

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



TEMA DE LA TESIS

“Diseño y construcción de una máquina de disco de diamante cortadora de neumáticos fuera de uso, en el recinto “Las cucharas” del cantón El Empalme, provincia del Guayas, año 2014”.

Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

JINSON DAVID QUINTANILLA SALCEDO

Director de tesis:

Msc. Ing. Luis Gabriel Pico Saltos

Quevedo - Ecuador

Año 2014

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO

Yo, QUINTANILLA SALCEDO JINSON DAVID, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Quintanilla Salcedo Jinson David

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

El suscrito, Ing. Luis Gabriel Pico Saltos, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Quintanilla Salcedo Jinson David, realizó la tesis de grado previo a la obtención del título de grado de INGENIERIA INDUSTRIAL titulada “Diseño y construcción de una máquina de discos de diamantes cortadora de neumáticos usados, en el recinto “Las cucharas” del cantón El Empalme, provincia del Guayas, año 2014”, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

f. _____

Msc. Ing. Luis Gabriel Pico Saltos
DIRECTOR DE TESIS

UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL



Presentado al Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Aprobado:

MSC. ING. LEONARDO BAQUE MITE
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

MSC. ING. JAVIER CONDOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

ING. LUIS MERA CHINGA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR
AÑO 2014

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mi padre celestial, quien ha sido mi guía espiritual y fuente de inspiración.

Agradezco a mis padres que son ejemplos de perseverancia y amor, quienes supieron en momentos de flaqueza, darme los ánimos necesarios para seguir firme y constante ante problemas, su apoyo es de gran importancia para el desarrollo de este proyecto.

Especialmente, agradezco a mi esposa y a mi hija que son mi mayor motivación de superación, porque estuvieron presentes en los momentos buenos y malos, y son un papel importante en mi vida.

Agradezco a la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en especial a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, por brindarme la oportunidad de formarme como profesional y poder ser útil en la sociedad.

Agradezco a mi director de tesis al Ing. Gabriel Pico Saltos, por compartir sus conocimientos y contribuir con la elaboración del presente proyecto de tesis, y a todos mis docentes, amigos, compañeros y personas que de una u otra manera me apoyaron para culminar exitosamente una etapa más en mi vida.

DEDICATORIA

Este trabajo dedico a Dios por la salud,
y especialmente por la oportunidad
que me ha otorgado para cumplir esta
meta.

A mis amados padres José Quintanilla y
Alejandrina Salcedo por el apoyo
sostenible en todo momento, por los
consejos y darme la mayor herencia “La
Educación”.

A mi esposa Jeniffer De León que con
tanto amor y paciencia supo estar
conmigo en los momentos más difíciles, y
ser una compañera incondicional.

INDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHO	II
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS	III
AGRADECIMIENTO	V
DEDICATORIA	VI
ABSTRAC.....	XXI
CAPÍTULO I.....	1
MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	1
1.1. Introducción	2
1.2. Diagnóstico del problema.....	3
1.3. Formulación del problema.....	5
1.4. Justificación	6
1.5. Objetivos	7
1.5.1. Objetivo general	7
1.5.2. Objetivos específicos.....	7
1.6. Hipótesis.....	8
1.6.1. Hipótesis general	8
CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Denominación del neumático según los países	10
2.1.1. El Neumático.....	10
2.1.2. Tipos de neumáticos	11
2.1.3. Componentes del neumático	11
2.1.3.1. Caucho sintético	13
2.1.3.1.1. Tipos de caucho sintético	13
2.1.3.1.2. Clasificación de Cauchos Sintéticos.....	13
2.1.3.2. Propiedades del Caucho SBR: Procesado	14
2.1.3.2.1. Propiedades de ruptura	15
2.1.3.2.2. Degradación	16
2.1.3.2.3. Abrasión	16
2.1.4. Estructura del neumático	17
2.1.5. Codificación de Neumáticos.....	18
2.1.6. El Neumático fuera de uso	19
2.1.6.1. Desgates de Neumáticos	19
2.1.6.2. Desgaste legal	20
2.1.7. Reciclaje de neumáticos	20

2.1.8. Neumáticos como recipientes	21
2.2. Los Neumáticos en el cultivo de la Pitahaya.....	22
2.2.1. La fruta Pitahaya.	22
2.2.2. Tutorio o formación de espalderas.	23
CAPÍTULO III.....	25
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.1. Materiales y métodos	26
3.1.1. Materiales y equipos de la investigación.....	26
3.1.2. Materiales para la construcción de la máquina.....	26
3.1.3. Equipos para la construcción de la máquina.....	27
3.1.4. Métodos	27
3.1.4.1. Inductivo.....	27
3.1.4.2. Deductivo	28
3.1.4.3. Sistémico	28
3.1.4.4. Analítico	28
3.2. Tipo de investigación	28
3.3. Diseño de Investigación.....	29
3.3.1. Diseño experimental factorial AxBxC	29
3.4. Población y Muestra.....	29
CAPÍTULO IV	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1. Diseño del almacén neumático fuera de uso.....	33
4.1.1. Análisis del dimensionamiento del neumático fuera de uso.	33
4.1.2. Análisis de corte del neumático fuera de uso.....	33
4.1.2.1. Forma de corte.....	37
4.1.3. Análisis de esfuerzo del tutorio.....	37
4.1.3.1. Esfuerzo admisible en el soporte.....	38
4.1.3.1.1. Análisis de esfuerzo tracción, compresión y cortante en la varilla de trefilada.....	38
4.2. Diseño y selección de los componentes de la máquina.....	43
4.2.1. Elementos para el diseño	43
4.2.1.1. Sistema de corte.....	44
4.2.1.1.1. Descripción de las partes del sistema de corte	44
4.2.1.1.1.1. Componentes de las partes fijas del sistema de corte	45
4.2.1.1.2. Parámetros funcionales del sistema de corte	48
4.2.1.1.2.1. Velocidad de corte	49

4.2.1.1.2.2.	Potencia requerida/absorbida por la cuchilla.....	49
4.2.1.2.	Sistema de transmisión de potencia	51
4.2.1.2.1.	Descripción de las partes del sistema de transmisión.....	51
4.2.1.2.2.	Calculo de transmisión de las poleas.....	51
4.2.1.2.3.	Cálculo de la potencia del motor	57
4.2.1.2.3.1.	Inercia de las masas.....	58
4.2.1.2.3.2.	Velocidad y aceleración angular.....	59
4.2.1.2.3.3.	Torque.....	60
4.2.1.2.3.4.	Potencia.....	60
4.2.1.2.4.	Potencia para mover el rotor.....	61
4.2.1.2.4.1.	Calculo de ejes	61
4.2.1.2.4.1.1.	Información del cálculo (Inventor Profesional).....	63
4.2.1.2.4.1.2.	Cálculo de la potencia.....	70
4.2.1.2.4.2.	Potencia requerida.....	71
4.2.1.2.4.3.	La potencia que debe suministrar el motor.....	71
4.3.	Análisis de costo	85
4.3.1.	Presupuesto referencial de la máquina.....	85
4.3.1.1.	Costos directos	85
4.3.2.	Elementos del Costo directo	88
4.3.2.1.	Costos Indirectos.....	89
4.3.3.	Costo total	89
4.3.4.	Análisis de costos por operación y mantenimiento	90
4.3.5.	Otros.....	91
4.3.5.1.	Salvamento de la máquina	91
4.3.5.2.	Depreciación de la máquina	91
4.3.5.3.	Análisis del punto de equilibrio.....	93
4.3.6.	Evaluación económica	97
4.3.6.1.	Determinación del costo de capital.....	99
4.3.6.2.	Periodo de recuperación de la inversión	99
4.3.6.3.	Matriz de toma de decisiones.....	103
4.4.	Construcción y montaje	104
4.4.1.	Descripción del proceso de construcción.....	104
4.4.2.	Operaciones tecnológicas de la construcción.....	106
4.4.3.	Cursograma sinóptico de la construcción	109
4.4.4.	Prueba comparativa.....	110
4.4.5.	Análisis estadístico	113

4.4.6.	Prueba de rangos múltiples: Tukey HSD	114
4.4.7.	Análisis de rendimiento	116
4.4.8.	Operación y mantenimiento	117
4.4.8.1.	Operación	117
4.4.8.2.	Mantenimiento	118
4.4.8.3.	Especificaciones técnicas	118
CAPÍTULO V		120
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		120
5.1.	Conclusiones	121
5.2.	Recomendaciones	123
CAPÍTULO VI		125
BIBLIOGRAFIA		125
6.1.	Literatura Citada	126
CAPÍTULO VII		128
ANEXOS		128

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Neumáticos de Pasajeros (automóviles y camionetas).....	13
Tabla 2. Cuadro comparativo de las propiedades del caucho empleado en los neumáticos.....	14
Tabla 3. Propiedades del caucho SBR	17
Tabla 4. Materiales y equipos de la investigación.....	26
Tabla 5. Materiales para la construcción de la máquina.....	26
Tabla 6. Equipos para la construcción de la máquina.....	27
Tabla 7. Población y Muestra.....	31
Tabla 8. Sistema y elementos de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso.	44
Tabla 9. Sistema de transmisión de potencia y rotor	51
Tabla 10. Propiedades de la correa de transmisión de potencia	54
Tabla 11. Propiedades de la polea de entrada	55
Tabla 12. Propiedades de la polea de salida	55
Tabla 13. Comprobación de resistencia del diseño	56
Tabla 14. Resumen de mensaje de compatibilidad del diseño en Inventor Profesional	57
Tabla 15. Dimensión del sistema de potencia	62
Tabla 16. Análisis de inercia del sistema de potencia.....	62
Tabla 17. Material base del eje de transmisión.....	63
Tabla 18. Propiedades del cálculo / inventor profesional.....	64
Tabla 19. Cargas actuantes en el eje de transmisión	64
Tabla 20. Soportes o reacciones actuantes en el eje de transmisión	65
Tabla 21. Resultados del sistema de tensiones presentes en el eje.....	65
Tabla 22. Cálculo de potencia del motor.....	71
Tabla 23. Propiedades físicas del perfil de la bases de la estructura	74
Tabla 24. Tipo de simulación	74
Tabla 25. Material base de la estructura.....	75
Tabla 26. Secciones transversales del material de la estructura	76
Tabla 27. Modelo de viga.....	77
Tabla 28. Cargas fijas en las bases d la estructura	77

Tabla 29. Gravedad ejercida en la máquina	78
Tabla 30. Fuerza ejercida el punto de corte.....	78
Tabla 31. Fuerzas y pares de reacciones en restricciones	80
Tabla 32. Resumen de resultados estáticos del diseño de la máquina	81
Tabla 33. Costo total (\$) de materiales y accesorios mecánicos	85
Tabla 34. Costos totales (\$) de la mano de obra	87
Tabla 35. Costo (\$) por maquinaria y equipos utilizados de la máquina.....	87
Tabla 36. Costos por transporte.....	88
Tabla 37. Valor total costos directos	89
Tabla 38. Costos Indirectos	89
Tabla 39. Costo total.....	89
Tabla 40. Consumo eléctrico	90
Tabla 41. Costo de operación y mantenimiento.....	91
Tabla 42. Depreciación de la máquina.....	93
Tabla 43. Clasificación de los costos	94
Tabla 44. Punto de equilibrio	95
Tabla 45. Proyección de beneficio/punto equilibrio.....	96
Tabla 46. Detalle de flujos-beneficios	98
Tabla 47. Periodo de la recuperación de la inversión/beneficio	100
Tabla 48. Periodo de recuperación de inversión del proyecto	101
Tabla 49. Análisis económico de la máquina	101
Tabla 50. Resultados del análisis económico	102
Tabla 51. Matriz de decisiones del proyecto	103
Tabla 52. Partes constitutivas de la máquina	104
Tabla 53. Operaciones tecnológicas para la construcción de la máquina	106
Tabla 54. Cantidad de neumáticos a cortar	111
Tabla 55. Diseño experimental ABC	112
Tabla 56. Análisis de Varianza para TRATAMIENTOS - Suma de Cuadrados	113
Tabla 57. Pruebas de Múltiple Rangos para TRATAMIENTOS por FACTOR A	114
Tabla 58. Pruebas de Múltiple Rangos para TRATAMIENTOS por FACTOR B	115

Tabla 59. Pruebas de Múltiple Rangos para TRATAMIENTOS por FACTOR C	115
Tabla 60. Capacidad de trabajo de la máquina	118
Tabla 61. Especificaciones generales de la máquina	119

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Componentes del neumático	12
Figura 2. Estructura del neumático	18
Figura 3. Codificación del Neumático	19
Figura 4. Tutoreo de la fruta	24
Figura 5. Estructura de un neumático sin cámara.....	35
Figura 6. Diferencia entre neumático radial y convencional.....	36
Figura 7. Diagrama de la resistencia a la perforación entre neumático radial y convencional	36
Figura 8 . Forma de corte del neumático fuera de uso	37
Figura 9. Varilla trefilada	39
Figura 10. Cargas presentes en la varilla	40
Figura 11. Diagrama de esfuerzos de tracción y compresión presentes en la varilla	42
Figura 12. Partes del sistema principal de la máquina.....	43
Figura 13. Sistema de apoyo del neumático de corte	45
Figura 14. Sistema de corte	45
Figura 15. Cuchilla de corte	47
Figura 16. Rodillos centradores de corte	47
Figura 17. Inventor Profesional, sistema de transmisión por polea.....	52
Figura 18. Ventana generador de componentes de correas Inventor Profesional.	53
Figura 19. Sistema de transmisión de potencia y rotor	61
Figura 20. Diagrama de fuerzas en el eje de transmisión	63
Figura 21. Fuerza de corte del eje de transmisión	66
Figura 22. Fuerza de corte, plano YZ del eje de transmisión.....	66
Figura 23. Momento flector del eje de transmisión	67
Figura 24. Momento flector, plano YZ del eje de transmisión	67
Figura 25. Ángulo de flexión del eje de transmisión.....	68
Figura 26. Flexión del eje de transmisión	68
Figura 27. Tensión de corte del eje de transmisión	69
Figura 28. Tensión de corte, plano YZ del eje de transmisión	69

Figura 29. Diámetro ideal del eje de transmisión	70
Figura 30. Estructura de las bases de la estructura.....	73
Figura 31. Fuerza ejercida en la viga critica	79
Figura 32. Desplazamiento máxima de la viga critica de corte	82
Figura 33. Momento (M_y) en la viga crítica de corte.....	82
Figura 34. Tensión normal	83
Figura 35. Punto de equilibrio	96
Figura 36. Diagrama de inversión	98
Figura 37. Cursograma sinóptico de construcción de la máquina.....	109
Figura 38. Neumático en el cultivo de huerto familiar	130
Figura 39. Neumático en el cultivo de la pitahaya.....	130

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Glosario de términos.....	128
ANEXO 2. Figuras referenciales del marco teórico.....	129
ANEXO 3. Entrevista realizada a Pitahsol S.A.....	130
ANEXO 4. Planos de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso.....	133
ANEXO 5. Construcción de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso.....	137

SÍMBOLOS, TÉRMINOS Y ABREVIATURAS

A	área
a	distancia, dimensión
b	ancho, dimensión
D, d	diámetro, distancia
E	módulo de elasticidad
F	fuerza
FS	factor de seguridad
G	módulo de elasticidad al esfuerzo cortante (módulo de rigidez)
M	mega— (10^6)
h	altura, profundidad o espesor, distancia
hp	caballo de potencia
I	inercia
m	metro
s	segundo
V	volumen
K, su	constante, factor de concentración de esfuerzos
N	Newton
plg	pulgadas
L, l	longitud
M	momento, momento flexionante
Vc	velocidad de corte
Pc	Potencia de corte
ω	velocidad angular (revoluciones por minuto)
α	aceleración angular
rad	radianes
v	velocidad lineal
N	Newton
T.	torque
P	fuerza, carga concentrada
rpm	revoluciones por minuto

SÍMBOLOS GRIEGOS

β (beta)	Ángulo en general
γ (gama)	Deformación unitaria por esfuerzo cortante
ϵ (épsilon)	Deformación unitaria
θ (teta)	Ángulo de torsión
μ (mu)	Relación de Poisson
ρ (ro)	Distancia radial
σ (sigma minúscula)	Esfuerzo unitario
Σ (sigma mayúscula)	Sumatoria
τ (tau)	Esfuerzo unitario cortante
Φ (fi)	Ángulo en general
$\varnothing$ (stroke)	Diámetro

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente trabajo se ha diseñado y construido una máquina cortadora de neumáticos fuera de uso, en forma paralela a la banda de rodamiento, con la finalidad reducir el esfuerzo físico del operador, tiempos y mejorar la calidad del corte respecto al que se lo obtiene manualmente, y permitirá reducir la contaminación por ende el espacio que ocupan en el medio ambiente, ya que estas serán reutilizadas principalmente en el cultivo de la fruta Pitahaya.

