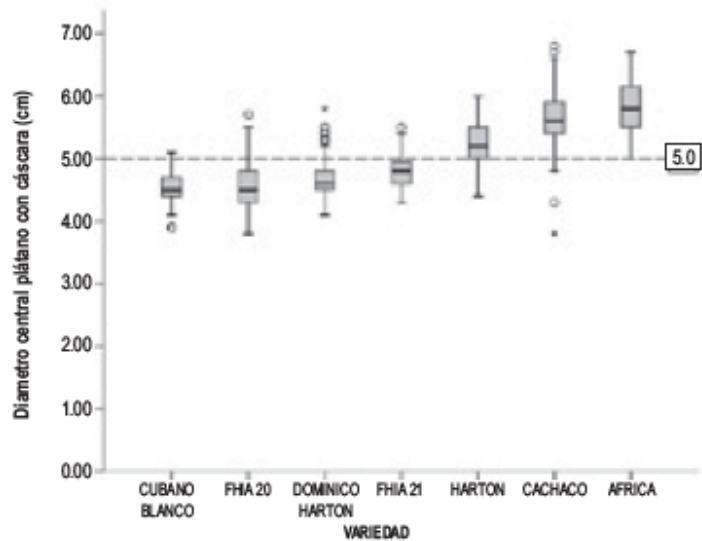


Figura 35. Diámetro central promedio de los plátanos con cascara Fuente: (Aguirre, 2018)

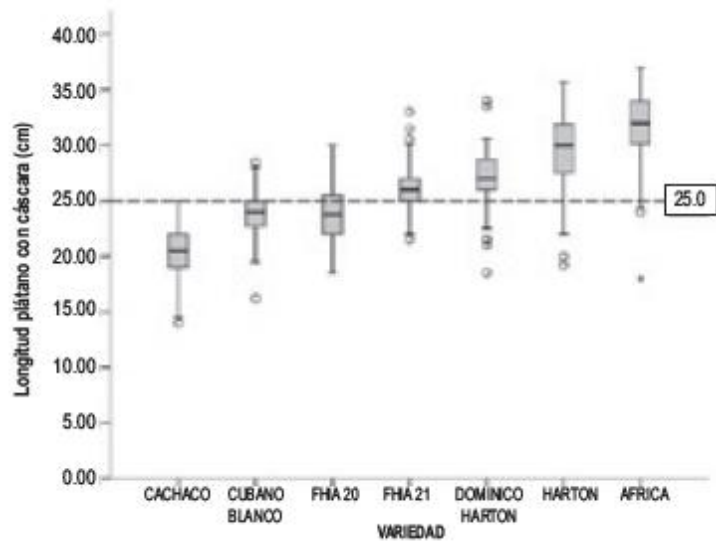


Figura 36. Longitud plátano con cascara Fuente: (Aguirre, 2018)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Teniendo claros los parámetros dimensionales del plátano hartón, se puede deducir que las medidas aproximadas de diámetro medio y longitud son las siguientes:

- Diámetro medio: entre 5 y 6 cm
- Longitud: entre 25 y 35 cm

Para efectos de este diseño de selección un valor medio entre diámetro y longitud.

- Diámetro medio: 5.5 cm
- Longitud: 30 cm

Estos valores servirán más adelante para poder conocer la cantidad de plátanos que se pueden lavar con las medidas especificadas del tanque.

Peso del gajo de plátano

A continuación, en la tabla 6 se muestra el peso de diferentes clases de plátanos.

Tabla 6. Clasificación de los plátanos por peso. *Fuente:* (ICONTEC, 1976)

Variedades	Peso en gramos		
	Grande (mínimo)	Mediano	Pequeño (máximo)
Hartón	350	250 – 349	249
Dominico - Hartón	300	200 – 299	199
Dominico	200	150 – 199	149
Cachaco	140	120 – 139	119
Banano	130	110 – 129	109
Comino o colicero	120	100 – 119	99
Pacífico	50	30 – 49	29
Bocadillo	40	20 – 39	19

Cabe resaltar, que los gajos de plátano se cortan partiendo de las exigencias del mercado ya sea nacional o internacional. Por lo cual, para esta aplicación de diseño se selecciona un gajo con 5 dedos de plátano hartón grande de modo que, si son 5 plátanos por gajo el peso del gajo sería el siguiente:

$$\text{Peso gajo} = \text{cantidad de platanos en el gajo} * \text{peso del platano}$$

$$\text{Peso gajo} = 5 * 350 \text{ g}$$

$$\text{Peso gajo} = 1.75 \text{ kg}$$

Capacidad de gajos en el tanque

Para poder conocer la capacidad de gajos que se pueden lavar en el tanque, se usaron fórmulas de área y longitud, basándose en los datos obtenidos de las dimensiones de longitud y diámetro del plátano hartón.

Al seleccionar un diámetro medio de 5.5 cm podemos calcular el diámetro del gajo de plátano, por medio de dibujar en Autodesk® inventor los diámetros de los 5 plátanos unidos tangencialmente, como se puede ver en la figura 37.

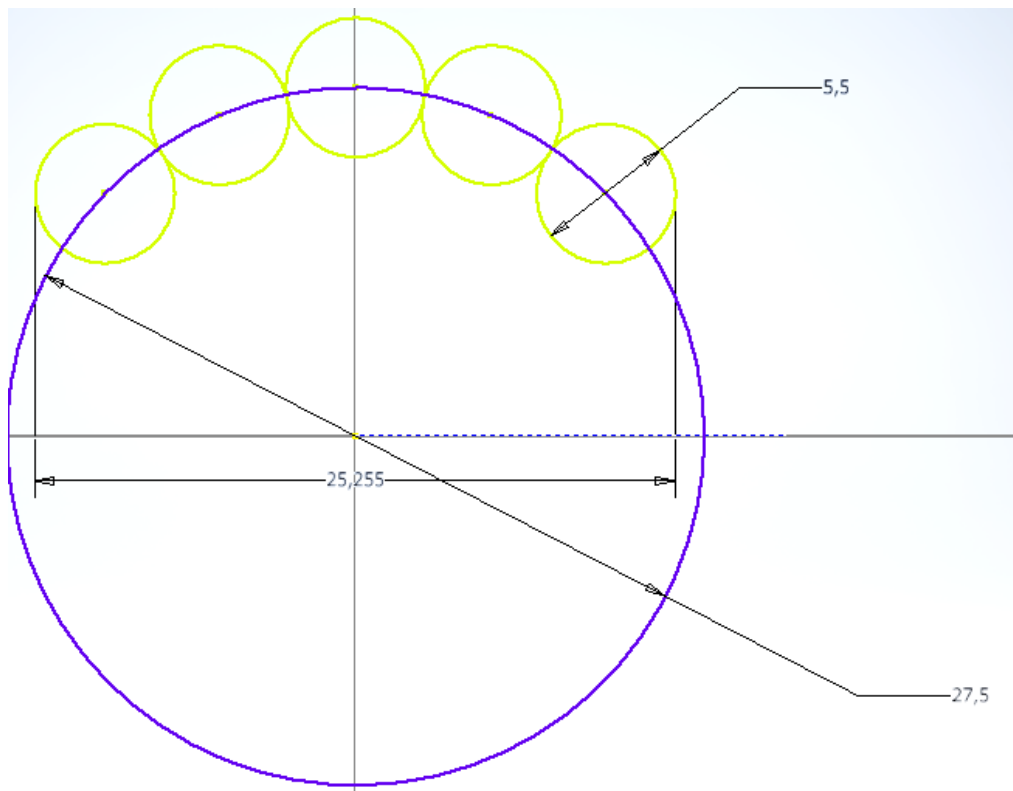


Figura 37. Vista superior, bosquejo de gajo de plátanos con 5 dedos. *Fuente:* autor

Por lo que se puede concluir que el diámetro que, el diámetro del gajo de 5 plátanos tiene un diámetro aproximado de 25.255 cm

$$\text{diámetro gajo} = 25.255 \text{ cm}$$

Ahora, se calcula el área que tiene el tanque y el área que ocupara cada gajo visto desde un plano alzado en el tanque de lavado, conociendo estos valores se puede conocer la cantidad de gajos de plátano que cabe en el tanque de lavado y con toda la capacidad del tanque.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

El área de un círculo está dado por la siguiente formula:

$$A = \pi r^2$$

A: Área (cm)

r: Radio (cm)

El área de un rectángulo se da por medio se la siguiente formula:

$$A = b * h$$

A = área (cm)

b: Base (cm)

h: Altura (cm)

Por lo cual, se reemplazan las variables por los datos definidos con anterioridad sobre diámetro del gajo de plátanos y longitudes del tanque, así:

$$Ag = \pi(12.63 \text{ cm})^2$$

Ag = área circular del gajo de plátano

r = radio de diámetro de gajo

$$Ag = 501.14 \text{ cm}^2$$

Seguido, se calcula el área del tanque de la manera mostrada a continuación:

$$At = (600 \text{ cm})(400 \text{ cm})$$

At = área rectangular del tanque

$$At = 240000 \text{ cm}^2$$

Una vez conocidos estos datos, se divide el área del tanque entre el área circular de los gajos de plátano, lo que arroja como resultado la cantidad de plátanos que simultáneamente pueden estar en el tanque.

$$Cgt = \frac{Ag}{At}$$

Cgt = cantidad de gajos en el tanque

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

$$Cgt = \frac{240000cm^2}{501.14cm^2}$$

$$Cgt = 478.90$$

El valor anterior se aproxima a 479 gajos en el tanque, por efectos de redondeo.

Peso de la carga

Tomando como base los datos anteriores, también se puede calcular el peso que soporta el sistema de transporte con una capacidad del 100%, este cálculo se deduce multiplicando la cantidad de gajos de plátano con el peso del mismo, así:

$$Ps = Cgt * \text{peso gajo (1)}$$

Ps: Peso de la carga

$$Ps = (479)(1.7 Kg)$$

$$Ps = 814.3 Kg$$

$$Ps = 0.814 toneladas$$

Calculo de potencia para el sistema

Para poder calcular la velocidad de desplazamiento de los racimos, hay que tener en cuenta varios factores que influyen en este cálculo, uno de los principales es la cantidad de tiempo que debe pasar el plátano en el tanque de lavado para garantizar un correcto procedimiento de limpieza de los diferentes pesticidas y suciedad que pueda traer el plátano desde la cosecha, este tiempo se estima entre 25 y 30 min.

Es también importante, poder conocer la longitud total que deben tener los rieles por donde se realiza el transporte, incluyendo la longitud de desplazamiento dentro del tanque de lavado y la longitud de retorno al punto de partida en donde está el proceso de desmane del plátano, en la figura 38 se puede apreciar desde una vista alzada el recorrido cíclico que realiza el sistema de transporte.

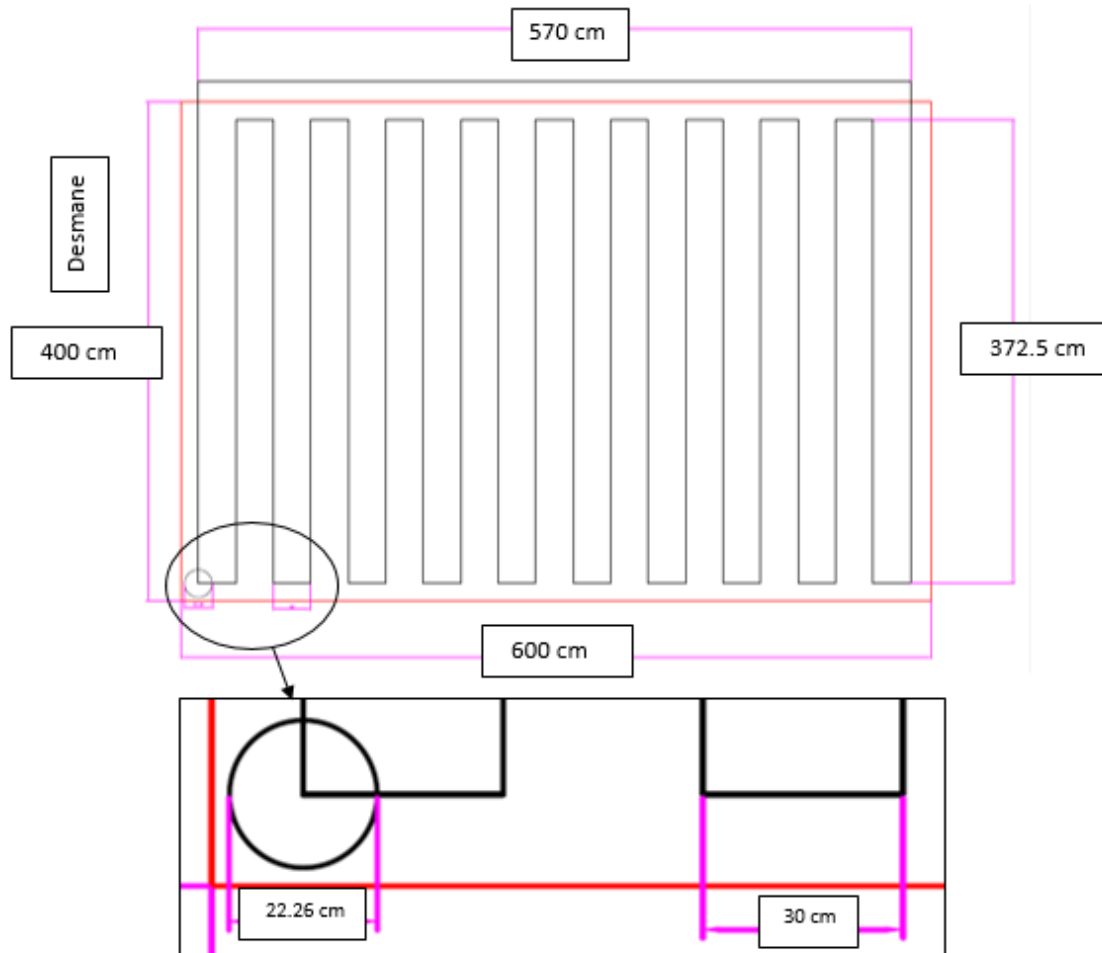


Figura 38. Vista superior de desplazamiento de rieles. *Fuente:* autor

El rectángulo de color rojo simboliza el tanque de lavado con las medidas especificadas inicialmente, el resto de las líneas en color azul especifican el recorrido de los rieles y aquellas líneas con medidas muestran el acotado. Cabe resaltar, que las longitudes verticales y horizontales de desplazamiento no son iguales a las medidas del tanque. Ya que, se debe tener en cuenta el diámetro del gajo de plátano anteriormente calculado que es de 25.255 cm y se deja el diámetro de separación entre los rieles de 27.5 cm como lo indica la figura 12, esto con el fin de que el producto no choque contra los bordes del tanque o contra otros gajos de plátano, a su vez que también se pueda aprovechar al máximo toda el área del tanque de lavado.

Teniendo estas medidas se puede calcular el desplazamiento total de los rieles por todo el tanque, tan solo con multiplicar la cantidad de desplazamientos verticales, horizontales y el retorno hasta el otro lado del tanque donde se realiza el desmane, de la siguiente manera:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

$$Dv = Nv * lv \text{ (2)}$$

Dv = Desplazamientos verticales

Nv = Número de desplazamientos verticales

lv = Longitud vertical (cm)

$$Dh = Nh * lh \text{ (3)}$$

Dh = Desplazamientos horizontales

Nh = Número de desplazamientos horizontales

lh = Longitud horizontal (cm)

Donde los desplazamientos verticales son:

$$Dv = (20)(372.5 \text{ cm})$$

$$Dv = 7450 \text{ cm}$$

Ahora, los desplazamientos horizontales son:

$$Dh = (21)(27.5 \text{ cm})$$

$$Dh = 570 \text{ cm}$$

Entonces, la longitud total de recorrido del riel será la suma de $Dv + Dh$

$$LT = Dv + Dh \text{ (4)}$$

LT = longitud total del riel

$$LT = (7450 + 570) \text{ cm}$$

$$LT = 8020 \text{ cm}$$

$$LT = 80.20 \text{ m}$$

Teniendo la longitud total del riel que recorrerá el tanque de lavado desde donde se realiza el desmane y regresando ahí, se puede calcular la velocidad tangencial expresada de la siguiente forma:

$$vt = \frac{LT}{t} \text{ (5)}$$

$$vt = \frac{80.20 \text{ m}}{30 \text{ min}} \quad vt = 2.67 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$vt = 0.0445 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Con el resultado de la velocidad tangencial que es la velocidad lineal que lleva el sistema de transporte para poder garantizar el tiempo de lavado de los plátanos en el tanque, ahora se debe calcular la fuerza estimada que debe tener el motor que moverá el sistema de transporte lavado de plátano, este cálculo se realiza con la siguiente formula:

$$P = T * \omega \quad (6)$$

$P = potencia$

$T = torque$

$\omega = velocidad\ angular$

Donde la velocidad angular, es el resultado de dividir $\omega = \frac{vt}{rp}$, entendiéndose rp como el radio de la polea o llanta que produce el transporte sobre el riel que atraviesa todo el tanque de lavado, en la figura 39 se puede apreciar.

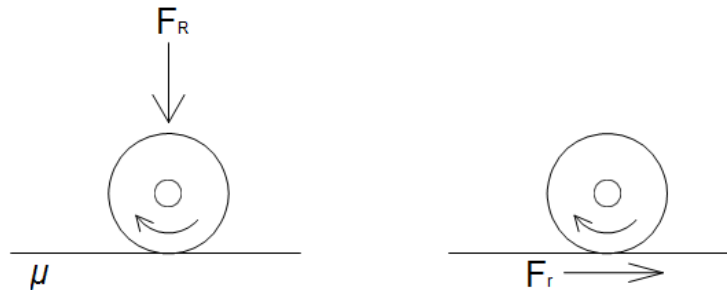


Figura 39. Ilustración de velocidad angular Fuente: (Aravena, 2010)

Como también se puede apreciar en la Figura 39. Hay dos términos asociados μ y n estos dos términos hacen relación a:

$\mu =$ Coeficiente de fricción del material seleccionado para la polea o llanta en contacto con el riel.

$n =$ Fuerza normal, esa fuerza normal es el peso de la carga anteriormente calculada $Ps = 814.3\ kg$

Estos dos términos componen F que es la fuerza de fricción estática $F = \mu * n$. Para generar el movimiento del sistema, la fuerza ejercida por el sistema de transmisión de potencia deberá ser superior o igual a ella.

Para determinar el torque necesario compone a $T = F * rp$, donde F es la fuerza necesaria que necesita el sistema para moverse y el radio de la polea rp .

$$P = \frac{vt}{rp} * (F * rp)$$

Materiales	Coef. de Fricción Estática μ_s	Coef. de Fricción Cinética μ_k
Acero - Acero	0.74	0.57
Aluminio - Acero	0.61	0.47
Cobre - Acero	0.53	0.36
Latón - Acero	0.51	0.44
Cinc - Hierro colado	0.85	0.21
Caucho - Concreto	1.0	0.8
Madera - Madera	0.25-0.5	0.2
Vidrio - Vidrio	0.94	0.4
Cobre - Vidrio	0.68	0.53
Hielo - Hielo	0.1	0.03
Teflón - Teflón	0.04	0.04
Teflón - Acero	0.04	0.04

Figura 40. Tabla de coeficiente de fricción. Fuente (Serway, 2014)

Este coeficiente de fricción que se puede apreciar en la figura 40, se selecciona teniendo en cuenta el material para la aplicación de este diseño Teflon – acero, preliminarmente se asume que la viga que sostiene el mecanismo de movimiento es de acero y el material del patin es teflon, este material se sugiere preliminarmente por tener un coeficiente de fricción bajo que permite fácil movilidad para el patin ilustrado en la figura 37.

Teniendo estos parámetros de selección, se procede a simplificar la fórmula 6, anteriormente mostrada de potencia general para la aplicación .

$$P = \frac{vt}{rp} * (F * rp)$$

Donde rp se cancelaría y la fórmula se reduce a la siguiente expresión:

$$P = vt * F$$

$$P = vt * (\mu * n)$$

$$P = \left(0.0445 \frac{m}{s}\right) * (0.04 * 814.3 \text{ kg})$$

$$P = 1.45 \text{ kg m/s}$$

$$P = 1.45 \text{ W}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Lo que nos entrega como resultado que la potencia requerida por el sistema para su arrastre es de 1.45 W.

Selección del sistema de transporte.

El sistema elegido para solucionar nuestro problema de transporte después de realizar análisis morfológico, el elegido por su facilidad de mantenimiento, bajos costos y su eficiencia en otros procesos es el transporte aéreo por riel (OVERHEAD CONVEYOR CHAIN) como se muestra en la Figura 41.



Figura 41. Partes de trasportador aéreo. Fuente (AIRES, 2019)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Algunos ejemplos de cómo es utilizada esta solución en la industria, como observaremos a continuación en la figura 42 y 43.



Figura 41. Ejemplo de transporte de riel para repuestos de carro (Design sprints, 2019)



Figura 42. Ejemplo de transporte de riel para la industria de alimentos (Design sprints, 2019)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Bosquejo inicial.

En este punto ya se tiene una idea más clara de cómo solucionar el diseño y se empezó a plasmar estas ideas en un programa CAD, con cosas por mejorar en el camino por la que se dejaron algunas figuras a continuación de nuestro avance estos se encontraran desde la figura 43 a la 46.