Utilizando una metodología adecuada se seleccionó las alternativas para el diseño y construcción de los principales sistemas, de la máquina considerándose varios criterios de esencial importancia.

El proceso de corte se desarrolló mediante un disco de diamante considerando el sistema de tracción de piñón doble de la rueda dentada, por lo que el neumático entrará en movimiento circular a través del sistema de rotor-corte accionados por un motor, el sistema de corte además posee una palanca y una gata hidráulica, mismo permitirá la perforación necesaria para la adquisición de las dos tapas cortadas del neumático. Las dos tapas adquiridas por el proceso de corte las denominaremos como armazón neumático.

La máquina será de fácil mantenimiento y de igual manera puede ser maniobrada con facilidad por operadores que conozcan del manejo de un sistema de perforación de taladro pedestal.

El diseño de la máquina se lo realizó mediante el software Inventor Profesional, aprovechando las propiedades de simulación de movimientos, se obtuvieron resultados compatibles con respecto a la resistencia de los materiales utilizados.

Se desarrolló un estudio económico, en donde se calculó los costos-beneficios proyectados a cuatro años, de acuerdo a un servicio y compra de neumáticos

cortados por parte de la empresa PitahaSol S.A. en ventas anuales; para una extensión de 3 hectáreas de cultivo de la fruta pitahaya.

Además se desarrolló un presupuesto de egresos de operación y mantenimiento para proyectarlos, después el monto total de la inversión se lo clasificó en inversión fija, y finalmente el proyecto fue sometido a la evaluación de cada uno de los indicadores principales que se utilizan para evaluar un proyecto. Como son periodo de recuperación de la inversión (PRI); el valor actual neto o valor presente neto (VAN); el índice de rentabilidad (IR) o relación costo beneficio (R C/B); y finalmente la más contundente y la que más les interesa a los inversionistas es la Tasa Interna de Retorno o Tasa de Rendimiento (TIR).

Finalmente se construyó y se realizó pruebas de rendimiento en la máquina con respecto a la calidad de corte, a través de un diseño experimental de 3 factores (AxBxC), se comprobó que con la implementación de este sistema mecánico se corta el neumático fuera de uso en menor tiempo, buen acabado y se minimizó el esfuerzo físico del operador.

ABSTRAC

In the present work we have designed and built a cutting machine out of use tires parallel to the tread, in order to reduce the physical effort of the operator time and improve cut quality with respect to which it obtains manually, and will reduce pollution hence the space they occupy in the environment, as these will be reused mainly in the cultivation of fruit pitahaya.

Using a suitable alternative methodology for the design and construction of major systems, the machine was selected considering several criteria essential.

The cutting process was developed by considering a diamond disk drive system of the double pinion gear, so that the tire enter into circular motion through-cutting rotor system driven by a motor, the cutting also has a lever and a hydraulic jack, the same drilling necessary to allow the acquisition of the two cut tire covers. The two tapas acquired by the cutting process will name as tire frame.

The machine is easy to maintain and likewise can be maneuvered easily by operators who know of operating a drilling system pedestal drill.

The design of the machine was made by Inventor Professional software, using the motion simulation properties compatible results were obtained with regard to strength of materials used.

An economic study, where the cost-benefit projected four years, according to a purchasing service and cut by the company calculated PitahaSol SA tires developed in annual sales; for an area of 3 hectares of the pitahaya fruit.

Furthermore a budget of expenses for operation and maintenance was developed to project, then the total amount of investment has been classified in fixed investment, and finally the project was submitted to the evaluation of each

of the main indicators used to evaluate a project. How are payback period on investment (PRI); the net present value or net present value (NPV); redituabilidad index (IR) or cost-benefit ratio (RC / B); and finally the strongest and most interests them to investors is the Internal Rate of Return or Rate of Return (IRR).

Finally it was built and performance testing was performed on the machine with respect to the cutting quality, through an experimental design of three factors ($A \times B \times C$), it was found that the implementation of this mechanical system the tire is cut out of use in less time, good workmanship and physical effort was minimized operator.

CAPÍTULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Introducción

Gracias a la industrialización que se vive hoy en día, existen diversas clases de máquinas y equipos las cuales permiten mejorar el rendimiento de un proceso productivo, sirviendo principalmente al hombre a la solución de problemas y necesidades del medio.

Como es de conocimiento general, el mayor problema de los residuos en los vehículos automotrices, lo constituyen los materiales plásticos y el caucho sintético (hidrocarburos), teniendo como principal componente los neumáticos usados o fuera de uso, ya que mayormente son almacenados en: talleres automotrices, vulcanizadoras, vertederos, botaderos, entre otros; y en la mayoría de los casos son quemados en basurales con la intención de disminuir el espacio que ocupan, siendo uno de los actos más crueles y contaminantes del medio ambiente.

(Tratamiento neumáticos usados, 2011). Actualmente los neumáticos fuera de uso son producto de un serio problema ecológico, considerando que son necesarios 10 siglos para que las mismas se degraden y desaparezcan de la naturaleza; es por esta razón que debemos reciclarlos, almacenarlos adecuadamente y posteriormente darles otro valor agregado.

En vista de esta situación el presente trabajo e investigación, pretende reducir la contaminación que producen los neumáticos fuera de uso, mediante el sistema mecánico propuesto, para que de esta manera sean cortados en dos tapas “armazón neumático”, y en lo posterior sean reutilizados en el área de la agricultura, teniendo en cuenta que en la actualidad los neumáticos cortados son utilizados específicamente para el cultivo de la fruta pitahaya como el sostén de la misma, en otros casos sirven para uso en huertos familiares, optimizando el espacio, agua y suelo.

1.2. Diagnóstico del problema

La necesidad surge de equilibrar y sostener un sembrío de plantas conocida como “pitahaya”, en un predio cuya extensión es de tres hectáreas en el recinto “Las Cucharas”, del cantón El Empalme, que le permita desarrollarse sin inconvenientes, a bajo costo y en armonía con el medio ambiente, con algún elemento que reúna estas características.

Se ha observado que un buen elemento que sirva para este propósito, son los neumáticos fuera de uso, cortados por la mitad en forma paralela al diámetro de la rueda. La cantidad de tiempo y esfuerzo físico de un operador que requerirá para el proceso de corte manual del neumático fuera de uso, utilizando rudimentariamente cuchillos, machetes u otros, resultará difícil y tediosa, ya que, se necesitarán por lo menos 1000 llantas cortadas en una hectárea de cultivo.

Por otro lado existe una escasa cultura de reciclado de materiales plásticos como el neumático usado, encontrándose mayormente en los basureros, sin dárseles el uso más conveniente, materia prima suficiente para este trabajo.

El corte de los neumáticos usados, es solucionado parcialmente en nuestro medio a través de distintas formas, en la mayor parte de ellas sin la mecanización adecuada. En nuestro medio son cortadas manualmente y en otras ocasiones utilizando equipos como las pulidoras, sierra caladora, entre otros, que en definitiva no resultan eficaces.

Se estudió la problemática de la situación, planteando las causas con sus efectos, las cuales se detallan de la siguiente manera:

1.2.1. Causas:

- Falta de conocimiento sobre las adecuadas aplicaciones de los neumáticos fuera de uso.
- Falta de cultura del reciclado de los neumáticos fuera de uso.
- No existe una máquina que proporcione el corte más adecuado del neumático fuera de uso, con el requerimiento necesario de seguridad industrial.

1.2.2. Efectos:

- Infraestructuras utilizadas para el cultivo de la fruta pitahaya inadecuadas y costosas.
- Seguirán existiendo neumáticos desechados en lugares públicos, perjudicando al medio ambiente, permitiendo que sirvan como criadero de insectos y vector de enfermedades; entre otras cosas, hecho perjudicial para la salud del hombre.
- Los operadores seguirán realizando un trabajo de corte manual, requiriendo mayor tiempo, esfuerzo físico, y con riesgos de sufrir cortes en sus extremidades.

1.3. Formulación del problema

La necesidad de un armazón neumático más cómodo, económico y amigable con el medio ambiente que permita el mejor desarrollo del cultivo de la fruta pitahaya con los rendimientos de producción más satisfactorios.

Surge entonces la creatividad del hombre para lograr esas condiciones de producción, utilizando armazones fabricados desde los neumáticos fuera de uso, que contribuyan a un mejor desarrollo del cultivo de la fruta pitahaya que nos permitan alcanzar los objetivos deseados.

Pero las condiciones de fabricación de dichos armazones neumáticos se realizan de manera obsoleta, provocando fatiga, pérdidas de tiempo y lesiones en el operador, obteniendo resultados de poca calidad.

En definitiva, la falta de una máquina con disco de diamante, afecta a la producción con calidad de armazones fabricados desde neumáticos usados, para mejorar el desarrollo óptimo del cultivo de la fruta pitahaya.

1.4. Justificación

El presente proyecto pretende optimizar el proceso de corte de neumáticos usados, para utilizarlos específicamente en el cultivo de la fruta pitahaya, mejorando su rendimiento, de esta manera ayudar al operario en algunas tareas que forzosamente se hacen en forma manual, por ello el uso de la máquina reducirá sustancialmente la carga física de la mano de obra y el tiempo en sus labores.

La máquina de disco de diamante que se utilizó para el corte del neumático fuera de uso, cuyo producto final beneficiará a los agricultores debido a que estos armazones aportarán al mejor desarrollo del cultivo de la pitahaya, ya que estos servirán como sostén y soporte de la planta. La degradación de los neumáticos usados, puede tardar hasta quinientos años, permitiendo prolongar la vida útil del cultivo de la fruta pitahaya que es de un promedio de 20 años de producción **(Juan Vera Rojas, 2013)**.

Además la máquina tendrá un gran impacto en el área del huerto familiar, por lo que los neumáticos fuera de uso cortados permitirán; mejorar la calidad del suelo mediante la preparación y uso del sustrato, utilizar poca cantidad de agua para producir, hacer mejor uso y manejo de la humedad, sembrar en pequeños espacios, entre otros. **(Rodríguez, Juan Ramón Huete y Federico, FAO 2012)**.

Un aspecto muy importante en la realización de este proyecto es reciclar los neumáticos usados que se encuentran en los vertederos o en cualquier espacio físico que de algún modo obstaculizan y contaminan el medio ambiente, para posteriormente almacenarlos adecuadamente y cortarlos, y de esta manera abastecer la demanda del cultivo de la Pitahaya o para cualquier otro fin del agricultor.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Optimizar tiempos y reducir el esfuerzo físico del operador mediante el diseño y construcción de una máquina con disco de diamante cortadora de neumáticos fuera de uso, para mejorar los procesos de corte sin contaminar al medio ambiente, en el recinto “las cucharas” del Cantón El Empalme, año 2014”.

1.5.2. Objetivos específicos

- Diseñar el almacén neumático más adecuado para sostener la planta de la fruta pitahaya en las mejores condiciones de desarrollo.
- Determinar los parámetros de diseño para las condiciones más idóneas del proceso de corte del neumático usado de la máquina de discos de diamante mediante la simulación utilizando software CAD, con el propósito de optimizar tiempos y reducir el esfuerzo físico del operador.
- Elaborar el estudio técnico para la construcción de la máquina cortadora de neumáticos usados con el fin de conocer la viabilidad del proyecto, utilizando la proyección económico-financiera.
- Construir la máquina de discos de diamante cortadora de neumáticos fuera de uso de acuerdo a los parámetros más óptimos de diseño para realizar las pruebas de buen funcionamiento mediante el diseño experimental de 3 factores.

1.6. Hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

El proyecto de diseño y construcción de la máquina con discos de diamante cortadora de neumáticos fuera de uso no garantiza su viabilidad a partir del estudio técnico realizado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Denominación del neumático según los países

En la presente investigación sobre el corte de los neumáticos usados, es necesario indicar que en todos los países se conoce como neumático, pero es importante destacar las denominaciones internacionales de la misma, mediante la publicación de la página web **(Wikipedia, Denominaciones por país, 2014)**.

- Neumático (en España y Chile).
- Cubierta (en Argentina, Paraguay y Uruguay).
- Llanta (en Bolivia, Centroamérica, Colombia, Ecuador, México y Perú).
- Goma (en Argentina, Cuba, República Dominicana y Puerto Rico).
- Caucho (en Venezuela).
- Tyre (en Australia, Nueva Zelanda, Irlanda y Reino Unido).
- Tire (en Estados Unidos y Canadá).
- Pneus (en Portugal y Brasil).

2.1.1. El Neumático

De acuerdo a una publicación sobre el impacto ambiental de los neumáticos fuera de uso, (Cendón Sosa, Alex Patricio y Mosquera Cedillo, Xavier Efraín, 2004), nos mencionan que el neumático es el elemento que pone en contacto al automóvil con la carretera de una manera elástica (absorbe vibraciones pequeñas).

Además el grupo innovador del caucho **(Benenaula, Heras, Gutierrez, y Sánchez, 2011)**, sostienen que la llanta está compuesta principalmente del caucho, el cual es extraído de algunas plantas, la más importante de estas la

HEBEA, y otros componentes químicos, estas llantas demoran en degradarse más de 500 millones de años, por lo que nos obliga a nosotros como seres humanos, quienes somos los principales beneficiarios de este producto, a buscar métodos de reutilización, para poder así aprovechar este recurso sin una contaminación muy amplia.

2.1.2. Tipos de neumáticos

Considerando que estamos estudiando neumáticos de dimensiones para automóviles y camionetas se especifica los siguientes tipos según su construcción, mediante la autoría publicada de (**Deutschland continental reifen GmbH, 2010, pág. 8**):

- **Neumáticos de carcasa diagonal.-** Prácticamente es el diseño más antiguo, se compone de numerosas capas de lona con cuerdas diagonales en forma de retícula, cuyos bordes están dispuestos alrededor un cable de acero en el talón (este talón garantiza el ajuste del neumático a la llanta).

- **Neumáticos de carcasa radial.-** Actualmente este diseño ha sustituido completamente al de carcasa diagonal. En el neumático de carcasa radial, presenta un cinturón reforzado con cuerdas de acero y su carcasa está compuesta de cuerdas o hilos dispuestos perpendicularmente al sentido de rotación, es decir, radialmente (en sentido “radial”).

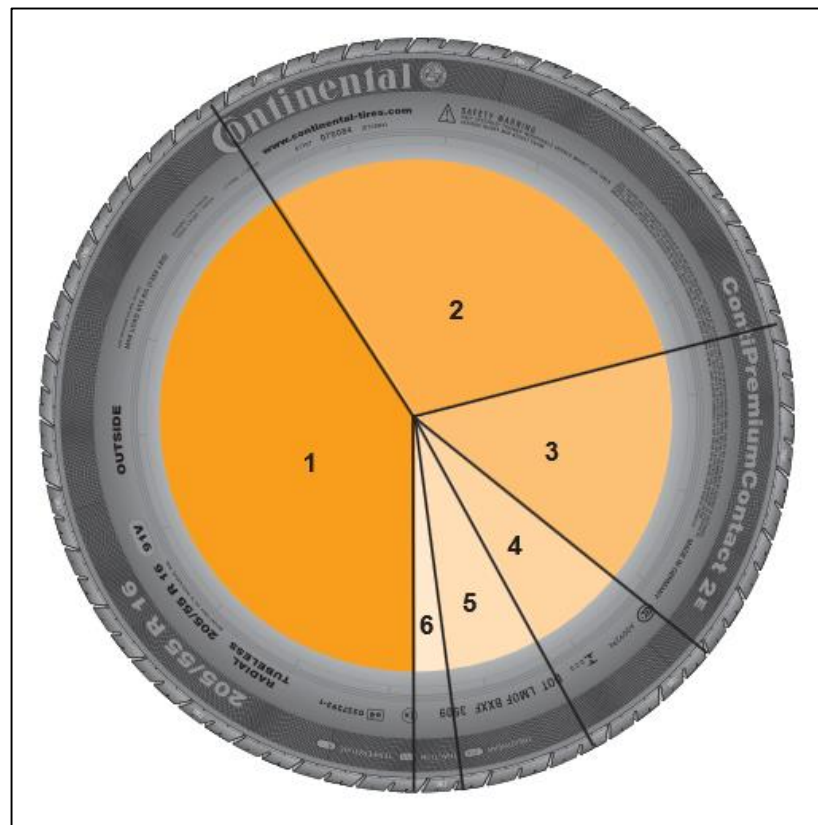
2.1.3. Componentes del neumático

(**Deutschland continental reifen GmbH, 2010, pág. 10**). Considerando que los neumáticos radiales son los que actualmente están en el mercado automotriz, es necesario mencionar que presentan diferencias con respecto a los componentes y composiciones que están presentes sobre los mismos, estas varían de acuerdo al tamaño y el tipo de neumático.

A continuación se detallan los componentes del neumático:
(**Deutschland continental reifen GmbH, 2010**)

- 41% Caucho (natural y sintético)
- 30% Aditivos (negro de humo, sílice, carbono, talco)
- 15% Carcasa (acero, rayón, nylon)
- 6% Suavizantes (aceites y resinas)
- 6% Productos químicos contra el envejecimiento (azufre, óxido de zinc, diversos productos químicos)
- 2% Productos químicos contra el envejecimiento

Figura 1. Componentes del neumático



Referencia: Internet

Elaborado: Continental Reifen Deutschland

Según la **Rubber Manufacturers Association**, se tiene otra versión acerca de la composición y características de los diferentes tipos de neumáticos:

Tabla 1. Neumáticos de Pasajeros (automóviles y camionetas)

14 %	Caucho natural
27%	Caucho sintético
28%	Negro de humo
14 - 15%	Acero
16 - 17%	Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.
8,6 Kg	Peso promedio:
0.06 m3	Volumen

Referencia: Internet

Elaborado: Continental Reifen Deutschland

Es importante conceptualizar el tipo de caucho que en sus mayores concentraciones los fabricantes de neumáticos están utilizando.

2.1.3.1. Caucho sintético

(Guillermo Castro, 2008) Considerando el criterio de la revista, materiales y compuestos para la industria del neumático, indica que puede llamarse que el caucho natural es toda sustancia donde por cualquier método de elaboración tenga un grado de similitud con el caucho natural. Principalmente es elaborado por reacciones químicas o polimerización, a partir de determinados hidrocarburos insaturados.

2.1.3.1.1. Tipos de caucho sintético

(Guillermo Castro, 2008) Se producen varios tipos de caucho sintético: neopreno, buna, caucho de butilo y otros cauchos especiales.

2.1.3.1.2. Clasificación de Cauchos Sintéticos

(Guillermo Castro, 2008, pág. 36). Los polímeros utilizables se derivan de monómeros obtenidos por el craqueo de la nafta mediante vapor. La

característica común a la mayoría de estos elastómeros es la doble ligadura residual que favorece la vulcanización. A continuación se encuentran los cauchos de múltiples utilidades:

- ✓ **El copolímero estadístico de estireno/butadieno (SBR)** (75% de butadieno en peso) se usa principalmente en cubiertas de automóviles livianos, puro o mezclado con goma natural.
- ✓ **El polibutadieno** da a los neumáticos gran resistencia a la abrasión, excelente resistencia en condiciones de baja temperatura (la mejor de las gomas de usos múltiples) y buen comportamiento de envejecimiento. Sin embargo, exhibe baja adherencia a una superficie húmeda, generando deslizamiento. Por eso se emplea mezclada con SBR o bien goma natural.

Tabla 2. Cuadro comparativo de las propiedades del caucho empleado en los neumáticos

Propiedades	Caucho Natural	SBR
Rango de Dureza	20-90	40-90
Resistencia a la rotura	Buena	Regular
Resistencia abrasiva	Excelente	Buena
Resistencia a la compresión	Buena	Excelente
Permeabilidad a los gases	Regular	Regular

Referencia: Internet

Elaborado: Guillermo Castro

2.1.3.2. Propiedades del Caucho SBR: Procesado

(Guillermo Castro, 2008, pág. 38). Salvo cuestiones de detalle o magnitud, los cauchos SBR se procesan en los mismos equipos y del mismo modo que el Caucho Natural. La primera diferencia radica en que requieren menos masticación inicial para un adecuado procesamiento posterior (en algunos casos casi ninguno) de modo que permiten un mayor rendimiento del equipo de

mezclado. En cambio requieren algo más de potencia y generan más calor durante el mezclado.

Dado que su viscosidad es más constante y menos sensible a la masticación mecánica, permiten establecer condiciones de trabajo normalizadas con menor riesgo de variación incluso frente a desviaciones del procesamiento.

Otra diferencia que se puede establecer entre el SBR y el Caucho Natural es el menor nivel de pegajosidad en crudo del primero. Si se requiere aumentarla, se deberán utilizar resinas que favorezcan esta característica, en tipo y cantidad acordes con las necesidades en proceso.

Debido a su mayor capacidad de carga (negro de humo), los SBR pueden mezclarse con secuencia invertida (ciclo up-side down) en menor tiempo y con óptima dispersión de mezclado.

Sus propiedades de extrusión son superiores a las del Caucho Natural por tener menor tendencia a la pre-vulcanización (excepto que el nivel y tipo de negro de humo influya más que el caucho en este aspecto).

2.1.3.2.1. Propiedades de ruptura

(Guillermo Castro, 2008). Considerando que estamos en estudio de las propiedades de ruptura o corte del neumático, es importante considerar lo mencionado anteriormente que, debido a que su estructura molecular no permite la cristalización, los cauchos SBR no tienen buenas propiedades mecánicas por sí solos y requieren altos volúmenes de carga reforzante en los compuestos.

El tamaño de partícula del negro de humo empleado juega un papel importante en la carga de rotura de los compuestos de caucho SBR. Los compuestos que contienen negros de tamaño de partícula pequeño, dan los valores más altos en

carga óptima; con un exceso de negro de humo, más allá de un cierto nivel, la carga de rotura comienza a decrecer.

2.1.3.2.2. Degradación

(Guillermo Castro, 2008). Una de las propiedades del caucho es el tiempo en degradarse, es por esto que el artículo de la revista materiales y compuestos para la industria del neumático, mencionan de los dos tipos de degradación se puede afirmar que el caucho SBR aventaja al natural tanto en resistencia a la reversión como en resistencia al ozono, y envejecimiento oxidativo en general.

Su resistencia al ozono le da mayor posibilidad de uso en artículos expuestos a la intemperie cuando no hay razones que justifiquen el uso de otro elastómero más resistente.

2.1.3.2.3. Abrasión

(Guillermo Castro, 2008). Para determinar el objetivo del diseño del armazón neumático para que sirva de soporte del fruto de la pitahaya, es necesario analizar las propiedades del caucho con respecto a la resistencia al desgaste y tensión. Por esta razón el Ing. Guillermo menciona que el caucho SBR tiene buena resistencia al desgaste, especialmente a aquel que responda más a mecanismos de fatiga por rozamiento. En este sentido se comporta mejor que el Caucho Natural y de ahí su adopción casi universal en las bandas de rodamiento para neumáticos de automóviles (su alta histéresis, que se manifiesta en una mayor generación de calor, restringe su uso en cubiertas de vehículos pesados, donde el espesor de la banda de rodamiento no permite como ya se dijo, disipar el calor en perjuicio de la resistencia y duración del casco de la cubierta).

Su resistencia a la abrasión se incrementa de acuerdo al tipo y cantidad de negro de humo empleado y se puede mejorar notablemente si se utiliza al SBR combinado con Caucho Polibutadieno en la formulación.

(Guillermo Castro, 2008, pág. 40). A continuación se encuentra un cuadro comparando las propiedades de cauchos SBR obtenidos por ambos procesos:

Tabla 3. Propiedades del caucho SBR

Propiedades	Emulsión en frío	Solución
Resistencia a la tensión (kg/cm^2)	211	227
Elongación a la rotura (%)	380	470
Modulo (300%) (kg/cm^2)	155	137
Resistencia al desgarro (lb/in a 20°C)	320	310

Referencia: Internet

Elaborado: Guillermo Castro

2.1.4. Estructura del neumático

- **Banda de rodadura compuesta de:**

(**Deutschland continental reifen GmbH, 2010, pág. 11**) Sostienen que la banda de rodadura está compuesta primero por una banda de rodadura- para un buen agarre a la calzada y evacuación del agua. Segundo capas sin fin- permiten altas velocidades. Finalmente presentan capas de cinturón de cables metálicas- optimizan la estabilidad de marcha y la resistencia al rodamiento.

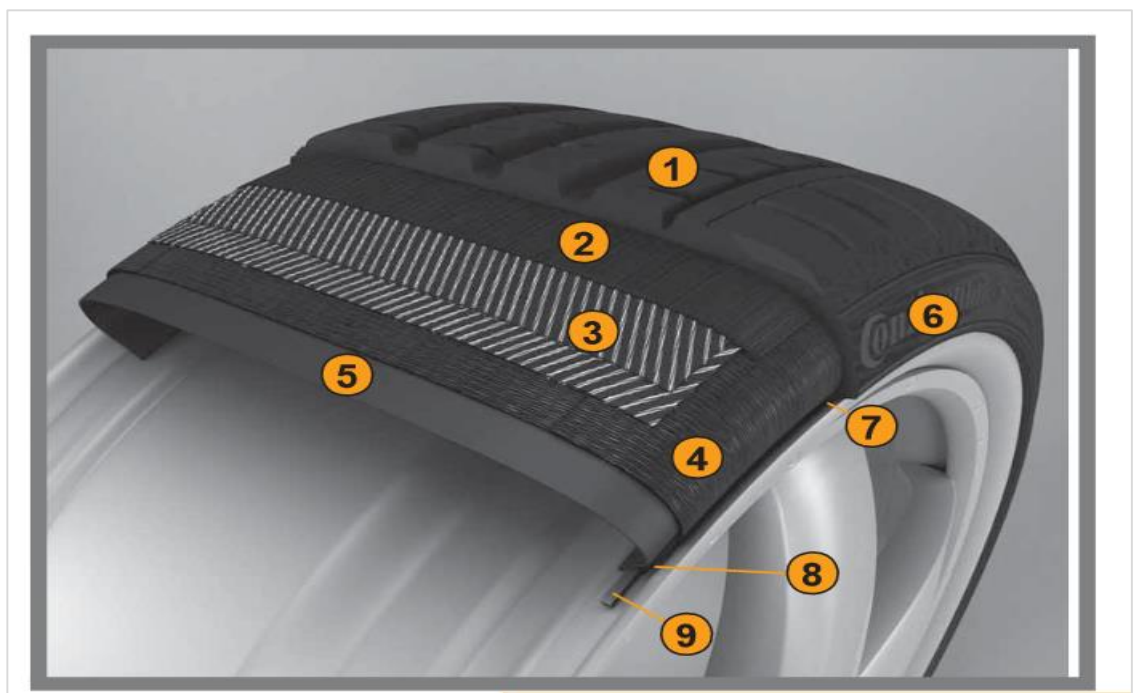
- **Carcasa, compuesta de:**

(**Deutschland continental reifen GmbH, 2010**) mencionan que la carcasa del neumático está compuesta de:

- 1) Capa de rodamiento de cables textiles- mantiene la forma del neumático incluso con presión interna.

- 2) Calandraje interior- hace estanco al neumático.
- 3) Flancos- protegen contra daños laterales.
- 4) Refuerzo del talón - apoya a mantener la estabilidad de marcha y una conducción precisa.
- 5) Perfil del núcleo - favorece la estabilidad de marcha y el comportamiento de conducción.
- 6) Núcleo- garantiza un buen ajuste con la llanta.

Figura 2. Estructura del neumático



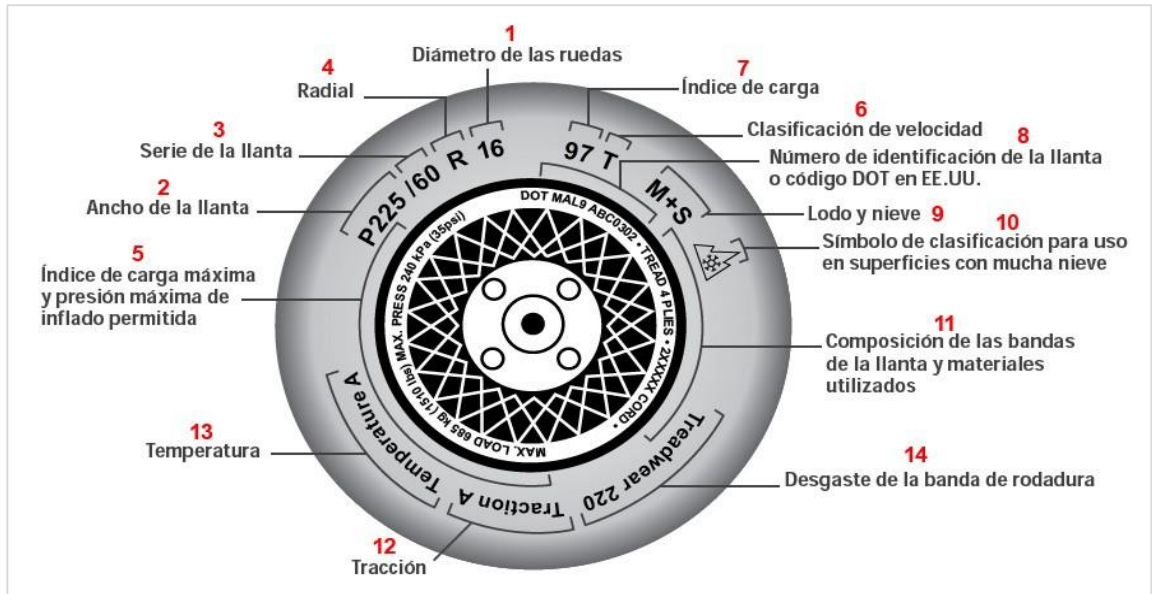
Referencia: Internet

Elaborado: Continental Reifen Deutschland

2.1.5. Codificación de Neumáticos

Todos los neumáticos contienen en sus bordes una codificación alfanumérica, permitiendo a los usuarios verificar las especificaciones técnicas. Estos códigos son importante a la hora de comprar un neumático ya que nos determina la dimensión, capacidad de carga con respecto a su máximo presión de inflado, por ende la velocidad máxima, entre otros.

Figura 3. Codificación del Neumático



Referencia: Internet

Elaborado: Taringa¹

2.1.6. El Neumático fuera de uso

(Landesa, 2013). Los neumáticos fuera de uso son residuos no biodegradables que obstaculizan el espacio considerablemente en grandes volúmenes, estas pueden ser significativamente reutilizables en varios campos de la ingeniería.

2.1.6.1. Desgates de Neumáticos

Se considera un neumático desgastado cuando ha alcanzado su vida útil, es decir ya no cumple con la función principal de mantener estable sobre la carretera al vehículo automotor, aunque para ello es necesario destacar algunos factores que influyen en el desgaste del mismo, las cuales son:

- Pavimento irregular,
- Desajustes en la cota de dirección,

¹ <http://www.taringa.net/posts/autos-motos/12982651/Lectura-de-neumaticos-y-mas-info-sobre-ruedas.html>

- Frenadas prolongadas, y
- Presión de los neumáticos.

(**SAS, 2013**) Sostienen que para medir el nivel de desgaste de los neumáticos, cada uno de ellos está dotado de un testigo de desgaste, que le permite evaluar el nivel de desgaste legal de los neumáticos.

2.1.6.2. Desgaste legal

Considerando la consulta en la fuente popgom, guía del neumático, desgaste del neumático (**SAS, 2013**), sostienen que los testigos de desgaste son pequeñas protuberancias en el fondo de los surcos o de las esculturas. Cuando la altura de goma restante llega al nivel de esta protuberancia 1,6 mm, el neumático ha alcanzado su límite legal de utilización y debe cambiarse. A partir de este límite, se encuentra en infracción.

La recomendación es no llegar a esos 1,6 mm, pues se pierde adherencia a la carretera y reduce la estabilidad del vehículo. Por eso, es recomendable cambiarlo entre los 3 y los 2 mm.