Figura 43. Bosquejo completo. Fuente: Autor

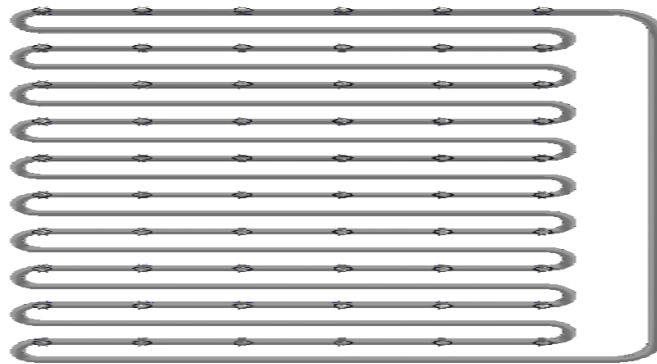


Figura 44. Vista superior. Fuente: Autor

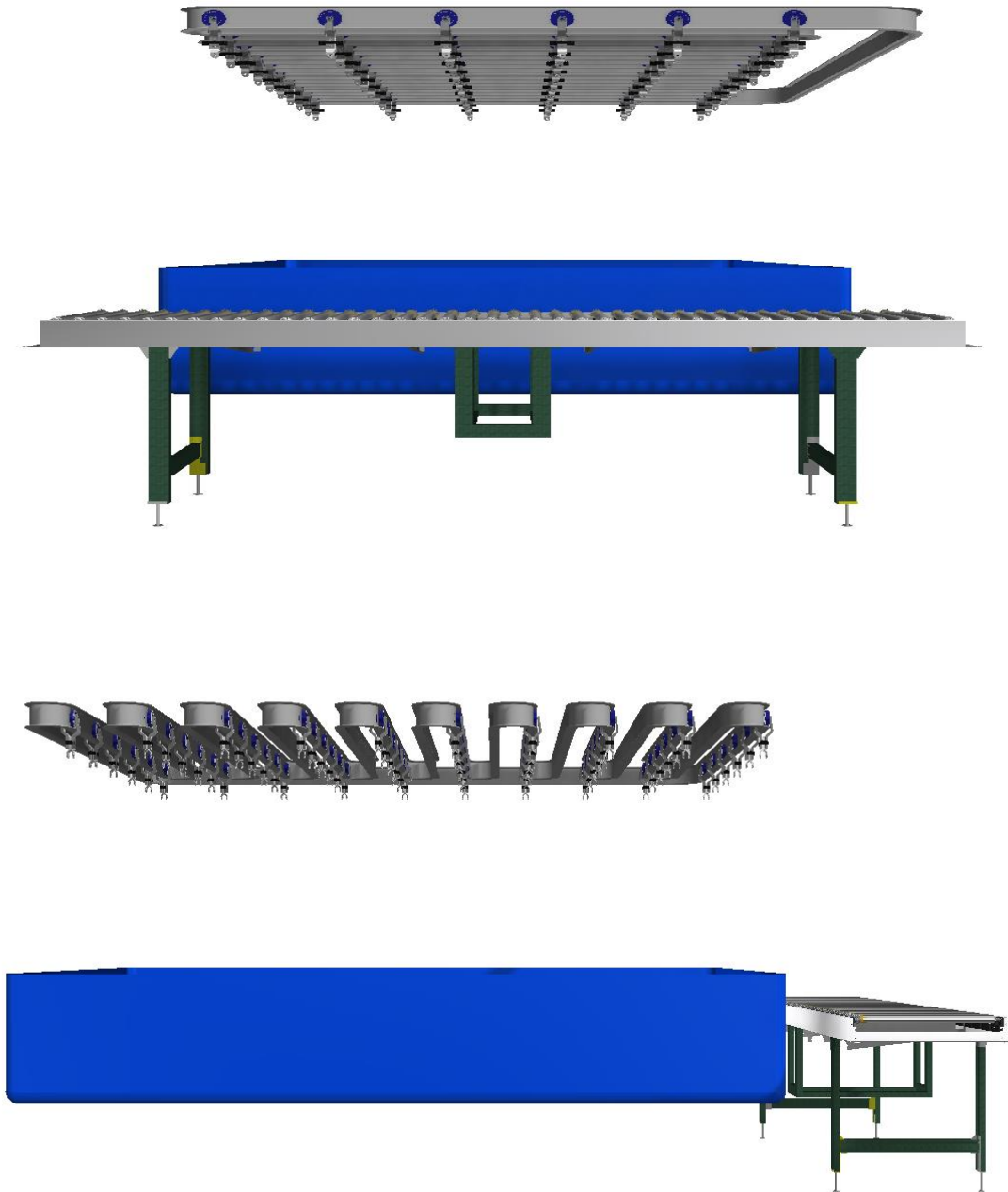


Figura 45. Vistas laterales. Fuente: Autor

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

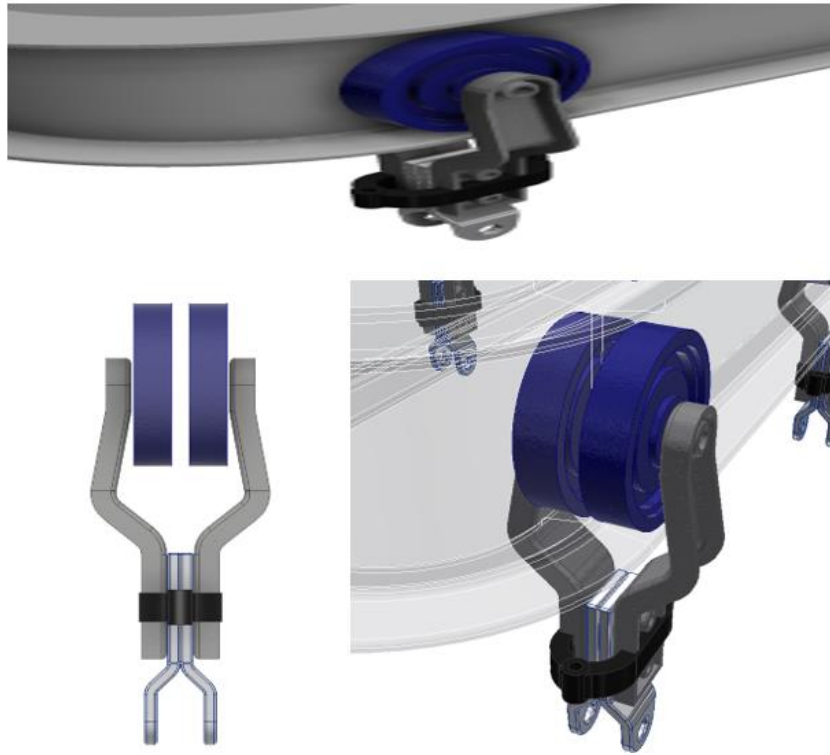


Figura 46. Trolley. Fuente: Autor

Quando se encontró que mecanismo se utilizara para el movimiento de la cadena para el transporte y selección del plátano en el tanque de lavado, se procedió a calcular las partes mecánicas y realizar los planos los eléctricos de gabinete de control que se encuentran en el anexo 4 y se dará como definitivo cuando este proyecto se lleve a la finca bananera.

De manera más detallada lo que se espera del gabinete de control es que al dar inicio a la máquina, la cadena se mueva a una velocidad en el tanque ya antes calculada, y los plátanos estén el tiempo necesario para su completa limpieza. Después de pasar este tiempo pasaran por un centro de carga que estará en el riel y este enviara una señal a unos servos que dirán por peso a donde serán soltados para su correcta clasificación.

Para realizar este proceso se adoptó el plc por su facilidad a la hora de programar y darle las variables que tiene el programa para su correcto funcionamiento,

Como adicional se realizó varios presupuestos para saber que costo aproximado tendría la implementación de mejora en el proceso que se encontrara el anexo 5.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Selección del sistema transmisión.

Después realizar los calculas de la potencia que debe tener el motor reductor para mover el peso calculado anteriormente, encontramos que comercialmente hay un equipo que se adapta a las necesidades del proyecto como se evidencia en las figuras encontradas a continuación. (47-48)

CARACTERISTICAS TECNICAS MOTORREDUCTOR CIDEPa	
REF : MRH-90/15 1 B3	
REFERENCIA	MRH-90/15 1 B3
CV INTALDOS	1
KW INSTLADOS	0.75
RELACION	84.0
ACCIONAMIENTO	MOTOR CIDEPa B-5
MONTAJE	PATAS
TAMAÑO	90
FACTOR DE SERVICIO	0.90
PAR NOMINAL KPM	41.15
RPM SALIDA	15
RENDIMIENTO	96
RELACION EXACTA	84.38
IMAGEN	

Figura 47. Ficha técnica de motorreductor cidepa (cidepa, 2019)

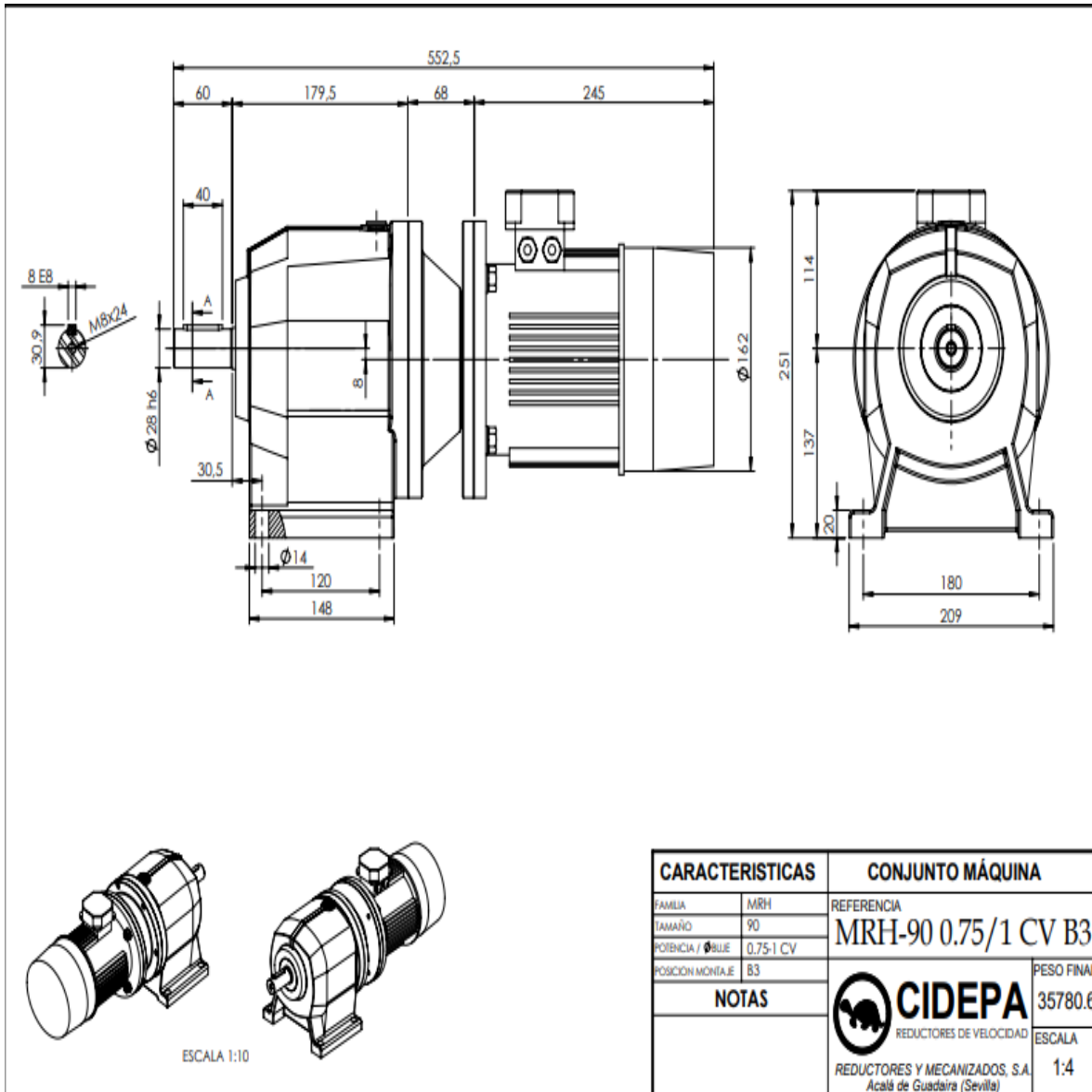


Figura 48. Plano de motorreductor cidepa (cidepa, 2019)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Desarrollo de la transmisión del motoreductor hasta la piñón y cadena.