2.1.7. Reciclaje de neumáticos

Según la tesis de grado “Diseño preliminar de una planta recuperadora, para usos alternos, de los materiales constituyentes de neumáticos usados”, (**Maireny, 2011**), establece en la misma una declaración sobre los neumáticos reciclados:

Los neumáticos usados es uno de los problemas de primer orden para el ambiente.

Hoy en día, la industria del renovado ha logrado tener avances significativos en el proceso de reciclaje de los neumáticos, logrando excelentes compuestos de hule que consiguen el mayor aprovechamiento de la carcasa o casco.

Pero el secreto en el reciclaje de los neumáticos todavía depende en un 80% del cuidado que se le dé en su primer periodo de utilización. También es muy importante el proceso de inspección de la carcasa o casco.

El reciclado de neumáticos usados consiste en una valorización mecánica, limpia y respetuosa con el medio ambiente. Esta valorización separa los tres componentes básicos del neumático; fibra textil, acero y caucho. El acero y caucho (en diferentes granulometrías) tienen diversas aplicaciones como en pavimentos de seguridad para infantes, mezcla en betunes asfálticos para carreteras, en centros hípicas (para la comodidad de los caballos), como camisas que rellenan las vías de los tranvías, aislantes, relleno en campos de fútbol de césped artificial, incluso como relleno de sacos de boxeo.

2.1.8. Neumáticos como recipientes

(Rodríguez, Juan Ramón Huete y Federico, FAO 2012). Según la publicación “Prácticas para la producción de huertos familiares urbanos” declararon lo siguiente. Una de las medidas para hacer frente a la falta de espacio, agua y buen suelo, la agricultura urbana utiliza diversos recipientes para sembrar.

Entre los recipientes que son populares, están los neumáticos que los carros ya no utilizan porque están desgastadas.

La popularidad de las llantas se debe a los beneficios que aportan al huerto familiar urbano (**VER ANEXO 2, figura 38**) pues el cultivo en estas permite:

- Mejorar la calidad del suelo mediante la preparación y uso del sustrato.
- Utilizar poca cantidad de agua para producir.
- Hacer mejor uso y manejo de la humedad.

- Sembrar en pequeños espacios.
- Producir hortalizas y plantas aromáticas todo el año en buena cantidad para el consumo familiar.
- Entre otros.

2.2. Los Neumáticos en el cultivo de la Pitahaya

2.2.1. La fruta Pitahaya.

Para estudios del diseño de armazón neumático es importante analizar la fruta pitahaya, para efectos de esto se considera como fuente importante el estudio realizado en la tesis producción y exportación de la pitahaya hacia el mercado europeo, **(Diana Jordan, José Vásconez, y Cristhian Véliz, 2009)**, sostienen que la Pitahaya es una fruta tropical de las especies *Hylocereus* y *Selenicereus*, proveniente de México y américa central.

Esta fruta es de sabor dulce, con forma ovalada y de color rojo o amarillo intenso, tiene su pulpa espumosa con pequeñas y suaves pepas que pueden ser comestibles.

Considerando el estudio realizado de **(Corpoica, 2009)**, mencionan que la Pitahaya es una planta perenne que requiere de soporte, pues su arquitectura le impide sostenerse a sí misma.

A partir de esta para la Reproducción y producción de plántulas es necesario la implementación soportes necesarios para el cultivo de la pitahaya.

Primero la estaca responde más rápido a la formación de yemas florales y frutos cuando proviene de tallos delgados y de una longitud de 20 a 30 cm.

En el segundo caso los neumáticos de vehículos son reutilizados en el cultivo para el soporte del peso de manera dirigida y equilibrada; para que no se malogre la planta ni los frutos y evitar accidente al agricultor.

2.2.2. Tutorio o formación de espalderas.

(Diana Jordan, José Vásconez, y Cristhian Véliz, 2009). Además del estudio de la fruta es importante analizar el tutorio del cultivo de la fruta pitahaya, para diseñar el armazón neumático, por lo que se considera como fuente importante el estudio realizado en la tesis producción y exportación de la pitahaya hacia el mercado europeo, mismos indican que el tutorio o formación de espalderas, se conoce como la guía que se da a la planta para su crecimiento.

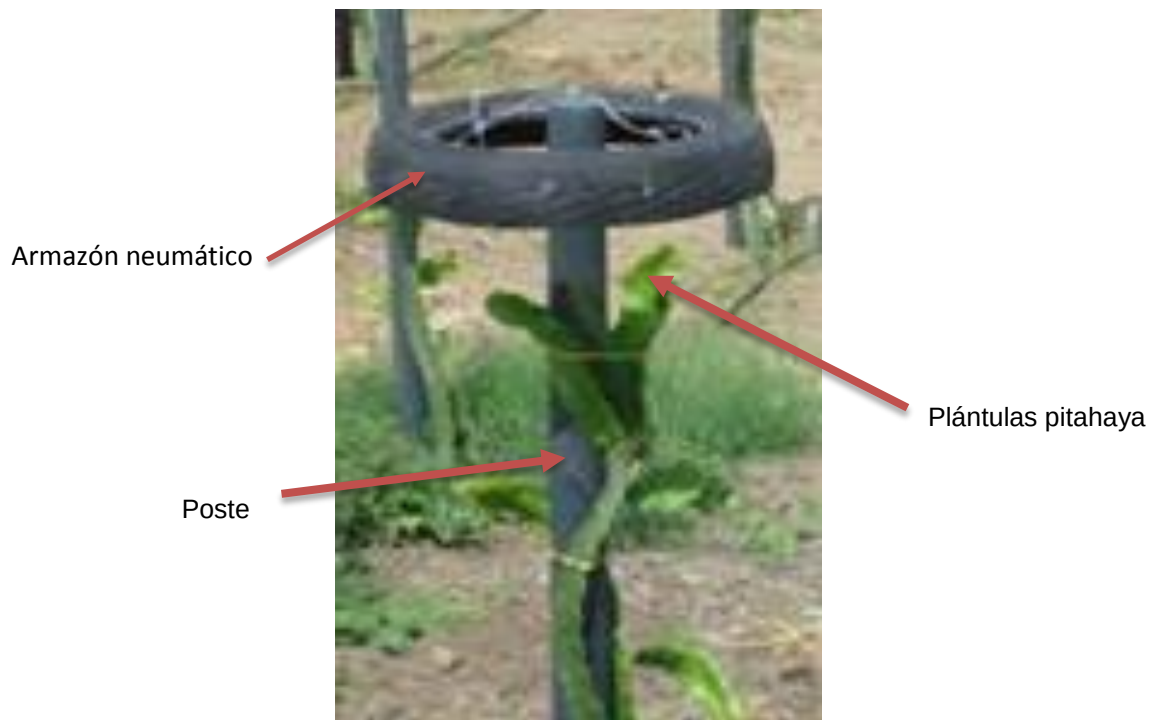
(Diana Jordan, José Vásconez, y Cristhian Véliz, 2009) La Pitahaya es de naturaleza trepadora y crece en los arbustos tratando de llegar a la parte más alta para alcanzar la luz solar, de esta manera el tutorio ayuda para que las ramas y tallos crezcan ordenadamente y faciliten las labores agrícolas en general. Esta planta es susceptible a los vientos por lo que la dirección del tutorio debe guiarse en la misma dirección que el viento para que el frutal no se vea afectado.

La espaldera tiene que ser colocada de tal manera alineada con los surcos, los postes van de la misma manera (pueden ser de hormigón armado) de 3 a 3.5 metros de alto y de 10 a 12 cm de diámetro. La separación de los postes es de 2 m entre sí, y 3 m entre hileras, enterrados 50 cm y acuñados con piedras para mantenerlos bien fijos y posición vertical. Después de plantar los postes se debe amarrar con piola la plántula firmemente de tal manera no fracturarla, pues solo sirve para sostener la planta durante su primera edad.

A medida que las plantas van creciendo se van guiando y apoyándose en las líneas de piola hasta que alcancen la fila superior en la cual se deberá colocar

varillas de hierro en la parte superior del poste para posteriormente colocar el armazón neumático (cortado en la mitad), esto permitirá a las plantas que caiga todo el peso junto con la fruta.

Figura 4. Tutoreo de la fruta



Referencia: Internet

Elaborado: Diana Jordan, José Vásconez, y Cristhian Veliz

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Materiales y métodos

Para la realización del presente proyecto se utilizaron materiales para la investigación, de campo, tecnológicos y equipos para la construcción de la máquina cortadora de neumáticos usados, los cuales se detallan a continuación:

3.1.1. Materiales y equipos de la investigación

Tabla 4. Materiales y equipos de la investigación

Descripción	Etiqueta	Cantidad
Esferos	unidad	6
Lápiz	unidad	3
Papel Bond	Resma	4
Impresora	unidad	1
Computadora	unidad	1
Pendrive	unidad	1
Cámara Digital	unidad	1

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado: Autor

3.1.2. Materiales para la construcción de la máquina

Tabla 5. Materiales para la construcción de la máquina

Descripción	Etiqueta	Cantidad
Guantes y abrazaderas de cuero	Par	1
Martillo	Unidad	1
Cinzel	Unidad	1
Diluyente	Galón	1
Nivel y escuadra	Unidad	1
Electrodo 6011	Kg	1
Discos de corte 9"	Caja	1

Discos de pulir 9"	Unida	2
Tiza industrial	Unidad	1
Flexómetro	Unidad	1
Cable de extensión 220 V	Metro	8
Gafas protectora	Unidad	1
Casco de suelda	Unidad	1

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado: Autor

3.1.3. Equipos para la construcción de la máquina

Tabla 6. Equipos para la construcción de la máquina

Descripción	Cantidad
Soldadora Lincoln Mig 400 Amp	1
Cortadora plasma 13mm MARCA BP	1
Pulidora DWalt	1
Compresor de aire 125 PSI / 1Hp	1

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado: Autor

3.1.4. Métodos

Siendo una investigación de carácter social, enfocado en el área de la producción de la fruta pitahaya, se considerará que a través del desarrollo de este trabajo y el análisis crítico se pudo reconocer la principal causa del problema. Lo cual permitió tener una visión más amplia del tema.

3.1.4.1. Inductivo

Se utilizó la observación y un formulario de preguntas para entrevistar al gerente de la empresa PitahaSol y así recabar datos para llegar a hechos reales que se dan en el proceso de corte de neumáticos y el desarrollo del cultivo de las plantas pitahaya como se hace tradicionalmente, logrando obtener mayor información

valiosa que permitirá sacar conclusiones, las cuales apoyarán el desarrollo del proyecto.

3.1.4.2. Deductivo

Se describieron los resultados en una forma investigativa, explicando las situaciones que determinarán los resultados o cumplimiento de los objetivos y la hipótesis planteada.

3.1.4.3. Sistémico

Se utilizó este método porque se requería la utilización de un plan de actividades para desarrollar el presente proyecto.

3.1.4.4. Analítico

Mediante el análisis se denotó las ideas claras de los problemas que cuentan los agricultores al momento del corte del neumático, para el sostén equilibrado de la fruta, y se llegarán a los resultados que permitirán el diseño y construcción de la máquina que solucionará el problema principal de dichos agricultores.

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación Experimental

Se utilizaron pruebas y experimentos técnicos de la máquina cortadora de neumáticos.

3.2.2. De campo

Se utilizó este tipo de investigación para obtener los datos concisos de las condiciones del corte del neumático en el cultivo de la fruta pitahaya para desarrollar el mejor diseño de la máquina.

3.2.3. Fuentes, técnicas e instrumentos de la investigación

Las fuentes que se utilizaron fueron: bibliográficas y primarias, como estadística. Las técnicas e instrumentos de evaluación que se utilizará para el desarrollo del proyecto es la siguiente:

- ✓ AutoCAD 2015.
- ✓ Inventor Profesional 2015.
- ✓ Statgraphics Centurion XVI.
- ✓ Entrevista al gerente de PitahSol S.A.

3.3. Diseño de Investigación

3.3.1. Diseño experimental factorial AxBxC

Para la realización del diseño experimental se desarrolló el método factorial de AxBxC, la misma que se tomó como muestra la cantidad de neumáticos cortados en 2 partes de la capa estabilizadora comprendida en 2 réplicas, con 3 tratamientos (sistema de corte, nivel de la capa estabilizadora y diámetro del rin del neumático) para lo cual se tomará la mejor decisión con respecto a la implementación del proceso de corte del neumático fuera de uso para posteriormente ser utilizado en el cultivo de la fruta pitahaya.

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

La población actual que se dispone para la investigación y que aplicaremos al diseño experimental es de 3000 postes de cultivo de la fruta pitahaya, correspondiente al predio del señor Quintanilla Estrada José Silvio, ubicada en el recinto Las Cucharas del cantón El Empalme de la provincia del Guayas.

3.4.2. Muestra

La muestra que se utilizó en el presente proyecto fue la siguiente:

La fórmula a utilizarse es una medida de cumplimiento de objetivos, a través de la cual se puede medir el desempeño de los evaluadores para determinar el porcentaje del total de neumáticos fuera de uso a cortar con la máquina. Para determinar la muestra se recurrió a la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N}{E^2(N - 1) + 1}$$

Dónde,

n= tamaño de la muestra

N= tamaño de la población

E= índice de error máximo admisible (0.143)

- ✓ **Cálculo de la muestra para cortar neumáticos fuera de uso del número de la población de postes del cultivo de la fruta pitahaya**

$$n = \frac{N}{E^2(N-1)+1} = \frac{3000}{0.143^2(3000-1)+1} = \frac{3000}{0.02(2999)+1} = \frac{3000}{62.33} = 48,13 = \underline{48}$$

neumáticos a cortar

Tabla 7. Población y Muestra.

Sector investigativo	% de muestra	Población total	Muestra
Postes del cultivo de la fruta pitahaya	100 %	3000	48
Total	100%	3000	48

Fuente: Datos de la investigación

Elaborado: Autor

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Diseño del armazón neumático fuera de uso

Para el óptimo tutoreo de la planta, es necesario detallar que la vida útil de la plántula en producción total es de un promedio de 20 años con un peso de 10 Kg - 20 Kg (**Juan Vera Rojas, 2013**), por lo que es necesario diseñar un armazón que sirva de soporte y garantice la vida útil a lo largo del tiempo de la misma.

Según la empresa exportadora PitahSol S.A., mencionan que el neumático fuera de uso es un producto reciclable y amigable con el cultivo de la fruta pitahaya, además que cubre la necesidad del soporte de la fruta y es más económico invertir en su infraestructura.

A continuación se analizarán principalmente los siguientes:

- Análisis del dimensionamiento del neumático fuera de uso.
- Análisis de corte del neumático fuera de uso.
- Análisis de esfuerzo por compresión del tutoreo.

4.1.1. Análisis del dimensionamiento del neumático fuera de uso.

Según la gran experiencia de la empresa PitahSol S.A., para diseñar el armazón, hay que considerar que el comportamiento de la plántula de la fruta pitahaya se adapta al objeto de sostén que le permitirá soportar su peso; y que también, de acuerdo a estudios realizados y análisis, los neumáticos fuera de uso adecuados para el cultivo de la fruta pitahaya son los siguientes:

Rangos de rin 13:

- 175-70R13
- 205-60R13

Rangos de rin 15:

- 185-65R15
- 265-70R15

Rangos de rin 14:

- 185-70R14
- 205-75R14

Rangos de rin 16:

- 205-80R16
- 275-70R16

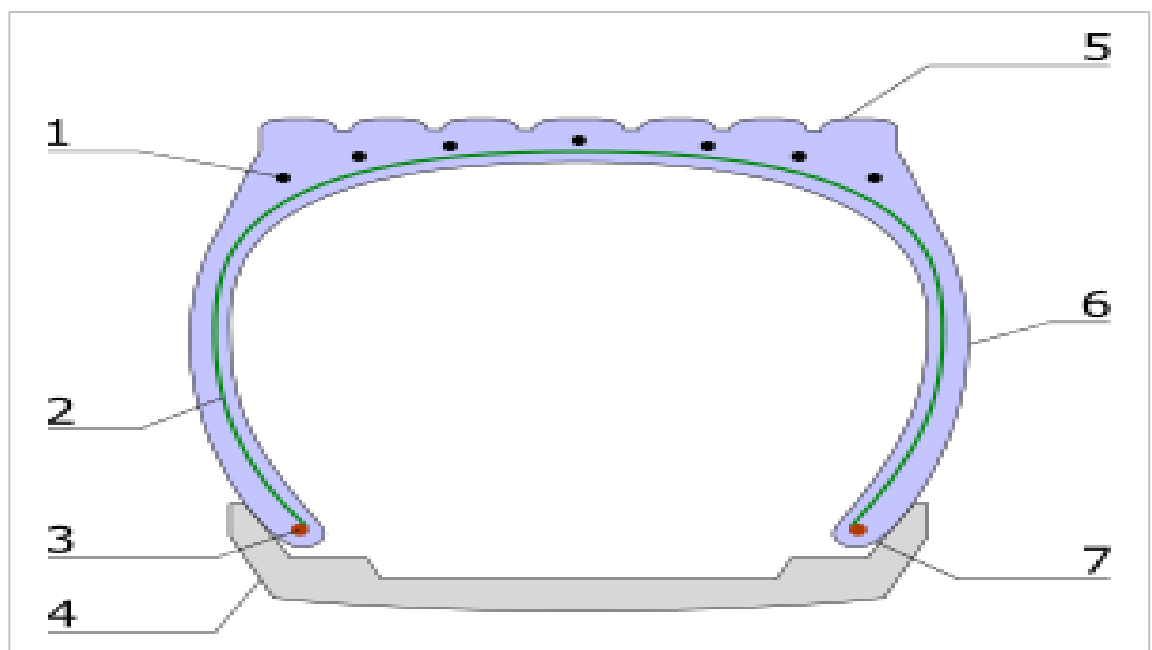
4.1.2. Análisis de corte del neumático fuera de uso

No todos los neumáticos presentan precios similares, esto es debido a que difieren significativamente a las propiedades técnicas que están compuestos.

Por esta razón, para realizar el corte del neumático, es importante conocer que no todos poseen alambres de acero en su estructura, para el refuerzo del mismo; en tal virtud, no siempre se tendrán los mismos resultados en el proceso de corte con la máquina a elaborar.

En la siguiente imagen se ilustra la estructura de un neumático sin cámara según la publicación de:

Figura 5. Estructura de un neumático sin cámara



Fuente: Internet

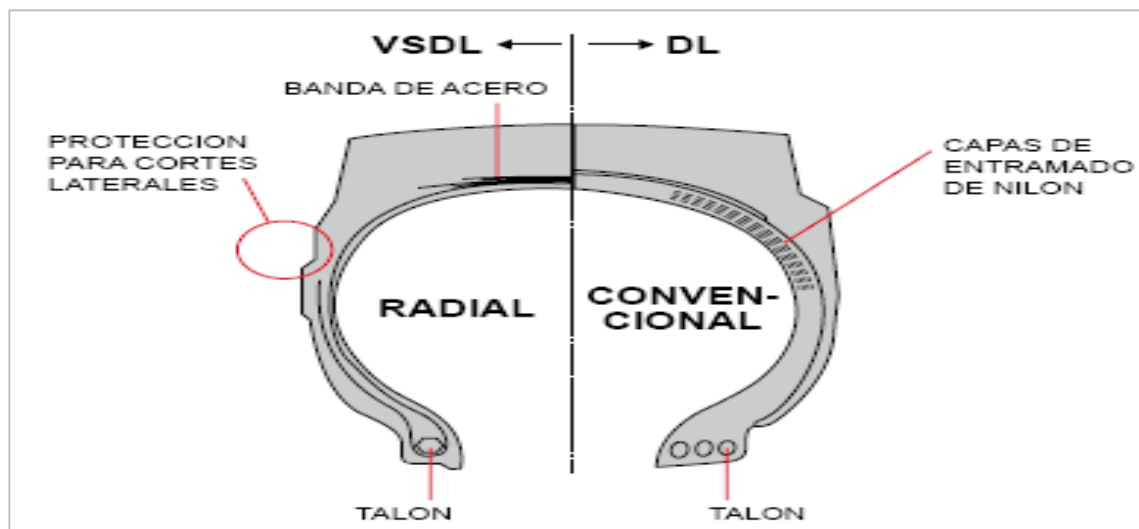
Elaborado: Wikipedia

Estructura de un neumático sin cámara.- 1. Cinturón de acero en dirección longitudinal, 2. Estructura radial, 3. Alambre, 4. Llanta, 5. Banda de rodamiento, 6. Pared lateral y 7. Talón (ceja).

Según la revista **(Bridgestone)**, indican que las bandas de acero de capas múltiples y su singular forma evitan óptimamente los cortes de la banda de rodado y de sus superficies laterales.

En la siguiente imagen se ilustra la diferencia que existe entre un neumático radial y convencional:

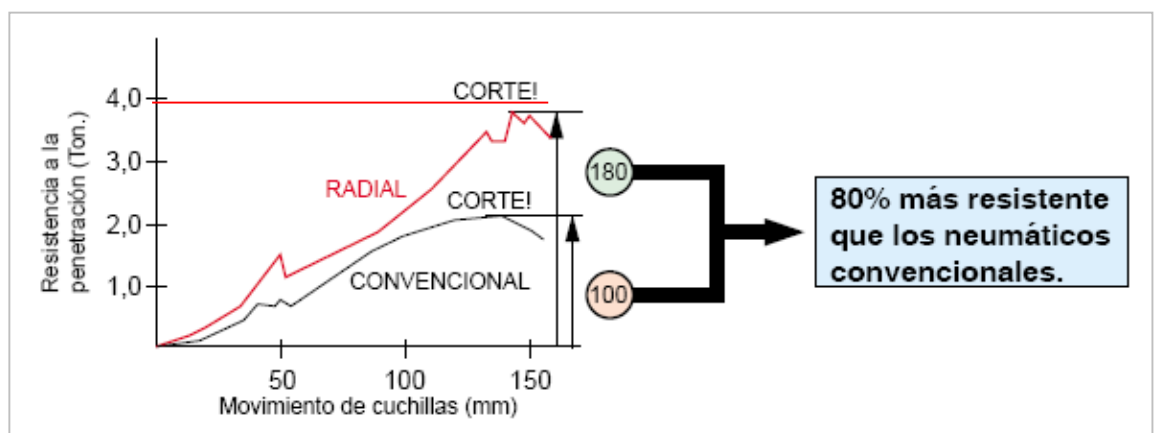
Figura 6. Diferencia entre neumático radial y convencional



Fuente: Internet

Elaborado: Bridgestone

Figura 7. Diagrama de la resistencia a la perforación entre neumático radial y convencional



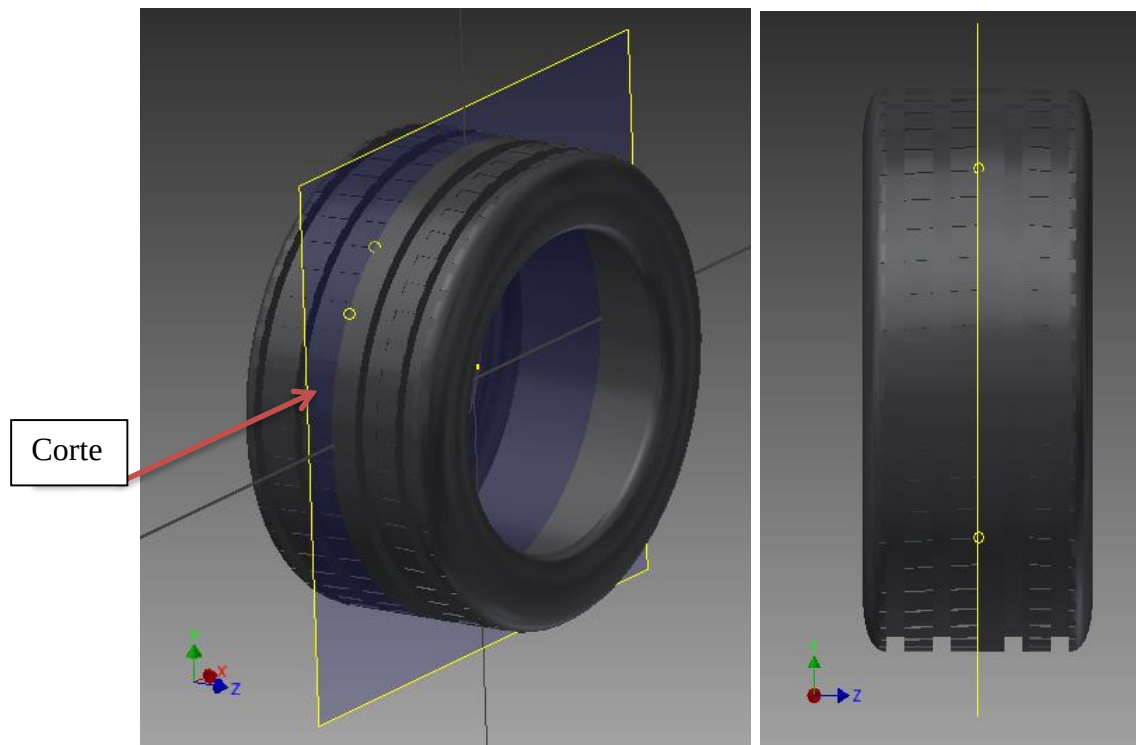
Fuente: Internet

Elaborado: Bridgestone

4.1.2.1. Forma de corte

Inicialmente se realiza un corte a la mitad en forma paralela a la banda de rodamiento del neumático, de esta manera se extraerá dos tapas, la misma que se ilustra de la siguiente manera:

Figura 8 . Forma de corte del neumático fuera de uso



Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

4.1.3. Análisis de esfuerzo del tutoreo

Al realizar el corte adecuado del neumático fuera de uso, se procede al diseño del soporte de la misma. Para obtener un soporte compacto y económico en la estructura, se debe elegir una varilla de acero trefilada que soporte el peso de las plántulas pitahaya al 100% de su producción óptima. Por lo que es necesario definir los esfuerzos que actúan en el tutoreo del cultivo.

4.1.3.1. Esfuerzo admisible en el soporte

(Fitzgerald, 2007, pág. 5). El esfuerzo es una función de las fuerzas internas de un cuerpo que se producen por la aplicación de cargas exteriores.

La fórmula general para calcular el esfuerzo unitario se define como la fuerza por unidad de área, en términos algebraicos (SCHAUM & Hall, 1974):

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

Dónde:

σ = *esfuerzo unitario en Kg/cm²*

P = *carga aplicada en Kg*

A = *área sobre el cuál actúa la carga, en cm²*

Según la experiencia los rines adecuados para el sostén del cultivo son los 13 al 16, tomaremos el de mayor diámetro para cálculo del esfuerzo.

$\emptyset_{neumatico} = 0,7914 \text{ m}$ (275-70R16)

$P_{cultivo+plantula} = 25 \text{ Kg} + 50 = 75 \text{ Kg}$

4.1.3.1.1. Análisis de esfuerzo tracción, compresión y cortante en la varilla de trefilada.

De acuerdo a la experiencia profesional de ingenieros mecánicos e industriales, se sugiere que la varilla más adecuada sea como la que se presenta en la siguiente figura. La cual tomaremos para el cálculo como primera aproximación.

La varilla de acero trefilado de sección circular con superficie corrugada, está dimensionada con los siguientes datos:

Figura 9. Varilla trefilada



Varilla de hierro = 74 cm (L)

Diámetro = 10 mm = 1cm

Fuente: AutoCAD 2013

Elaborado: Autor

La fórmula general para calcular el área de la varilla es la siguiente:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

Dónde:

π = *contante* 3.1416

d = *diametro en cm*

La fórmula queda así:

$$A = \frac{\pi \cdot (1cm)^2}{4} = 0.79 cm^2$$

Según la empresa Adelca C.A. detallan en su catálogo de productos, las propiedades mecánicas de la varilla, la misma que se detallan a continuación:

Tensión de corte máxima nominal = 400 MPa

$$S_{y-varilla} = \text{Resistencia fluencia del material} = 3569 kg/cm^2$$

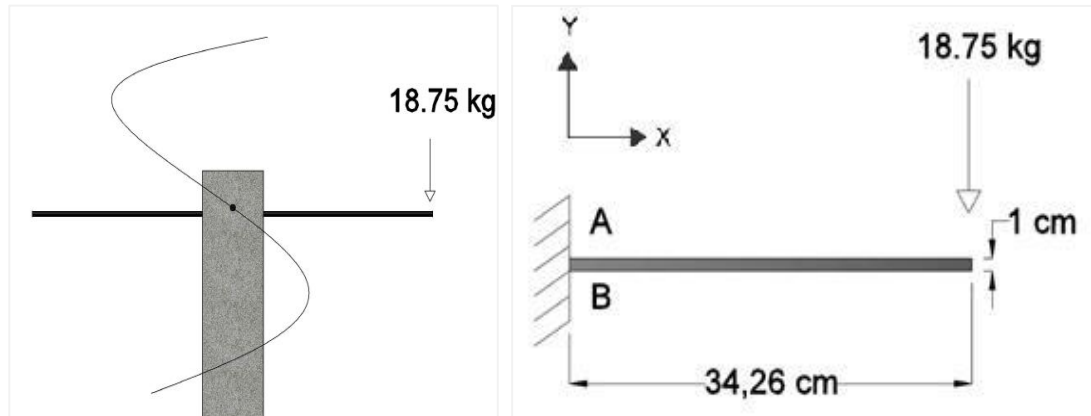
Con estos datos calculamos el esfuerzo real que soporta la varilla con el peso del cultivo en el 100% de su producción que es de 75 Kg y para esto debe cumplir la siguiente condición:

$$\sigma_{material base} \leq \sigma_{adm}(S_y)$$

Para el cálculo hay considerar que la varilla estará incrustada en el poste de hormigón, por lo que tomaremos como factor principal el momento de flexión en

un tramo (1 varilla) dimensionando la carga del peso propio de las plántulas y sus frutos sobre las cuatro varillas, para ver si resiste a tal peso.

Figura 10. Cargas presentes en la varilla



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado: Autor

(Jorge F. Ma San). La fórmula general para calcular los esfuerzos normales máximos y mínimos presentes en una máquina es:

$$Sx = \pm \frac{MC}{Ix} = \frac{(C) * (P) * (R)}{\frac{\pi * (D)^2}{64}}$$

Dónde,

M: Momento flector Kg – cm.

C: Distancia del eje neutro a la superficie más alejada cm.

R: Radio de la sección transversal circular cm.

I: Momento de inercia de la sección transversal cm^4

P: Carga axial, kg.

D: Diámetro de la sección transversal circular cm.

Sx: Esfuerzo de tracción o compresión en el punto crítico perpendicular a la sección transversal considerada. Puede tener su origen en cargas axiales o de flexión (o en combinación). Cuando es tracción va con signo (+) y cuando es compresión con signo (–).

Sy: Esfuerzo crítico en el mismo punto y en una dirección perpendicular al esfuerzo Sx.

σ_{xy} : Esfuerzo cortante en el mismo punto crítico actuando en el plano normal al eje Y y en el plano normal al eje x. Este esfuerzo cortante puede tener su origen en un momento de torsión, en una carga transversal (o una combinación).

Entonces para obtener los esfuerzos máximos y mínimos presentes en la varilla es necesario calcular: Sn (máx.) y Sn (mín.), mismos que son esfuerzos de tracción o compresión y para este caso es una varilla sometida a un esfuerzo cortante en ambos puntos (A y B).