Engranaje cónico recto.

Para poder unir el moto reductor al sistema se encontró que este debía ir en etapas, de esta manera encontramos que por su comodidad en la instalación y precios en la primera etapa la opción más clara es la encontrada en la figura 49 que se encuentra a continuación.



Figura 49. Engranaje cónico recto. (morse, 2018)

Para empezar estos cálculos debemos utilizar las tablas de número de dientes del piñón Vs. El ángulo de presión sin socavación tabla 8 y la tabla de número de dientes en piñón y engranaje Vs. Angulo de presión tabla 9. Estas tablas nos indican de acuerdo al Angulo de la hélice como debemos empezar los cálculos.

Tabla 8. Numero de dientes mínimo para evitar socavación. (DUDLAY, 1973)

Angulo de la hélice en grados	Numero de dientes mínimo para evitar socavación		
	Angulo de presión normal α		
	20°	22.5°	25°
0 (Engranaje rectos)	17	14	12
5	17	14	12
10	17	14	12
15	16	13	11
20	15	12	10
23	14	11	10
25	13	11	9
30	12	10	8
35	10	8	7
40	8	7	6
45	7	5	5

Tabla 9. Numero de dientes en corona Vs. Angulo de presión. (DUDLAY, 1973)

Numero de dientes del piñón	Numero de dientes en corona y Angulo de presión		
	Paso fino ($M_n \leq 1.25$) $\alpha 20^\circ$	Paso grueso ($M_n \geq 1.375$) $\alpha 20^\circ$	Paso grueso $\alpha 25^\circ$
7	42		
8	39		
9	36		
10	33	25	15
11	30	24	14
12	27	23	12
13	25	22	
14	23	21	
15	21	20	
16	19	19	
17	18	18	

Después de utilizar las tablas anteriores se obtienen los siguientes datos para realizar los cálculos para su construcción:

Paso diametral (Pd)= 8

Angulo hélice= 0°

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Angulo Presión Normal= 20°

Numero de dientes del piñón (Np)= 17

Numero de dientes del engranaje (Ng)= 18

Con los datos encontrados se utilizaran para hallar cada una de las variables para el correcto maquinando del engranaje cónico recto (figura 49), en la siguiente tabla (10) se encontraran los resultados obtenidos después de resolver cada una de la ecuación entrada en los anexo1.

Tabla 10. Resultados cálculos Fuente: Autor

Mg	1.05	c	0.0211 in
d	2.125 in	hm	0,190 in
D	2.25 in	c1	0.473 in
γ	43.36°	ag	0.079 in
Γ	46.63°	ap	0.09 in
Ao	1.547 in	bg	0.111 in
F	1.5 in	bp	0.1 in
Fnom	0.4641 in	sg	6.98
Fmax	0.5156 in	sp	5.45
Fmin	0.125 in	aog	0.126 in
Am	1.047 in	aop	0.151 in
Pm	0.265 in	Do	2.076 in
h	0.169 in	do	1.905 in

$m_G =$ Relacion de engranaje

Diámetro de paso:

$d =$ Piñon

$D =$ Engranaje

Diámetro de paso del cono :

$\gamma =$ Piñon

$r =$ Engranaje

$A_o =$ Distancia exterior en el cono

$F =$ Se debe especificar el ancho de la cara

$F_{nom} =$ Ancho nominal de la cara

$F_{max} =$ Ancho maximo de la cara

$A_m =$ Distancia media del cono

$P_m =$ Paso circular medio

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

$h =$ Profundidad media de trabajo

$c =$ Holgura

$h_m =$ Profundidad media total

$c_1 =$ Factor medio del addendum

$a_G =$ Addendum medio del engranaje mayor

$a_p =$ Addendum medio del piñón

$b_p =$ dedendum medio del piñón

$b_G =$ dedendum medio del engranaje

$S_G =$ Angulo de Addendum del engraje

$S_p =$ Angulo de Addendum del piñón

$a_{oG} =$ Addendum exterior del engraje

$a_{oP} =$ Addendum exterior del piñón

$D_o =$ Diametro exterior del engraje

$d_o =$ Diametro exterior del piñón

Calculo del eje.

La unión entre el engranaje cónico y el piñón conductor se debe realizar por medio de un eje como se ve en la figura 50. Para diseñar este eje se debe escoger primero el material teniendo en cuenta la tensión y su fluencia.



Figura 50. Eje de unión. Fuente: autor

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

En la siguiente tabla 11 se encontraran los resultados obtenidos con el paso a paso para desarrollar el diseño de un eje. En el anexo 2 encontraremos las formulas necesarias para desarrollar cada una de las formulas (mott, 2006) del paso a paso.

NOTA: El material que se va utilizar sera: acero AISI 1137 OQT 400

- 1) Se determina las propiedades para el acero para el eje. S_y , S_u
- 2) Se estima el Factor de tamaño C_s .
- 3) Se estima el factor de confiabilidad $C_r=0,81$
- 4) Se calcula la resistencia estimada real a la fatiga S'_n
- 5) Se calcula el par torsional en el eje
- 6) Se determinan las fuerzas con su magnitud y dirección sobre los engranajes que están montados sobre el eje
- 7) Se calculan las reacciones en los rodamientos, y se realizan los diagramas de fuerza cortante y momento flector.
- 8) El momento flexionante en un punto es la resultante del momento en los planos donde se aplican las fuerzas.
- 9) El factor de concentración de esfuerzo permite tener diferencia en los valores de los diámetros. Para los cálculos se estima un valor de 1.5
- 10) Se calcula el diámetro mínimo del eje con la ecuación general

Tabla 11. Resultados cálculos Fuente: Autor

S_u	136000 psi	S'_n	36980 psi
S_y	157000psi	T	2100 LB.m
C_s	0.83	W_t	5600 lb
C_r	0.81	W_r	2038 lb
SN	55000 psi	CM	1
Reaccion X,Y	5600	Reaccion Y,Z	-2038
	-2038		-5600
Momento X,Y	-40760	Momento X,Z	-112000
N_{max}	119165	K_t	1.5
D	4,83 in		

Selección del cuñero.

Para la selección del cuñero se tomó el dato más cercano al eje calculado y este se buscó en la figura 51 a continuación y dio como resultado que el tamaño nominal del a cuña es que dice que es cuadrada de 1 in.

Tamaño nominal del eje		Tamaño nominal de la cuña		
Más de	Hasta (incl.)	Ancho, W	Altura, H	
			Cuadrada	Rectangular
5/16	7/16	3/32	3/32	
7/16	9/16	1/8	1/8	3/32
9/16	7/8	3/16	3/16	1/8
7/8	1	1/4	1/4	3/16
1	1 1/8	5/16	5/16	1/4
1 1/8	1 1/4	3/8	3/8	1/4
1 1/4	2	1/2	1/2	3/8
2	2 1/4	5/8	5/8	7/16
2 1/4	3	3/4	3/4	1/2
3	3 1/2	7/8	7/8	5/8
3 1/2	4	1	1	3/4
4	5	1 1/4	1 1/4	7/8
5	6	1 1/2	1 1/2	1
6	7	1 3/4	1 3/4	1 1/4
7	9	2	2	1 1/2
9	11	2 1/2	2 1/2	1 3/4
11	13	3	3	2
13	15	3 1/2	3 1/2	2 1/2
15	18	4		3
18	22	5		3 1/2
22	26	6		4
26	30	7		5

Fuente: Reimpreso de la norma ANSI B17.1-1967 (R98) con autorización de la American Society of Mechanical Engineers. Todos los derechos reservados.

Nota: Se prefieren los valores en las áreas no sombreadas. Las dimensiones están en pulgadas.

Figura 51. Tamaño de la cuña de acuerdo al diámetro. (mott, 2006)

Calculo de la cadena y el piño para reducción de rpm hasta la necesitada por el sistema.

La velocidad que se necesita entregar al sistema es de 7.5 rpm por lo que se encontró que la solución de más fácil acceso y construcción es la de piñón y cadena. La figura 52 muestra la un ejemplo de lo que se quiere hacer.

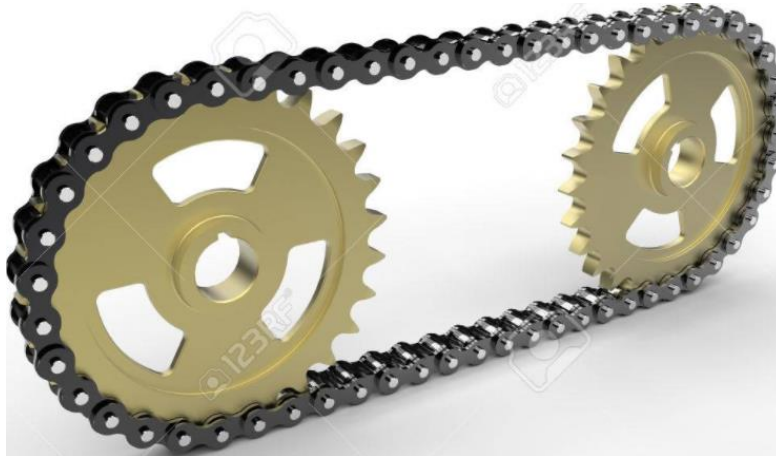


Figura 52. Transmisión por cadena. (123RF, 2005)

En la siguiente tabla 12 se encuentran resultados obtenidos después de utilizar las fórmulas para el diseño de transmisión de cadena que se encuentran en el anexo 3.

Tabla 12. Resultados cálculos Fuente: Autor

Fs	1.3	N1 CATARINA	25 dientes
Pd	1.hp	CAPACIDAD	1.473
R	2	N2 CATARINA G	50 dientes
CADENA	# 80	V. S.E n2	7.5 rpm
PASO	1	D1	7.97 in
LUBRICACION	TIPO A	D2	15.92 in
L	117.6	C	41.06
Q1	169	Q2	191

F_s = Factor de seguridad

P_d = Potencia de diseño

R = Relacion

N_1 = Dientes catarina pequeña

N_2 = Dientes catarina grande

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

$n_2 =$ *Velocidad de salida esperada*

$D_1 =$ *Diametro catarina pqña*

$D_2 =$ *Diametro catarina grande*

$L =$ *Longitud de la cadena*

$C =$ *Distancia entre centros*

$Q_1 =$ *Angulo de contacto catarina pqña*

$Q_2 =$ *Angulo de contacto catarina grande*

Después de realizar el debido análisis a la investigación, la implementación de nuestra propuesta podemos decir que el cuidado del operario sería una prioridad por que no tendría que realizar movimientos repetitivos que son los que generan más problemas a a la hora de realizar una labor. La calidad y rapidez del proceso devolvería la inversión en tiempo muy corto ya que no se perdería tiempo y mucho menos habría reprocesos por una mala selección.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Sistema de selección después de lavado.