Los puntos A y B son críticos porque soportan el mayor esfuerzo flector.

$$\sigma_{xy} = 0$$

Esfuerzo paralelo al punto A:

$$Sx = + \frac{MC}{Ix} = \frac{(34,26 \text{ cm}) * (18,75 \text{ kg}) * (0,5 \text{ cm})}{\frac{\pi * (1 \text{ cm})^2}{64}} = 6543,16 \text{ kg/cm}^2$$

Esfuerzo paralelo al punto B:

$$Sx = - \frac{MC}{Ix} = -6543,16 \text{ kg/cm}^2$$

Tracción en punto A:

$$Sn (\text{máx}) = 6543,16 \text{ kg/cm}^2$$

$$Sn (\text{mín}) = 0 \text{ kg/cm}^2$$

Compresión en punto B:

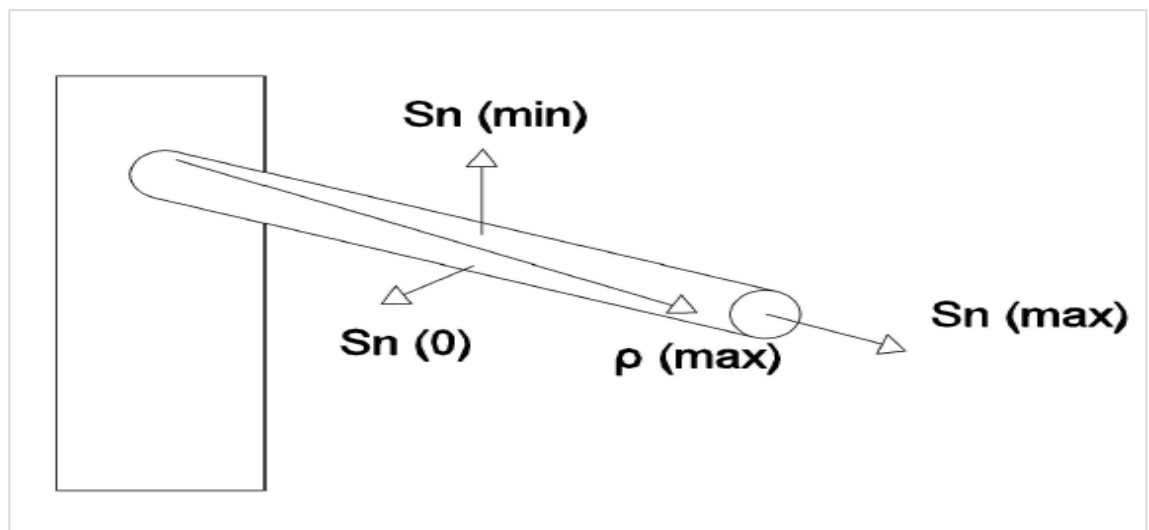
$$Sn (\text{max}) = -6543,16 \text{ kg/cm}^2$$

Una vez conocidas los esfuerzos mínimos y máximos presentes en la varilla se procede al cálculo del es fuerza cortante en los puntos A y B.

Esfuerzo cortante máximo en los puntos A y B:

(Jorge F. Ma San). El esfuerzo cortante máximo $\sigma(\max)$ en el punto crítico considerado es igual a la mitad de la mayor diferencia entre dos cualesquiera de los tres esfuerzos principales (no debe subestimarse ninguno de los esfuerzos principales nulos).

Figura 11. Diagrama de esfuerzos de tracción y compresión presentes en la varilla



Fuente: AutoCAD 2014

Elaborado: Autor

Por tanto, para nuestro caso bidireccional:

$$\sigma(\max) = \frac{S_n(\max) - 0}{2}$$

$$\sigma(\max) = \frac{6543,16 \text{ kg/cm}^2}{2} = 3271,58 \text{ kg/cm}^2$$

Entonces el esfuerzo cortante máximo del material base que existe en el soporte es de $3271,58 \text{ kg/cm}^2$ y si se cumple la condición de ser menor o igual al esfuerzo admisible de la varilla que es: $3271,58 \text{ kg/cm}^2 \leq 3569 \text{ kg/cm}^2$; por lo tanto las varillas seleccionadas son apropiadas para las condiciones de trabajo a las que van a estar expuestas.

4.2. Diseño y selección de los componentes de la máquina

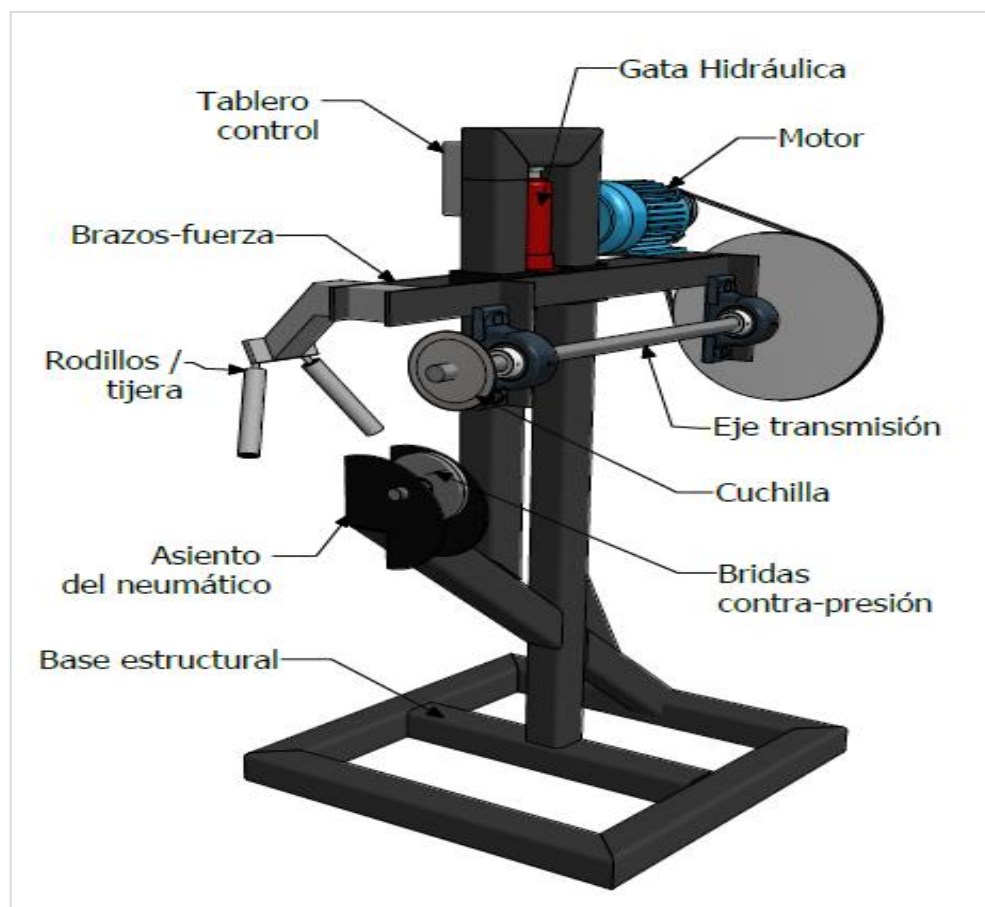
4.2.1. Elementos para el diseño

Para la construcción de la máquina se procede con el diseño y selección de las partes/componentes, para el cual se analizará los siguientes sistemas:

- ✓ Sistema de corte
- ✓ Sistema de transmisión de potencia
- ✓ Sistema estructural

En la figura 12, se detalla los principales sistemas y elementos previos al análisis para el diseño y construcción de la máquina, mismo que se detallan a continuación:

Figura 12. Partes del sistema principal de la máquina



Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

4.2.1.1. Sistema de corte

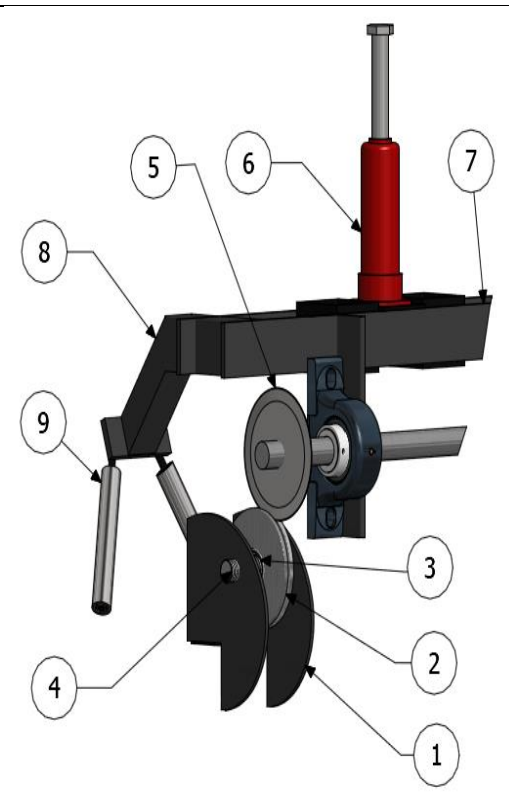
Es el sistema más crítico para el diseño de la máquina, por efectos de esto se describirá las partes móviles y fijas de la misma.

4.2.1.1.1. Descripción de las partes del sistema de corte

En la tabla 8, se detalla los principales componentes del sistema de corte, mismos que se detallan a continuación:

Tabla 8. Sistema y elementos de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso.

ELEMENTOS, SISTEMAS Y SUBSISTEMAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE	
ELEMENTO	DESCRIPCION DEL SUB ELEMENTO
1	Base porta Bridas
2	Brida rotativa
3	Rodamiento 46105 GB/T
4	Eje Brida
5	Cuchilla / plato de corte
6	Gata hidráulica 6 Toneladas
7	Brazo de corte
8	Brazo de rodillos reguladores
9	Rodillos centradores de corte



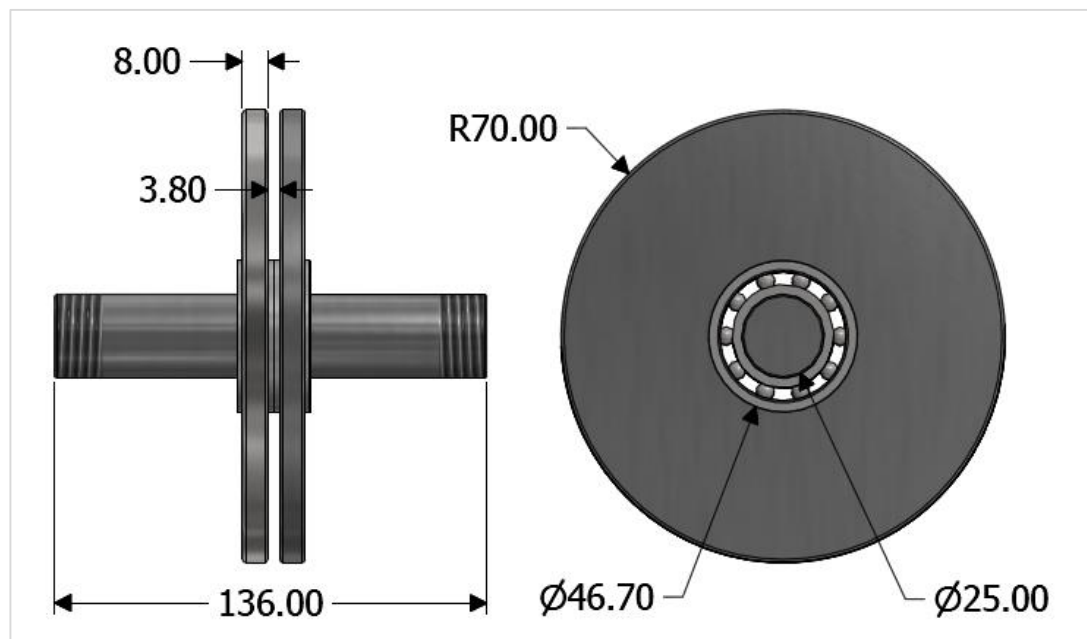
Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

4.2.1.1.1. Componentes de las partes fijas del sistema de corte

- **Base porta Brida.** Está construida con plancha de Tool de 6mm de acero templado, misma que permite la sujeción de todos los elementos fijos.
- **Bridas rotativas y otros.** Es el componente secundario del sistema de corte, es donde estará apoyado el neumático fuera de uso, y está compuesta con dos platos con una abertura considerable en la mitad, para que la cuchilla de diamante perforo el neumático fuera de uso, además presenta rodamientos NTN y un eje de sujeción para permitirle la rotación consistente de la misma.

Figura 13. Sistema de apoyo del neumático de corte

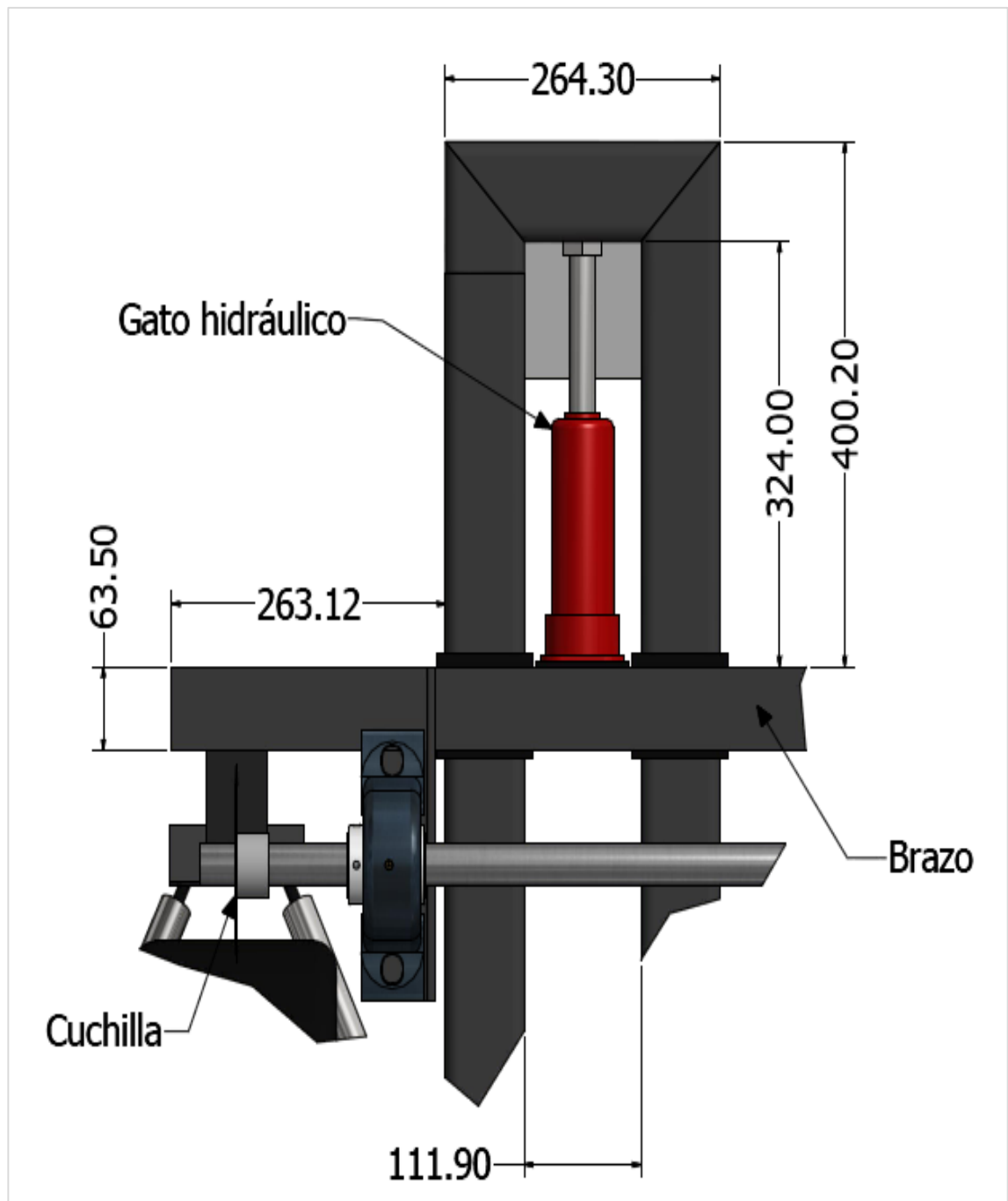


Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- **Brazos de corte.** Es el componente principal para la sujeción de la cuchilla de diamante y está compuesta por un sistema de gata hidráulica que permite la regulación en la perforación de la misma. Este sistema está construido con materiales de acero templado y reforzado con platinas que sirven de guía para calibración de la altura de corte de la cuchilla.

Figura 14. Sistema de corte



Fuente: Inventor Profesional 2013

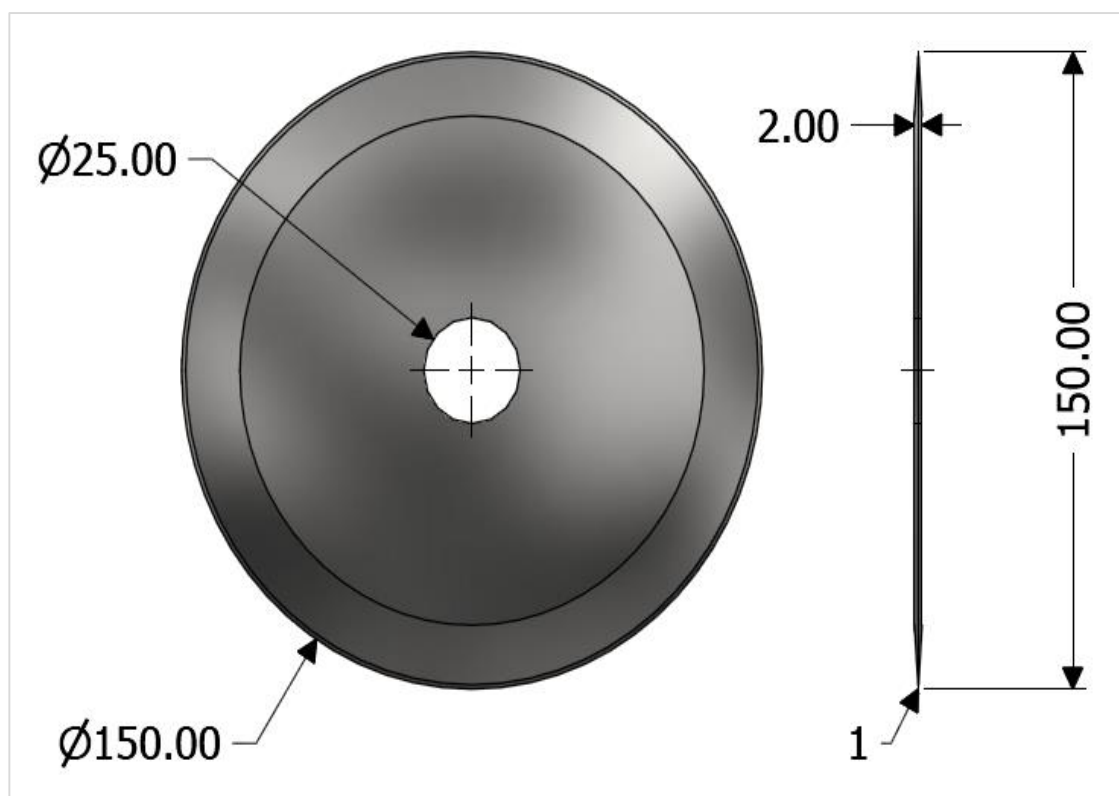
Elaborado: Autor

- **Cuchilla / plato de corte.** Es el componente más importante del sistema de corte. Su hoja es de forma redonda, con filo biselado en los bordes que están configurados para rebanar o cortar como cizalla.

Las cuchillas se fijan con rulimanes y un eje a la base porta cuchilla, la longitud de la cuchilla es de 150 mm. Los materiales que se utilizan para la cuchilla de

corte incluyen D2 tierra endurecida², HSS M2, A2, A8, así como C10, C30, C40 grados de carburo.

Figura 15. Cuchilla de corte



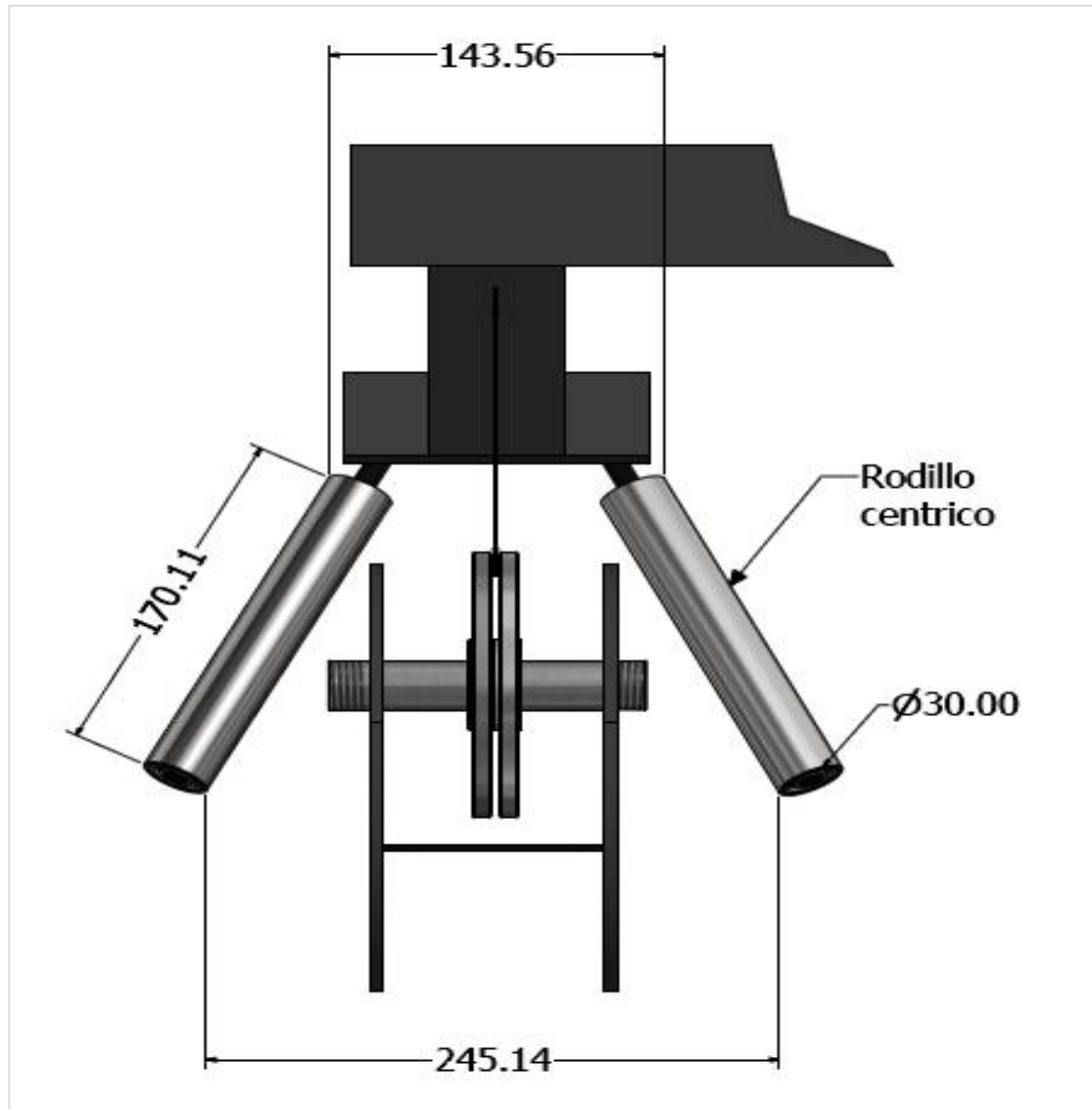
Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- **Rodillo tipo tijera de corte.** Está construido con dos rodillos locos en forma V y sujeta a un tubo rectangular de 3"x2"x1.5mm. Su diseño permite centrar al neumático fuera de uso para que sea cortado a la mitad, garantizando que se efectúe de forma precisa y homogénea.

Figura 16. Rodillos centradores de corte

² El deuterio también recibe el nombre de **hidrógeno pesado**. Se puede nombrar como ²H o como D.



Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

4.2.1.1.2. Parámetros funcionales del sistema de corte

Para determinar la velocidad del corte se parte de:

- ✓ La dimensión del neumático a cortar debe ser el mismo que se puntualizó en el objetivo anterior (Rin 12 hasta Rin 16, "banda de rodamiento o estabilizadora del neumático con o sin alambres).

4.2.1.1.2.1. Velocidad de corte

(Boothoryd, 1978) La fórmula general para el cálculo de la velocidad de corte es la siguiente:

$$V_c = \left(\frac{\pi * d * n}{1000} \right)$$

En dónde,

V_c= velocidad de corte en m/min

d= diámetro de la cuchilla en mm

n = revoluciones por minuto

La fórmula queda así:

$$V_c = \left(\frac{3.1416 * 150 \text{ mm} * 437.5 \text{ r.p.m.}}{1000} \right) = 206.17 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 13.74 \text{ m/s}$$

La velocidad de corte necesaria es de **13.74 m/s**.

4.2.1.1.2.2. Potencia requerida/absorbida por la cuchilla

(Boothoryd, 1978). Para determinar la potencia requerida para el corte del neumático, se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_c = \frac{K \times B \times h \times u}{60}$$

Dónde:

P_c= potencia de corte (W)

K= resistencia específica corte (Pa)

B= espesor de la cuchilla (m)

H= altura de corte (m)

V_c= velocidad de corte (m/s)

El valor de la resistencia de corte lo extraemos del libro “Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas”, con el siguiente valor:
 $K = 45 \text{ MPa}$.

La altura de corte viene dada de la siguiente ecuación:

$$D = \frac{1}{3} \times (10 \times h + 20)$$

Dónde

h = altura de corte (mm)

D = diámetro del disco (mm)

$$h = \frac{3 \times D - 20}{10} = \frac{3 \times 150 - 20}{10} = h = 39 \text{ mm}$$

Ya con los valores encontrados podemos calcular la potencia de corte P_c :

$$P_c = K \times B \times h \times u$$

$$P_c = \frac{45 \times 10^6 \text{ Pa} \times 0.001 \text{ m} \times 0.039 \text{ mm} \times 3.43}{60} = 100.33 \text{ W}$$

Teniendo en cuenta que $1 \text{ CV} = 736 \text{ W}$

La potencia que requiere la cuchilla para realizar el corte por presión al neumático fuera de uso es de 0.13 caballos de vapor (CV)³.

³ Wikipedia. Caballo de potencia métrico conocido como caballo de vapor. es una unidad de medida de potencia que se define como la potencia necesaria para elevar verticalmente un peso de 75 kgf a 1 m de altura en 1 s

4.2.1.2. Sistema de transmisión de potencia

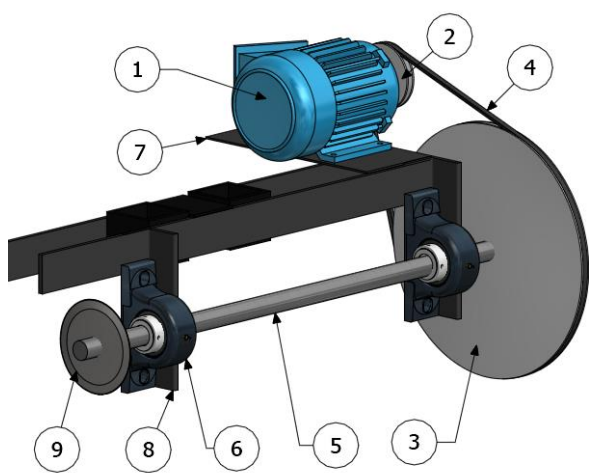
Es el principal sistema para poner en movimiento todos los elementos móviles, por medio de un motor monofásico, el cual permitirá que la cuchilla ponga en marcha por arrastre circular el neumático fuera de uso, de esta manera obtener un movimiento homogéneo y posteriormente una perforación eficaz.

4.2.1.2.1. Descripción de las partes del sistema de transmisión

En la tabla 9, se detalla los principales componentes del sistema de transmisión de potencia, mismos se detallan a continuación:

Tabla 9. Sistema de transmisión de potencia y rotor

ELEMENTOS, SISTEMAS Y SUBSISTEMAS PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE CORTE	
ELEMENTO	DESCRIPCION DEL SUB ELEMENTO
1	Motor de potencia
2	Polea entrada
3	Polea salida
4	Correa trapezoidal
5	Eje de transmisión
6	Chumaceras Piso
7	Bases del motor
8	Bases de chumaceras
9	Cuchilla



Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

4.2.1.2.2. Calculo de transmisión de las poleas

El cálculo del diámetro de la polea se basa en la relación de transmisión, se impone uno de los diámetro, principalmente el de la polea conductora (4 pulgadas “in”), conociendo que es 1750 RPM del motor. La fórmula general para calcular la velocidad o el diámetro de las poleas de transmisión es la siguiente:

$$n_1 \cdot d_1 = n_2 \cdot d_2$$

Dónde,

n_1 = velocidad de la polea entrada

n_2 = velocidad de la polea salida

d_1 = diametro de la polea entrada

d_2 = diametro de la polea salida

Entonces:

$$\begin{array}{ll} n_1 = 1750 \text{ RPM} & d_1 = 4" \text{ [pulg.]} \\ n_2 = ? & d_2 = 16" \text{ [pulg.]} \end{array}$$

Reemplazando la formula quedaría así:

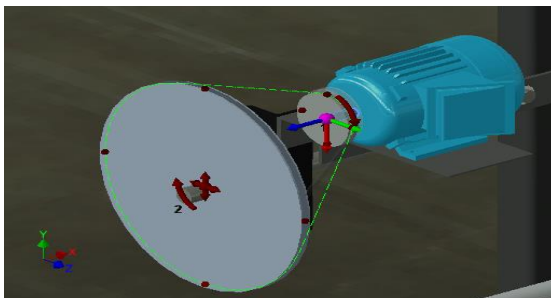
$$n_2 = \frac{n_1 \cdot d_1}{d_2}$$
$$n_2 = \frac{(4") \cdot (1750 \text{ RPM})}{(16")} = 437.5 \text{ RPM}$$

La velocidad que transmitirá la polea de salida es de 437.5 RPM.

Para maximizar los cálculos del diseño del sistema de poleas, se procedió analizando con el software Inventor Profesional, mismo que permite obtener una aproximación y comprobar la resistencia, para ellos se utilizó el comando generador de componentes de correas trapezoidal.

En la siguiente figura se ilustra el sistema de polea con los parámetros de diseño en Inventor Profesional.

Figura 17. Inventor Profesional, sistema de transmisión por polea



Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

En la ventana de generador de componentes de correas trapezoidales se procede a digitar los parámetros y dimensiones del sistema de transmisión por poleas, en la siguiente imagen capturada desde el software detalla el cálculo arrojado por la misma.

Los datos insertados en Inventor con respecto a los datos del motor en Kw y cuantos RPM requería para poner en movimiento el sistema, se tomó en base a la experiencia de ingenieros mecánicos e industriales, detallando como primera aproximación un consumo de 0.55 Kw (0.75 HP) y una velocidad de 1750RPM para la simulación, para luego compararlos y observar si son los correctos.

Figura 18. Ventana generador de componentes de correas Inventor Profesional.

Tipo de cálculo
Comprobación de resistencia

Carga
Potencia, Velocidad --> Par de torsión

Potencia P 0,55 kW
Par de torsión T 3,001 N m
Velocidad n 1750 rpm
Factor de servicio c_2 1,200 su

Factores
☒ Personalizados
Arco de corrección de arco de contacto c_1 0,845 su
Número factor de corrección de correa c_4 1,000 su
Número factor de corrección de polea c_5 1,000 su

Propiedades de correa
☒ Personalizadas
Tasa de potencia base P_{RB} 1,237 kW
Factor de corrección de longitud c_3 1,138 su

Tensado de correa
Factor de tensión k_1 1,300 su

22:20:31 Cálculo: La tensión de correa se procesa con respecto a la polea 1.
22:20:31 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.

Correa trapezoidal
 C_{PR} 2,162 su
 P_{RB} 1,237 kW
 D_{wmin} 50,000 mm
 V_{max} 30,000 mps
 f_{max} 60,000 Hz
 m 0,060 kg/m

Polea 1
 P_x 1,000 su
 P 0,550 kW
 T 3,001 N m
 n 1750,000 rpm
 D_p 101,600 mm
 β 126,02 gr
 F_1 89,657 N
 F_2 30,578 N
 F_f 110,444 N
 F_v 107,140 N
 L_f 299,227 mm

Polea 2
 P_x 1,000 su
 P 0,535 kW
 T 11,765 N m
 n 434,113 rpm
 i 4,031 su
 D_p 406,400 mm
 β 233,98 gr
 F_1 30,578 N
 F_2 89,657 N
 F_f 110,444 N
 F_v 107,140 N
 L_f 299,227 mm

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

Después de digitar los parámetros y dimensiones del sistema de polea en el software, se procede a comparar si el cálculo es compatible con el diseño.

Los resultados que calculó el software Inventor Profesional con respecto a la opción de generador de componentes de correas trapezoidales (**Versión: 2015 (Build 190159000, 159)**) se detalla en los siguientes ítems:

- **Propiedades de correa**

En la tabla N° 10 se detalla las propiedades de la correa o banda que estará sujeta en el sistema de transmisión de potencia.