Al finalizar el sistema de lavado del producto también se cuenta con un sistema mecánico de selección del plátano por medio de su peso, como se puede apreciar en la figura 53; Todo esto con el objetivo de reducir los movimientos repetitivos de los operarios y seleccionar las calidades del producto de pendiendo la necesidad del cliente final.



Figura 53. Sistema mecánico de selección. Fuente: Autor

En la figura 53 se puede apreciar un conjunto de sistemas eléctricos y mecánicos que consisten en el gancho de sujeción del producto, un centro de carga y servomotor. Estos 3 equipos se encargan de soltar los plátanos en unas mesas de selección dependiente de sus peso, esto es posible gracias a una vez los ganchos terminan el recorrido por los rieles tocan el centro de carga este envía una señal a la configuración del plc que inmediatamente se comunica con el servomotor y hace girar su eje, en este eje esta ensamblado una leva que hace contacto el accionamiento del gancho lo que permite que el producto caiga en la mesa de selección final.

Por ultimo sigue el recorrido del gancho donde inicia el proceso, ahí el operario de desmane se encarga de ensamblar nuevamente el accionamiento del gancho.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



Figura 54. Celda de carga. (naylampmechatronics, 2019)

La celda de carga ref: **SEN-CC-FZ1439** encontrada en la figura 54, es equipo que nos permite detectar pesos y dar señales de control sin tener que ocupar grandes espacios. Este equipo puede ser el equipo más sensible en el proceso de selección porque manda la señal de para activar el servomotor adecuado para una correcta selección del producto.

Las celdas de carga son transductores que soportan cargas de compresión, tensión y flexión y las convierten en una magnitud eléctrica proporcional a la carga. Existen celdas de carga de tipo hidráulico, neumático y con galgas extensiométricas, siendo estas últimas las más utilizadas en la industria por su precisión, durabilidad y precio. La aplicación principal de las celdas de carga es la medición de peso en la industria de alimentos, medicamentos, transporte entre otras.



Figura 54 Servomotor o Encoder. (clr.es, 2019)

El servomotor (xinje [44702](#)) Figura 54 es un equipo que permite que abrir los ganchos que cargan los plátanos por medio de una leva que acciona el sistema de apertura de los ganchos y los deja caer en la banda correcta. El servomotor o encoder es un equipo de precisión en velocidad y posición, y por esto es la mejor opción para recibir señales de equipos de control como los plc y que estos tienden a ser lentos en él envió de señales.

El servomotor convierte el movimiento mecánico (giros del eje) en pulsos digitales interpretados por un controlador de movimiento. También utilizan un driver, que en conjunto forman un circuito para comandar posición, torque y velocidad,



Figura 55 Gancho de transporte de plátano. (hspanish.alibaba, 2020)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Los ganchos de carga de la figura 55 son equipos que necesitan algunos ajuste para para dar solución a necesidad planteada, son de fácil adquisición y bajos cotos.

Este equipo transporta el plátano durante todo el proceso por lo que se debe garantizar que sea de muy buena calidad por el proceso de lavado requiere químicos que puede dañar estos.

Los ganchos no son totalmente automáticos por que al iniciar nuevamente el recorrido debe ser puesto es su posición por un operario, aun a si la carga laboral y física puede ser reducida en un alto porcentaje, lo que sería uno resultados que más se esperan de la solución dada.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- Se diseña una máquina para el transporte, limpieza y selección de la producción en una planta productora de bananos, obteniendo un adecuado proyecto que asegura el bienestar del trabajador minimizando los riesgos laborales que pueden presentarse por el sobreesfuerzo físico generado al momento de tomar el gajo de los tanques de lavado, también se evidencia que con este trabajo se puede aumentar la producción y mejorar la calidad del producto puesto que se merma el daño mecánico que se genera de la selección del banano manualmente.
- Se diagnostica el proceso actual de transporte, limpieza y selección de la producción y se identificaron las fallas e inconvenientes que suceden durante el proceso, todo esto se dio por medio de una revisión bibliográfica que realizó durante elaboración del proyecto, se encontró que el proceso actual de cosecha del plátano es poco tecnificado y tradicional, con procesos completamente manuales, lo cual genera un bajo rendimiento de producción y esto se ve reflejado en cifras económicas.
- Una de las principales limitaciones que se generó fue el poco contacto que se pudo dar con las plantas productoras, puesto que el ingreso a ellas no fue posible y todo el todo relacionado con el proceso del diseño se dio por medio de investigación virtual y documentos encontrados relacionados con el tema.
- Se propone soluciones a los problemas de la tecnificación y el proceso manual de la productora de bananos elaborando una matriz morfológica, se optó por un sistema aéreo de transporte y lavado, puesto que este proceso requiere un sistema que no obstaculice el desmane o inspección visual durante el lavado.
- De acuerdo a la matriz morfológica analizada se selecciona la mejor alternativa de solución utilizando una matriz de evaluación y de acuerdo a esta se eligió la mejor opción de diseño el cual es un sistema transportador aéreo basado en vigas que debe de cumplir con varios factores de gran importancia como el peso que debe transportar el sistema, la cantidad de tiempo que inmersión del banano en el tanque de lavado y las dimensiones que deben tener el tanque de lavado.
- Se diseña y se seleccionan los elementos mecánicos, eléctricos y de control de la máquina, realizando un análisis morfológico para las principales partes de la máquina las cuales cumplen con especificaciones básicas que garanticen el correcto funcionamiento de la maquina durante su proceso de modo que no se vayan a ver afectadas por el contacto directo con el agua y con los diferentes agentes químicos que se utilizan para el lavado de los gajos del banano, también se tiene en cuenta el presupuesto del costo de la máquina lo cual va a generar un costo beneficio, puesto que el valor de la inversión se va ver remunerado al aumentar la producción y generar mayores ganancias por la agilidad en el proceso.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Se pretendía realizar un manual proponiendo un plan de mantenimiento, pero se encontró que para hacer esto se debe realizar un prototipo y de este modo concluir con exactitud si todas las partes seleccionadas forman el diseño adecuado y es por esto que faltaría profundizar más para poder realizar un manual que cumpla con todas las características de la máquina.
- En el trabajo futuro se pretende realizar el prototipo y la implementación de la maquina en una finca platanera y concluir y resolver todos los inconvenientes que se encontraron durante este proyecto y llegado al caso realizar las modificaciones necesarias al momento de poner en funcionamiento la máquina para que esta cumpla con todos los objetivos propuestos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

REFERENCIAS

- 123RF. (2005). Obtenido de https://es.123rf.com/photo_24089636_transmisi%C3%B3n-por-cadena-y-engranajes-aislados-sobre-fondo-blanco.html
- Academia rafa wilchez. (25 de 09 de 2019). <https://academiarafavilchez.com>. Obtenido de <https://academiarafavilchez.com/calculadora-interpolacion/>
- Agaton, L., & Mejia Gutierrez, L. F. (julio de 2002). [www.Bdigital.unal.edu.co](http://www.bdigital.unal.edu.co). Obtenido de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1010/1/libardoleonagaton.2002.pdf>
- Agrocalidad . (2016). *Manual de aplicabilidad de buenas practicas agricolas del banano*. Quito: OSIA Marketing y Diseño.
- agudelo, C. e., quintero, d. o., & muñoz , J. A. (2017). *DISEÑO DE MÁQUINA ENDEREZADORA DE FLEJE METÁLICO*. Medellín.
- Aguirre, F. J. (26 de 07 de 2018). *bdigital portal de revistas UN*. Obtenido de revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/27847/28115
- AIRES, U. T. (09 de 2019). <http://www.fernandezantonio.com.ar>. Obtenido de [http://www.fernandezantonio.com.ar/Documentos/Materiales%20en%20Unidades%20-%20Transportadores%20Aereos%20a%20Cadenas%20-%202016\(1\).pdf](http://www.fernandezantonio.com.ar/Documentos/Materiales%20en%20Unidades%20-%20Transportadores%20Aereos%20a%20Cadenas%20-%202016(1).pdf)
- Aravena, H. D. (4 de 11 de 2010). Diseño y calculo de una maquina curvadora de perfiles para la empresa metalmeccanica AGS ingenieros limitada. Chile. Obtenido de <https://spanish.alibaba.com/product-detail/4-i-beam-and-overhead-monorail-conveyor-components-60671890319.html>
- arenales, j. c. (28 de 9 de 2019). *proyecto de ing mecanica*. Obtenido de <http://biblio3.url.edu.gt/Libros/2013/ing/pim/7.pdf>
- Augura - PNUMA. (2009). *Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de platano de exportacion en la region de uraba*. Medellín: Comunicaciones AUGURA.
- Bananotecnia. (10 de marzo de 2017). www.bananotecnia.com. Obtenido de bananotecnia el portal tecnico del banano: <http://www.bananotecnia.com/uncategorized/mexico-puerto-chiapas-principal-exportador-de-platano-para-chiquita/>
- Barquero S., M. (8 de Julio de 2008). Productores independientes piden alza en caja de banano. *nacion.com*, pág. 1.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Centro aceros. (22 de mayo de 2020). *www.centroaceros.com*. Obtenido de <http://www.centroaceros.com/cablevias/banano/#tab-id-5>
- cidepa, K. M. (25 de 09 de 2019). *https://www.cidepa-sincron.com*. Obtenido de <https://www.cidepa-sincron.com/es/22/km-moto-reductores-de-sin-fin-corona>
- clr.es. (29 de marzo de 2019). Obtenido de <https://clr.es/blog/es/servomotor-cuando-se-utiliza/>
- compracompras. (11 de 10 de 2017). *compracompras.com*. Obtenido de <http://www.compracompras.com/ar/producto/641267044/riel-para-carro-para-porton-corredizo-roma-art-164-de-6-mt>
- Corporacion PBA. (2012). *Manejo tecnologico del manejo del platano*. Bogota: Jose Suarez diseño grafico y multimedia.
- Courtney, J. (3 de enero de 2017). *invisionapp.com*. Obtenido de Inside Design: <https://www.invisionapp.com/inside-design/design-sprints-united-nations/>
- DANE. (2014). *El cultivo del platano (musa paradisiaca) un importante alimento para el mundo*. Dirección de Difusión, Mercadeo y Cultura Estadística del Departamento Administrativo Nacional de Estadística.
- Delifruit S.A. (2015). *www.delifruit.com.ec*. Obtenido de <http://www.delifruit.com.ec/>
- Design sprints. (15 de septiembre de 2019). *designsprintkit.withgoogle.com*. Obtenido de Desing Sprints: <https://designsprintkit.withgoogle.com/methodology/phase3-sketch/crazy-eights>
- Ducasse industrial . (4 de 11 de 2018). *www.ducasseindustrial.com*. Obtenido de <http://www.ducasseindustrial.com/corredera-d-300-hd.html>
- DUDLAY, D. W. (1973). *MANUAL DE ENGRANAJES*. BARCELONA, ESPAÑA: COMPAÑIA EDITORIAL CONTINENTAL S.A.
- ekuatio. (18 de 09 de 2017). *ekuatio*. Obtenido de clases de matematicas online: ekuatio.com/volumen-y-area-de-un-cilindro-ejercicios-resueltos-paso-a-paso/
- Escalante, R. E., & Romero V, O. A. (2004). Su cosecha y poscosecha en la cadena agroindustrial. *Platano*, 10-11.
- factory factor solutions. (11 de 10 de 2018). *factoryfactorsolutions.com*. Obtenido de <http://www.factoryfactorsolutions.com/industria-avicola/>
- Food and agriculture organization of the united nations. (2014). *www.fao.org*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/CA2801ES/ca2801es.pdf>
- frutirey, b. (11 de 09 de 2019). bocadillos frutirey. *empresa*. Medellin, Colombia .

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Fundiciones Toro Ramirez S.A.S. (2020). *www.garruchastoro.com*. Obtenido de <https://www.garruchastoro.com/index.php/garruchas>
- Gaviria, A. M. (2008). *Manual de manejo de las diferentes etapas de produccion de banano de exportacion. valle* .
- Gomez Leon, M., & Gualdron Becerra, N. (15 de febrero de 2010). Mejoramiento de la cosecha y postcosecha del banano criollo musa sapientum L. de los productores asociados de san vicente de chucuri; santander colombia. bucaramanga, colombia.
- Gomez, G. A. (2008). *Manual de manejo de las diferentes etapas de produccion de banano de exportacion. Valle*.
- Grupo de investigacion agricola, C. r. (1999). *El cultivo del platano*. Quindio: Corporacion colombiana de investigacion agropecuaria, comite de cafeteros del quindio.
- GV desing sprint school . (2018). *gvdesignsprint.com*. Obtenido de <http://www.gvdesignsprint.com/2018/10/29/fase-3-bocetar/>
- hspanish.alibaba*. (23 de enero de 2020). Obtenido de https://spanish.alibaba.com/product-detail/sliding-banana-trolley-60817116727.html?spm=a2700.md_es_ES.deiletai6.1.6ace311bA39jnQ
- <http://www.powertransmissionworld.com/files/2014/07/Fig04.png>. (27 de 09 de 2019). Obtenido de <http://www.powertransmissionworld.com/files/2014/07/Fig04.png>: <http://www.powertransmissionworld.com/files/2014/07/Fig04.png>
- ICONTEC. (1976). *Instituto colombiano de normas tecnicas y certificacion*. Bogota D.C: ICONTEC 4-5.
- Ingenieros analpes. (2019). *www.analpes.com*. Obtenido de <https://www.analpes.com/productos/cable-vias/>
- inoxpa. (27 de 09 de 2019). *www.linkindutrial.es/web/*. Obtenido de www.linkindutrial.es/web/: https://www.inoxpa.com/uploads/document/Fitxa%20tecnica/Components/Mescla/Agitators/FA.Ag.1_ES.pdf
- Isoba, O. (07 de 09 de 2007). *matriz creativa morfologica de fritz zwicky*. Obtenido de matriz creativa morfologica de fritz zwicky: matriz creativa morfologica de fritz zwicky
- Lobato, E. M., & Picho barrionuevo, c. E. (Abril de 2016). *universidad politecnica salesiana QUITO*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12227/1/UPS-KT01245.pdf>
- Macias, H. C. (2016). Descripción de la agrocadena del platano en colombia. Bogota D.C, colombia.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- manufacturas del acero S.A. (11 de 10 de 2015). *G.P. manufacturas del acero*. Obtenido de <http://www.gpacero.es/portfolio-item/perfiles-normalizados/>
- Martinez Acosta, A. M. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (Musa AAA Simmonds cvs. Gran Enano y Valery). *Revista facultad nacional de agronomia medellin*.
- Mendez Hernandez, C., & Rodriguez Serrano, M. (junio de 2016). *www.agrocabildo.org*. Obtenido de http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_596_platanera.pdf
- morse, c. y. (23 de 05 de 2018). *directindustry*. Obtenido de <https://www.directindustry.es/prod/cross-morse/product-20096-1247473.html>
- Mott, R. (2006). *DISEÑO DE ELEMENTOS DE MAQUINAS*. MEXICO: PEARSON.
- mott, R. I. (2006). <https://jorgegonzalezconeo.files.wordpress.com>. Obtenido de https://jorgegonzalezconeo.files.wordpress.com/2010/11/disec3b1o_mecanico_mott_4ed.pdf
- Motte, R. L. (2006). *Diseño de Elementos de Maquinas, cuarta edicion*. Mexico: PEARSON.
- naylampmechatronics*. (23 de Febrero de 2019). Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores/157-celda-de-carga-20kg.html>
- Nivihe S.A. (11 de 10 de 2019). *Nivihe distribuidor oficial siemens*. Obtenido de <https://motores-electricos.com.ar>: <https://motores-electricos.com.ar/catalogo/motores-trifasicos-siemens/motor-electrico-trifasico-siemens-1500-rpm-4-polos-copia/>
- Oremor. (2007). *Oremor al servicio de la agricultura*. Obtenido de www.oremor.com: <https://www.oremor.com/calibrador1.html>
- oscar, i. (7 de 9 de 2019). *matriz creativa morfologica de fritz zwicky*. Obtenido de matriz creativa morfologica de fritz zwicky: <https://www.gestiopolis.com/matriz-creativa-o-morfologica-de-fritz-zwicky/>
- Portafolio. (10 de 07 de 2019). *Buen balance del pais en exportaciones de banano*. Obtenido de Portafolio: <https://www.portafolio.co/economia/buen-balance-del-pais-en-exportaciones-de-banano-531443>
- Portafolio. (08 de 08 de 2019). *Portafolio*. Obtenido de <https://www.portafolio.co/economia/confirman-presencia-de-peligroso-hongo-en-cultivos-de-banano-532385>
- Raintforest alliance . (25 de junio de 2018). *www.rainforest-alliance.org*. Obtenido de <https://www.rainforest-alliance.org/articles/how-are-more-sustainable-bananas-grown>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Reyes, P. (11 de 10 de 2010). *http://blog.pucp.edu.pe*. Obtenido de <http://blog.pucp.edu.pe/blog/wp-content/uploads/sites/16/2010/03/Analisis-morfologico.pdf>
- Rodriguez Nuñez , A. (10 de 10 de 2017). *maquinaria e industria*. Obtenido de [maquinaria e industria: maquinariaeindustria.es/que-son-las-tolvas-industriales/](http://maquinariaeindustria.es/que-son-las-tolvas-industriales/)
- Rodriguez, U. V. (2012). *Asistencia tecnica dirigida en cosecha y post- cosecha de banano organico. Agrobanco servicios financieros para el peru rural*, 15.
- Rodriguez, U. V. (2012). *Asistencia tecnica dirigida en cosecha y post cosecha de banano organico*. sullana.
- ROSSI INDUSTRIAL TECHNOLOGY. (s.f.). *www.ristsrl.com.Ar*. Obtenido de ROSSI INDUSTRIAL TECHNOLOGY: <http://www.sistemasenlaweb.com/ERPContable/usuarios/316/Articulos/Tolvas%20de%20Arenado%20o%20Granallado.pdf>
- Serway, R. A. (2014). *Serway. Physics for Scientists and Engineers*. Brooks/Cole.
- Uniplast. (2016). *www.uniplast.pe*. Obtenido de <http://uniplast.pe/productos/alimentos/bandejas/p-banano/bandeja-para-banano/>
- valles, a. (21 de 4 de 2015). *Como aplicar una matriz morfológica* . Obtenido de Como aplicar una matriz morfológica: <http://www.myadriapolis.net/2015/04/como-aplicar-una-matriz-morfologica.html>
- Viteri Espinosa, P. M. (2017). *www.ueec.edu.ec*. Obtenido de repositorio.uees.edu.ec: <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/1786/1/paula%20viteri%20PLAN%20DE%20NEGOCIO%202017%20%28Recovered%29.pdf>

 ITM Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ANEXOS

Anexo 1. Fórmulas para el diseño del engranaje cónico recto.

$$m_G = \frac{N_G}{N_P}$$

$$d = \frac{N_P}{P_d}$$

$$D = \frac{N_G}{P_d}$$

$$\gamma = \tan^{-1} \frac{N_P}{N_G}$$

$$r = \tan^{-1} \frac{N_G}{N_P}$$

$$A_o = \frac{0.5D}{\text{Sen}\Gamma}$$

Se especifica el ancho de la cara F

$$F_{nom} = 0.30A_o$$

$$F_{max} = \frac{A_o}{3}$$

$$F_{max} = \frac{10}{P_d}$$

$$A_m = A_{mG} = A_o - 0.5F$$

Relación $\frac{A_m}{A_o} = 0.676$ se utiliza en varios cálculos que siguen.

$$P_m = \left(\frac{\pi}{P_d}\right) \left(\frac{A_m}{A_o}\right)$$

$$h = \left(\frac{2}{P_d}\right) \left(\frac{A_m}{A_o}\right)$$

$$c = 0.125h$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

$$h_m = h + c$$

$$c_1 = 0.210 + \frac{0.290}{(m_G)^2}$$

$$a_G = c_1 h$$

$$a_p = h - a_G$$

$$b_G = h_m - a_G$$

$$b_p = h_m - a_p$$

$$S_G = \tan^{-1} \frac{b_G}{A_{mG}}$$

$$S_p = \tan^{-1} \frac{b_p}{A_{mG}}$$

$$a_{oG} = a_G - 0.5 \tan S_p$$

$$a_{oP} = a_p - 0.5 \tan S_G$$

$$D_o = D - 2a_{oG} \cos r$$

$$d_o = d - 2a_{oP} \cos y$$

Anexo 2. Fórmulas para el cálculo del diseño de un eje.

Determinar propiedades del acero.

APÉNDICE 3 PROPIEDADES DE DISEÑO PARA LOS ACEROS AL CARBÓN Y ALEADOS

Designación del material (Número AISI)	Condición	Resistencia a la tensión S_u		Resistencia de fluencia S_y		Ductilidad (porcentaje de elongación en 2 pulgadas)	Dureza Brinell (HB)
		(ksi)	(MPa)	(ksi)	(MPa)		
1020	Laminado en caliente	55	379	30	207	25	111
1020	Estirado en frío	61	420	51	352	15	122
1020	Recocido	60	414	43	296	38	121
1040	Laminado en caliente	72	496	42	290	18	144
1040	Estirado en frío	80	552	71	490	12	160
1040	OQT 1300	88	607	61	421	33	183
1040	OQT 400	113	779	87	600	19	262
1050	Laminado en caliente	90	620	49	338	15	180
1050	Estirado en frío	100	690	84	579	10	200
1050	OQT 1300	96	662	61	421	30	192
1050	OQT 400	143	986	110	758	10	321
1117	Laminado en caliente	62	427	34	234	33	124
1117	Estirado en frío	69	476	51	352	20	138
1117	WQT 350	89	614	50	345	22	178
1137	Laminado en caliente	88	607	48	331	15	176
1137	Estirado en frío	98	676	82	565	10	196
1137	OQT 1300	87	600	60	414	28	174
1137	OQT 400	157	1083	136	938	5	352
1144	Laminado en caliente	94	648	51	352	15	188
1144	Estirado en frío	100	690	90	621	10	200

PROPIEDADES DE DISEÑO PARA ACEROS AL CARBÓN (Mott, 2006)

S_y

S_u

Factor de tamaño

Unidades Sistema Americano	
Rango de Tamaño	Para D en Pulgadas
$D \leq 0.30$	$C_s = 1.0$
$0.30 < D \leq 2.0$	$C_s = \left(\frac{D}{0.3}\right)^{-0.11}$
$2.0 < D < 10.0$	$C_s = 0.859 - 0.02125D$

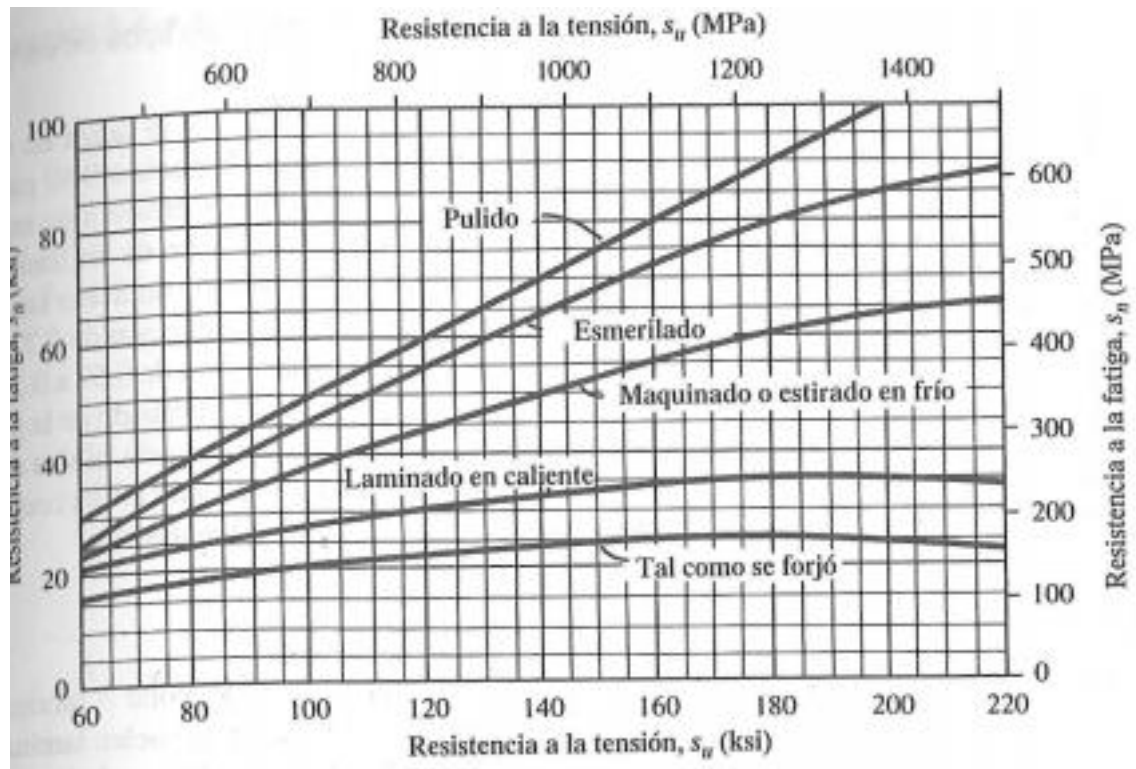
Tabla Correlaciones para determinar el factor de tamaño

Factor de confiabilidad

Confiabilidad Deseada C_r	
50%	1.0
90%	0.90
99%	0.81
999%	0.75

El C_r se determina 0.81 debido a que se trabaja con un factor de confiabilidad del 99%

$$C_r = 0.81 \text{ Resistencia estimada real a la fatiga}$$



Para calcular el S_n se utiliza el esfuerzo último del material seleccionado y la línea de maquinado en la gráfica número **XX**

S_n

MATERIAL	VALOR
Acero Forjado	1.00
Acero Colado	0.80
Acero Pulverizado	0.76
Hierro Colado Maleable	0.80
Hierro Colado Gris	0.70
Hierro Colado Dúctil	0.66

Tabla XX Factor del material

El C_m se determinará de la tabla del factor del material; el cual es un acero forjado

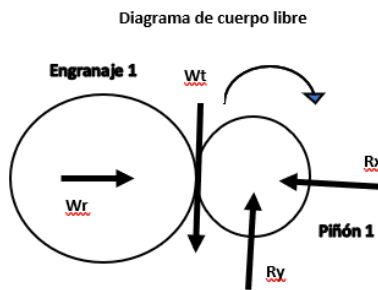
$$C_m = 1$$

$C_{st} = 1$ es debido a que no se presentan esfuerzos axiales por qué utilizamos un rodamiento que contra resta esta fuerza.

$$S'n = (S_n)(C_m)(C_{st})(C_r)(C_s)$$

$$T = \frac{63000(P)}{n}$$

Fuerzas con su magnitud y dirección sobre los engranes monta dos en el eje



$$W_t = \frac{T}{(D/2)}$$

$$W_r = W_t \tan \phi$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Momento Flector Máximo

$$M_{max} = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2}$$

Factor de concentración de esfuerzo

$$K_t = 1.5$$

Diámetro Mínimo del eje

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{K_t M_{max}}{s'n} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(\frac{T}{S_y} \right)^2} \right]^{1/3}$$

Anexo 3. Fórmulas para el cálculo del sistema de piñón y cadena.

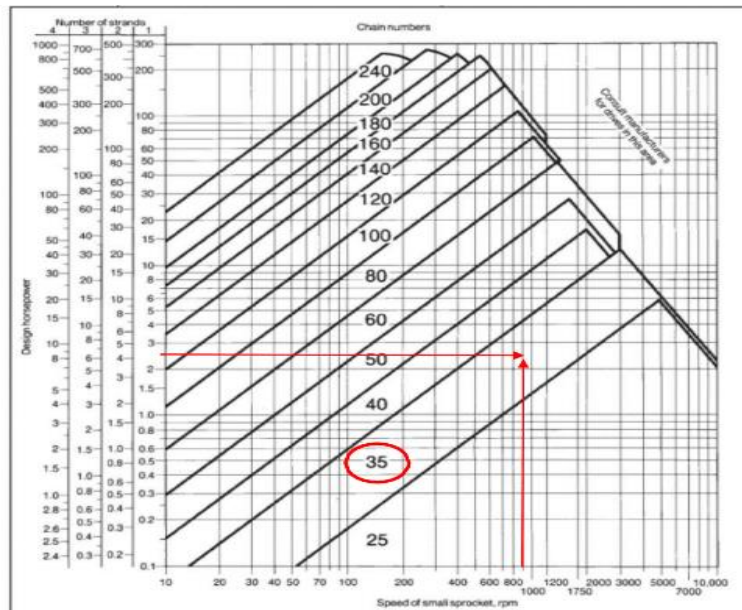
Se debe empezar averiguando el factor de seguridad utilizando la siguiente tabla

Factores para calcular el margen compensatorio de seguridad			
Clase de la fuente de potencia			
Tipo de carga	Motor de combustión interna con convertidor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con embrague o caja mecánica
Uniforme	1.0	1.0	1.2
Fluctuante	1.2	1.3	1.4
Muy fluctuante	1.4	1.5	1.7

$P_{diseño} = P_{nominal} \times F_s$

$$R = W_1 / W_2$$

Ahora según la tabla escogeremos el ANSI en la tabla que vemos en la figura 12:



En la siguiente tabla se encuentra el paso de la cadena, la capacidad, el paso y el tipo de lubricación.

TABLA 7-7 Capacidades en caballos de fuerza - Cadena simple de rodillos número 80

Núm. de dientes	1.000 pulgadas de paso				Velocidad mínima de giro de la catarina, rev/mín																			
	10	25	50	75	88	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2500	3000	3500	4000
11	0.44	1.06	2.07	3.05	3.56	4.03	7.83	11.56	15.23	18.87	22.48	26.07	27.41	22.97	19.61	14.92	11.84	9.69	8.12	6.83	4.96	3.77	3.00	2.45
12	0.48	1.16	2.26	3.33	3.88	4.39	8.54	12.61	16.82	20.59	24.53	28.44	31.23	26.17	22.35	17.00	13.49	11.04	9.25	7.90	5.65	4.30	3.41	2.79
13	0.52	1.26	2.45	3.61	4.21	4.76	9.26	13.66	18.00	22.31	26.57	30.81	35.02	29.51	25.20	19.17	15.21	12.45	10.43	8.91	6.37	4.85	3.85	3.15
14	0.56	1.35	2.63	3.89	4.53	5.12	9.97	14.71	19.39	24.02	28.62	33.18	37.72	32.98	28.16	21.42	17.00	13.91	11.66	9.96	7.12	5.42	4.30	3.52
15	0.60	1.45	2.82	4.16	4.86	5.49	10.68	15.76	20.77	25.74	30.66	35.55	40.41	36.58	31.23	23.76	18.85	15.43	12.93	11.04	7.90	6.01	4.77	0.00
16	0.64	1.55	3.01	4.44	5.18	5.86	11.39	16.81	22.16	27.45	32.70	37.92	43.11	40.30	34.41	26.17	20.77	17.00	14.25	12.16	8.70	6.62	5.25	0.00
17	0.68	1.64	3.20	4.72	5.50	6.22	12.10	17.86	23.54	29.17	34.75	40.29	45.80	44.13	37.68	28.66	22.75	18.62	15.60	13.32	9.53	7.25	0.00	
18	0.72	1.74	3.39	5.00	5.83	6.59	12.81	18.91	24.93	30.88	36.78	42.66	48.49	48.08	41.05	31.23	24.78	20.29	17.00	14.51	10.39	7.90	0.00	
19	0.76	1.84	3.57	5.28	6.15	6.95	13.53	19.96	26.31	32.60	38.84	45.03	51.19	52.15	44.52	33.87	26.88	22.00	18.44	15.74	11.26	0.36	0.00	
20	0.80	1.93	3.76	5.55	6.47	7.32	14.24	21.01	27.70	34.32	40.88	47.40	53.88	56.32	48.08	36.58	29.03	23.76	19.91	17.00	12.16	0.00		
21	0.84	2.03	3.95	5.83	6.80	7.69	14.95	22.07	29.08	36.03	42.92	49.72	56.58	60.59	51.73	39.36	31.23	25.56	21.42	18.29	13.09	0.00		
22	0.88	2.13	4.14	6.11	7.12	8.05	15.66	23.12	30.47	37.75	44.97	52.14	59.27	64.97	55.47	42.20	33.49	27.41	22.97	19.61	14.03			
23	0.92	2.22	4.33	6.39	7.45	8.42	16.37	24.17	31.85	39.46	47.01	54.51	61.97	69.38	59.30	45.11	35.80	29.30	24.55	20.97	15.00			
24	0.96	2.32	4.52	6.66	7.77	8.78	17.09	25.22	33.24	41.18	49.06	56.88	64.66	72.40	63.21	48.08	38.16	31.23	26.17	22.35	15.99			
25	1.00	2.42	4.70	6.94	8.09	9.15	17.80	26.27	34.62	42.89	51.10	59.25	67.35	75.42	67.20	51.12	40.57	33.20	27.83	23.76	8.16			
26	1.04	2.51	4.89	7.22	8.42	9.52	18.51	27.32	36.01	44.61	53.14	61.62	70.05	78.43	71.27	54.22	43.02	36.22	29.51	25.20	0.00			
28	1.12	2.71	5.27	7.77	9.06	10.25	19.93	29.42	38.78	48.04	57.23	66.36	75.44	84.47	79.65	60.59	48.08	39.36	32.98	28.16	0.00			
30	1.20	2.90	5.64	8.33	9.71	10.98	21.36	31.52	41.55	51.47	61.32	71.10	80.82	90.50	88.33	67.20	53.33	43.65	36.58	31.23				
32	1.28	3.09	6.02	8.89	10.36	11.71	22.78	33.62	44.32	54.91	65.41	75.84	86.21	96.53	97.31	74.03	58.75	48.08	40.30	5.65				
35	1.40	3.38	6.58	9.72	11.33	12.81	24.92	36.78	48.47	60.05	71.54	82.95	94.29	105.58	111.31	84.68	67.20	55.00	28.15	0.00				
40	1.61	3.87	7.53	11.11	12.95	14.64	28.48	42.03	55.40	68.63	81.76	94.80	107.77	120.67	133.51	103.46	82.10	40.16	0.00					
45	1.81	4.35	8.47	12.49	14.57	16.47	32.04	47.28	62.32	77.21	91.98	106.65	121.24	135.75	150.20	123.45	72.28	0.00						

Tipo A: Lubricación manual o por goteo
 Tipo B: Lubricación en baño o con disco
 Tipo C: Lubricación con chorro de aceite

$$N_2 = nR$$

Como no tenemos ninguna restricción se usa la distancia recomendada: C: 40 PASOS

$$n_2 = n_1 \frac{N_1}{N_2}$$

$$D_1 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{N_1}\right)}$$

$$D_2 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{N_2}\right)}$$

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 + N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

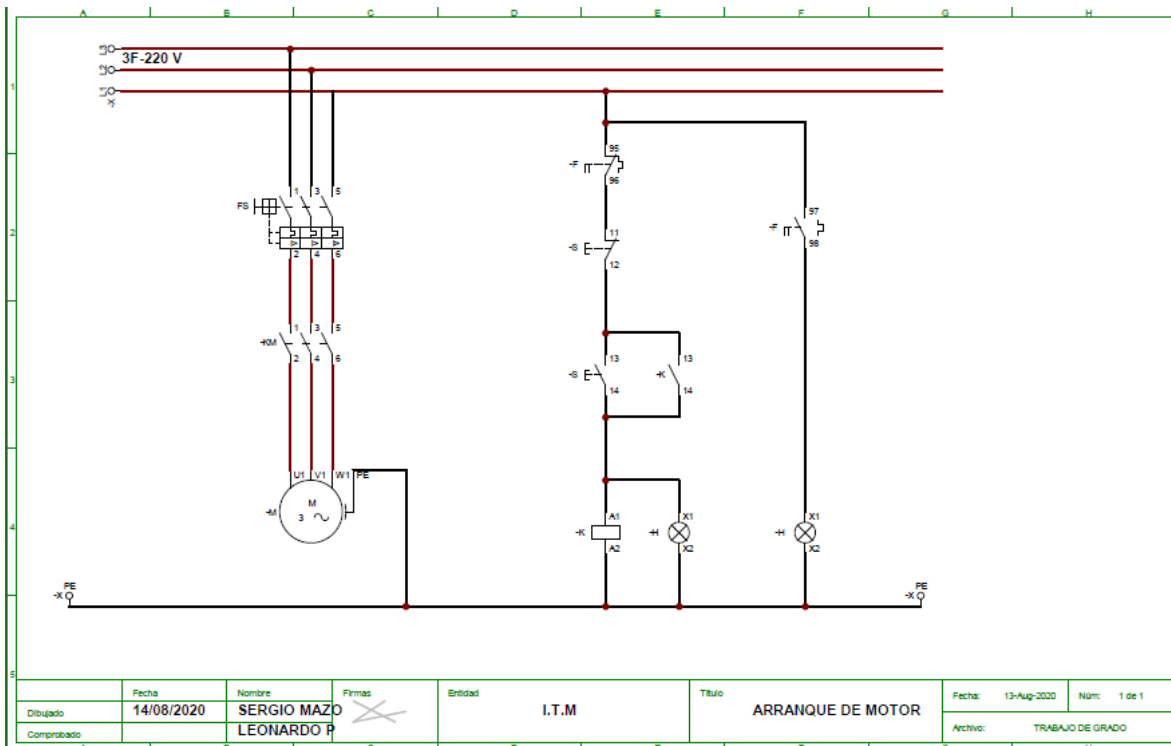
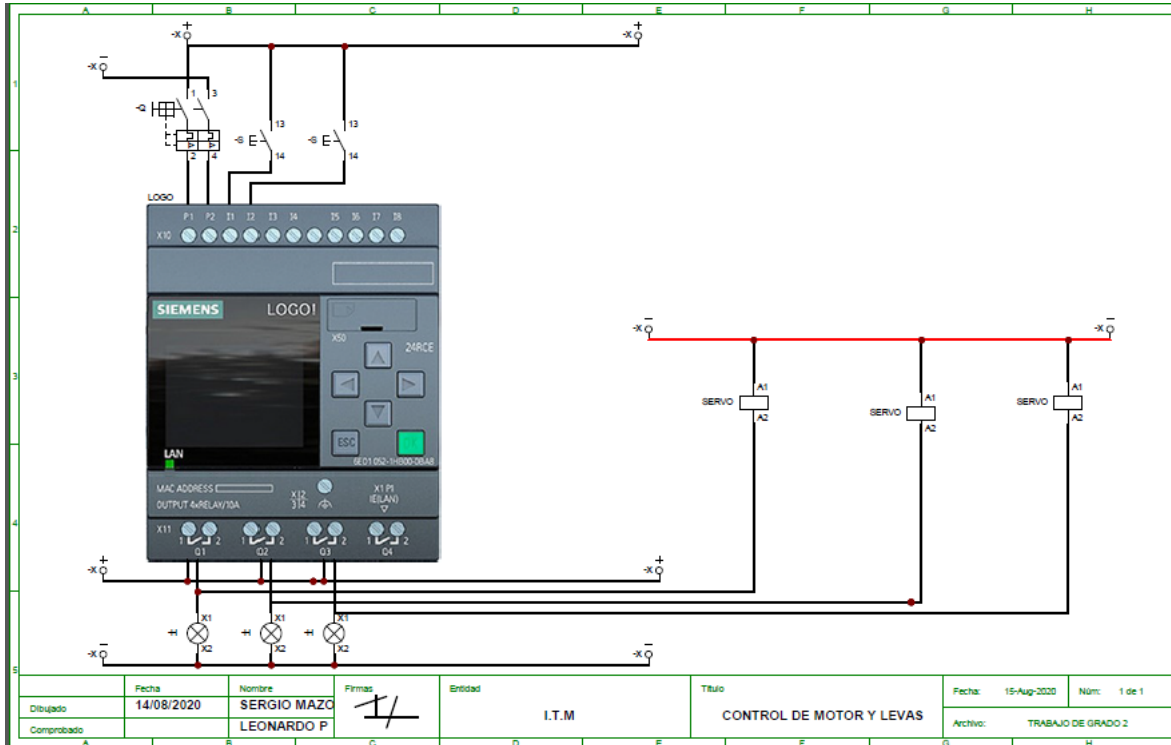
$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left(L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right)^2 - \frac{8(N_2 + N_1)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$Q_1 = 180 - \text{sen}^{-1} \left(\frac{D_2 + D_1}{2C} \right)$$

$$Q_2 = 180 + \text{sen}^{-1} \left(\frac{D_2 + D_1}{2C} \right)$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Anexo 4. Planos eléctricos de arranque y control.



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Anexo 5 Cotizaciones.



COTIZACIÓN

CALLE 30A N° 71-13
 Medellín, Antioquia.
 Sitio Web: www.controlareq.com
 Teléfono: (4)3221549
 Cel: 3002358902
 Asesor de venta: JULIAN CASAS

FECHA	12/07/2020
COTIZACIÓN #	700-L
VALIDO HASTA	20/07/2020

CLIENTE

LEONARDO PEREZ
 SERGIO MAZO

DESCRIPCIÓN	REFERENCIA	CANT.	PRECIO UNIT.	TOTAL
TABLERO DE CONTROL INCLUYE:		1	\$ 2.500.000	\$ 2.500.000
TABLERO 60X80X25				\$ -
PLC SIEMENS				\$ -
BREAKER 2X20				\$ -
BORNA DE CONTROL (32)				\$ -
CABLE DE CONTROL Y MARCACION				\$ -
EQUIPOS PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO				\$ -
BREAKER PPAL DE 80 AMP				\$ -
ENCODER		3	650000	1.950.000
CENTRO DE CARGA		1	3400000	3.400.000
PROGRAMA DE PLC		1	350000	350.000
MANO DE OBRA, PUESTA EN MARCHA Y BIATICOS		1	4000000	4.000.000
CABLE DE POTENCIA		100	24000	2.400.000
IMPREVISTOS DEL 10%		1	1160000	1.160.000
				-
				-

TÉRMINOS Y CONDICIONES

1. La aprobación de esta oferta se realizara con orden de compra
2. El pago será de acuerdo a negociacion.

Subtotal	\$ 15.760.000
Iva %	19%
Total Iva	\$ 2.994.400
TOTAL	\$ 18.754.400

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



SEI HIDROMELC
NIT. 1036392545-5
Calle 23 # 33-46 El Carmen Antioquia

Rionegro 13 de julio de 2020

Señor.
LEONARDO PEREZ Y SEGIO MAZO

Asunto.
COTIZACION DE ESTRUCTURA PARA LAVADO DE BANANO

Envío para su analisis, la siguiente propuesta comercial.

	SUMINISTRO	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	PRECIO TOTAL
	KIT DE CARRO JERVIS 500 L Y RIEL DE DE 0.0762 X 1.98 METROS	UNIDAD	32	\$ 454.138	\$ 14.532.416
	CADENA X458 DE 3 METROS	UNIDAD	30	\$ 251.750	\$ 7.552.500
	CARGADOR DE BANANO CON ACIONAMIENTO DE LEVA	UNIDAD	32	\$ 60.000	\$ 1.920.000
	MESANINE PARA INSTALACION DE EQUIPOS DE CONTROL Y POTENCIA	UNIDAD	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000
	MANO DE OBRA Y BIATICOS	UNIDAD	1	\$ 8.000.000	\$ 8.000.000
	IMPREVISTO DEL 10%	UNIDAD	1	\$ 3.000.000	3000000
	subtotal				\$ 36.004.916
	IVA				\$ 6.840.934
	Total				\$ 42.845.850

NOTA : Cantidades estimadas, se facturan cantidades realmente instaladas, bien sea por exceso o por defecto, se suministra la primer porcion del quimico desinfectante su ficha tecnica y formula de prepracion.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Anexo 6 Planos finales.

Los planos finales se encuentran como un archivo adicional adjunto. Se adjunta link de archivos de todo el trabajo realizado el programa inventor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020



FIRMA ESTUDIANTES _____





FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____