Tabla 10. Propiedades de la correa de transmisión de potencia

Nombre mostrado		Correa trapezoidal DIN 2215
Tamaño		10 x 1518
Número de correas	z	1,000 su
Ángulo de sector	α	40,00 gr
Anchura	b	10,000 mm
Altura	h	6,000 mm
Anchura de referencia	b_w	8,500 mm
Longitud de referencia	L_d	1540,000 mm
Longitud externa	L_e	1555,699 mm
Longitud interna	L_i	1518,000 mm
Factor de corrección de longitud	c_3	1,138 su
Desfase de línea externa	H_w	2,499 mm
Diámetro de referencia de polea mínimo recomendado	D_{wmin}	50,000 mm
Frecuencia flex máxima	f_{max}	60,000 Hz
Velocidad máxima de correa	v_{max}	30,000 mps
Masa específica	m	0,060 kg/m
Tasa de potencia base	P_{RB}	1,237 kW

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- **Propiedades de la polea 1 (entrada)**

En la tabla N° 11 se detalla las propiedades de la polea 1 entrada a la velocidad del motor, misma que estará sujeta en el sistema de transmisión de potencia.

Tabla 11. Propiedades de la polea de entrada

Coeficiente de potencia	Px	1,000 su
Potencia	Kw	0,55
Par de torsión	T	3,001 N m
Velocidad	n	1750 rpm
Diámetro de separación	Dp	101,60 mm
Arco de contacto	β	126,02 gr
Fuerza en entrada	F1	89,657 N
Fuerza en salida	F2	30,578 N
Carga axial resultante	Fr	110,444 N
Fuerza de tensado estático	Fv	107,140 N
Longitud de alcance	Lf	299,227 N

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- **Propiedades de la polea 2 (salida)**

En la tabla N° 12 se detalla las propiedades de la polea 2 salida a la velocidad del motor, misma que estará sujeta en el sistema de transmisión de potencia.

Tabla 12. Propiedades de la polea de salida

Coeficiente de potencia	Px	1,000 su
Potencia	Kw	0,535
Par de torsión	T	11,765 N m
Velocidad	n	434,113 rpm
Coeficiente de transmisión	i	4,031 su
Diámetro de separación	Dp	406,400 mm
Arco de contacto	β	233,98 gr
Fuerza en entrada	F1	30,578 N

Fuerza en salida	F2	89,657 N
Carga axial resultante	Fr	110,444 N
Fuerza de tensado estático	Fv	107,140 N
Longitud de alcance	Lf	299,227 N

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- **Comprobación de resistencia**

Una vez expuesto los cálculos mediante Inventor Profesional, en la tabla N° 13 se detalla la comprobación de resistencia del sistema de transmisión de potencia.

Tabla 13. Comprobación de resistencia del diseño

Potencia	P	0,550 kW
Par de torsión	T	3,001 N m
Velocidad	n	1750,000 rpm
Factor de eficiencia de par de torsión	η_t	0,980 su
Eficiencia	η	0,972 su
Deslizamiento de correa	s	0,008 su
Factor de corrección de arco de contacto	C1	0,845 su
Factor de servicio	C2	1,200 su
Factor de servicio resultante	CPR	2,162 su
Factor de corrección de longitud	C3	1,138 su
Número de factor de corrección de correa	C4	1,000 su
Número de factor de corrección de polea	C5	1,000 su
Modificar fricción con factor de velocidad	f_{mod}	0,012 s/m
Factor de tensión	k1	1,300 su
Velocidad de correa	v	9,310 mps
Frecuencia flex de correa	f_b	12,090 Hz
Número de correas requerido	Z _{er}	0,555 su
Desmoldeo efectivo	F _p	59,079 N
Fuerza centrífuga	F _c	5,200 N

Tensión de instalación de correa	F_t	60,118 N
Tensión máxima en alcance de correa	F_{tmax}	89,657 N

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

Entonces considerando los resultados obtenidos se puede apreciar que el esfuerzo de tensión del material base que existe en la instalación de la correa es de 60,118 *N* y podemos decir que sí se cumple la condición de ser menor o igual al esfuerzo de tensión máxima en alcance de la correa 89,657 *N*, comparando estos resultados nos queda: $60,118\text{ N} \leq 89,657\text{ N}$; por lo tanto el sí es compatible el diseño.

- **Resumen de mensajes**

Con estos resultados el programa nos reflejará en la siguiente tabla con un mensaje, resaltando si existe compatibilidad, mismo que se detalla en el siguiente tabla:

Tabla 14. Resumen de mensaje de compatibilidad del diseño en Inventor Profesional

19:51:43 Cálculo: La tensión de correa se procesa con respecto a la polea 1. 19:51:43 Cálculo: El cálculo indica la compatibilidad del diseño.
--

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

4.2.1.2.3. Cálculo de la potencia del motor

Para calcular la potencia del motor es necesario determinar primeramente el torque necesario para mover los elementos y para esto se necesita conocer los siguientes parámetros:

- Inercia de las masas para luego establecer los movimientos
- Aceleración angular desde una velocidad angular inicial hasta una velocidad angular nominal
- La potencia de corte de la cuchilla

4.2.1.2.3.1. Inercia de las masas

(Mott, 2011). Para calcular la inercia del sistema del rotor, se procedió en base a la fórmula general para un eje macizo y está dada por la siguiente ecuación:

$$I = \frac{m \times d^2}{8}$$

Dónde:

I = Inercia del cuerpo $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

d = diametro externo (m)

m = masa del cuerpo (kg)

Para determinar el volumen de un cilindro se emplea la conocida siguiente ecuación.

$$V = \pi \times r^2 \times L$$

La masa está definida por:

$$m = V \times \rho$$

Dónde,

V = volumen (m^3)

ρ = densidad del material $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$

m = masa del cuerpo (kg)

L = longitud del cilindro (kg)

La densidad del acero es igual a 7850 kg/m^3

La densidad del aluminio es igual a $2.7 \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} = 0,0027 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

La masa del neumático 205/55/R16 91W es de 9.3 kg

4.2.1.2.3.2. Velocidad y aceleración angular

La fórmula general para el cálculo de la velocidad angular se emplea la siguiente ecuación:

$$\omega = \left(\frac{v}{r} \right)$$

Dónde,

ω = *velocidad angular* $\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$

v = *velocidad lineal* $\left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$

r = *radio* (m)

La fórmula para determinar la aceleración angular viene dada por la siguiente ecuación:

$$\omega = \omega_0 + \alpha \times t$$

Dónde,

ω = *velocidad angular final* $\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$

ω_0 = *velocidad angular inicial* $\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$

α = *aceleración angular* $\left(\frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right)$

t = *tiempo* (s)

Teniendo en cuenta que el sistema parte desde el reposo ($\omega_0 = 0$), la aceleración angular de la ecuación siguiente ecuación es igual a:

$$\alpha = \left(\frac{\omega}{t} \right)$$

El sistema de transmisión de potencia incluyendo poleas, eje y engrane doble recto, entre otros serán acelerados partiendo desde el reposo, por lo que la velocidad angular inicial es igual a cero ($\omega_0 = 0$) hasta alcanzar la velocidad angular de funcionamiento (ω) de cada uno de ellos.

El tiempo de arranque es el tiempo en alcanzar la velocidad angular de funcionamiento del sistema del rotor. De acuerdo a la experiencia práctica-profesional se considera que el tiempo más adecuado para el arranque es de 5 segundos valor que vamos a tomar para el diseño de nuestra máquina.

4.2.1.2.3.3. Torque

Para el cálculo del torque se emplea la siguiente ecuación (Mott, 2011):

$$T = I \times \alpha$$

Dónde,

$T = \text{Torque (Nm)}$

$I = \text{Inercia del cuerpo (Kg. m}^2\text{)}$

$\alpha = \text{aceleración angular } \left(\frac{\text{rad}}{\text{s}^2} \right)$

4.2.1.2.3.4. Potencia

Para poner en movimiento al sistema de rotor de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso, es necesario determinar la potencia, misma está definida por la siguiente ecuación (Mott, 2011):

$$P = \frac{T \times \omega}{9550}$$

Dónde,

P = potencia (Kw)

T = Torque (Nm)

ω = velocidad angular $\left(\frac{rad}{s}\right)$

Equivalencias: 1 Hp = 0.736 Kw

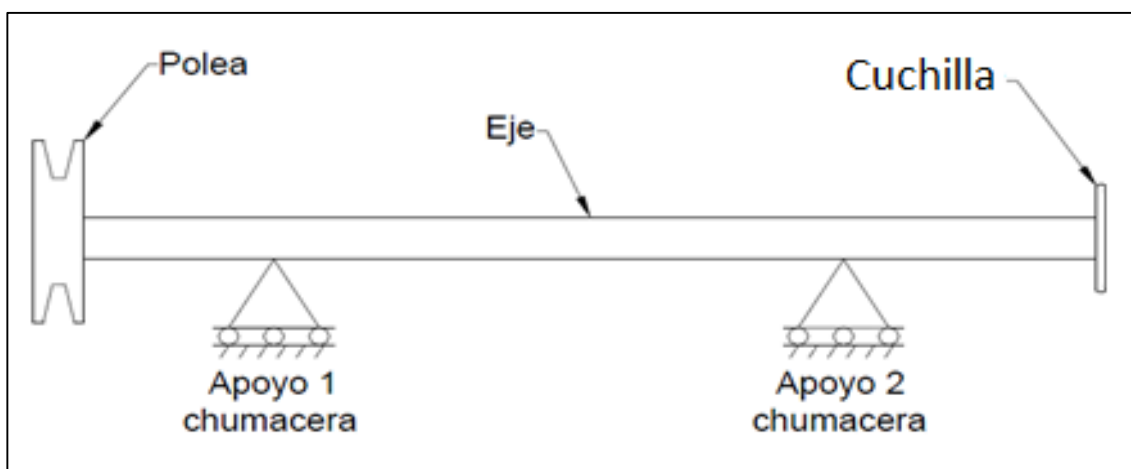
4.2.1.2.4. Potencia para mover el rotor

4.2.1.2.4.1. Calculo de ejes

El sistema de rotor está conformado por un eje de transmisión, sobre el cual está montada una polea y un piñón doble de arrastre. Para esto el eje de transmisión está sometido a cargas de flexión, tensión, compresión o torsión que actúan individualmente o combinados, para este caso es importante considerar la resistencia estática y la de fatiga para este diseño.

La máquina cortadora de neumáticos fuera de uso solo posee un eje de transmisión, la misma que se ilustra en la siguiente figura.

Figura 19. Sistema de transmisión de potencia y rotor



Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

La dimensión del sistema de potencia se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 15. Dimensión del sistema de potencia

Elemento	Longitud (m)	Radio (m)	Diámetro (m)
Eje de arrastre	0,88	0,015875	0,03175
Cuchilla	0,15	0,075	0,15
Polea salida	25.4	0.203	0,406

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

A través de una hoja de cálculo en Excel se procede al análisis de inercia del sistema, considerando las ecuaciones de masa, volumen e inercia, los resultados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 16. Análisis de inercia del sistema de potencia

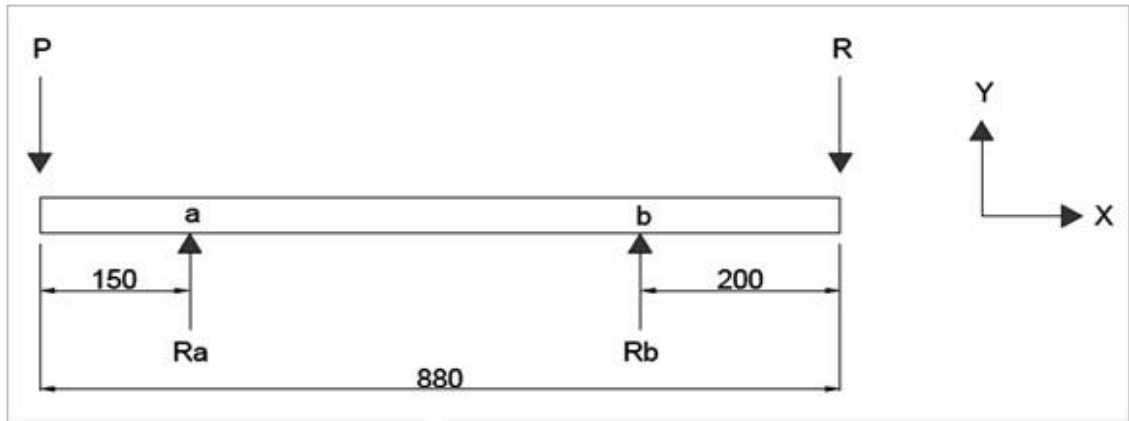
Elemento	Densidad (kg/m ³)	Volumen (m ³)	Masa (kg)	Inercia (kg. m ²) $I = \frac{m \times d^2}{8}$
Eje de arrastre	7850	0,006967	5,476	0,00102
Cuchilla	7850	0,002512	22,72	0,048
Polea salida	0,0027	309.26	0,835	0,017

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

Como siguiente punto calculamos el diagrama de cuerpo libre, para representar gráficamente las fuerzas y las cargas que actúan sobre el sistema de transmisión de potencia:

Figura 20. Diagrama de fuerzas en el eje de transmisión



Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

Si se observa la gráfica, no existen cargas en el eje de las X, pero sí en el eje Y, por lo tanto hacemos sumatoria de fuerzas en Y:

$$+\uparrow \sum F_Y = 0$$

$$Ra - P + Rb - R = 0$$

Mediante el software Inventor Profesional utilizamos el comando de diseño para optimizar el cálculo, los resultados del informe del generador de componentes de eje (Versión: 2015 (Build 190159000, 159)):

4.2.1.2.4.1.1. Información del cálculo (Inventor Profesional).

- **Material**

Tabla 17. Material base del eje de transmisión

Material		Acero
Módulo de elasticidad	E	206000 MPa
Módulo de rigidez	G	80000 MPa
Densidad	ρ	7860 kg/m ³

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- **Propiedades del cálculo**

Tabla 18. Propiedades del cálculo / inventor profesional

Incluir			
Sí	Densidad	ρ	7860 kg/m ³
Sí	Coeficiente de desplazamiento cortante	β	1,188 su
	Número de divisiones		1000 su
	Modo de tensión reducida		Tresca-Guest ⁴

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- **Cargas**

En la tabla N° 19 se puede apreciar que las cargas puntuales que están presentes en el eje de transmisión son: $P = 79,39 \text{ N}$, y la carga $R = 222,656 \text{ N}$ actuantes en el eje de las Y.

Tabla 19. Cargas actuantes en el eje de transmisión

Índice	Ubicación	Fuerza radial				Flexión			
		Y	X	Tamaño	Dirección	Y	X	Tamaño	Dirección
1	0 mm (P)	79,39 N		79,39 N		-100.258 μm		100.258 μm	180,00 gr
2	880 mm (R)	222,656 N		222,656 N		-328,274 μm		328,274 μm	180,00 gr

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- **Soportes**

En la tabla N° 20 se puede apreciar que las fuerzas de reacción que están presentes en el eje de transmisión son: $R_a = 17,011 \text{ N}$, y la carga $R_b = 338,78 \text{ N}$ actuantes en el eje de las Y.

⁴ **Tresca-Guest.** Se conocen como **teorías de fallo (o falla) elástico** o **criterios de fallo (o falla) elástico** a los criterios usados para determinar los esfuerzos estáticos permisibles en estructuras o componentes de máquinas

Tabla 20. Soportes o reacciones actuantes en el eje de transmisión

Índice	Tipo	Ubicación	Fuerza de reacción		Elasticidad	Tipo	Flexión			Ángulo de flexión
			Y	Tamaño			Y	Tamaño	Dirección	
1	Fijo (Ra)	150 mm	17.011N	17.011N	0,021 $\mu\text{m}/\text{N}$	Rodamientos de bolas de doble fila con contacto angular	-0,0 μm	0,0 μm	180,00 gr	0,03 gr
2	Libre (Rb)	640 mm	338,78N	338,78N	0,020 $\mu\text{m}/\text{N}$	Rodamientos de bolas de doble fila con contacto angular	-0,0 μm	0,0 μm	180,00 gr	0,05 gr

Fuente: Inventor Profesional 2013**Elaborado:** Autor

- Resultados:**

Tabla 21. Resultados del sistema de tensiones presentes en el eje

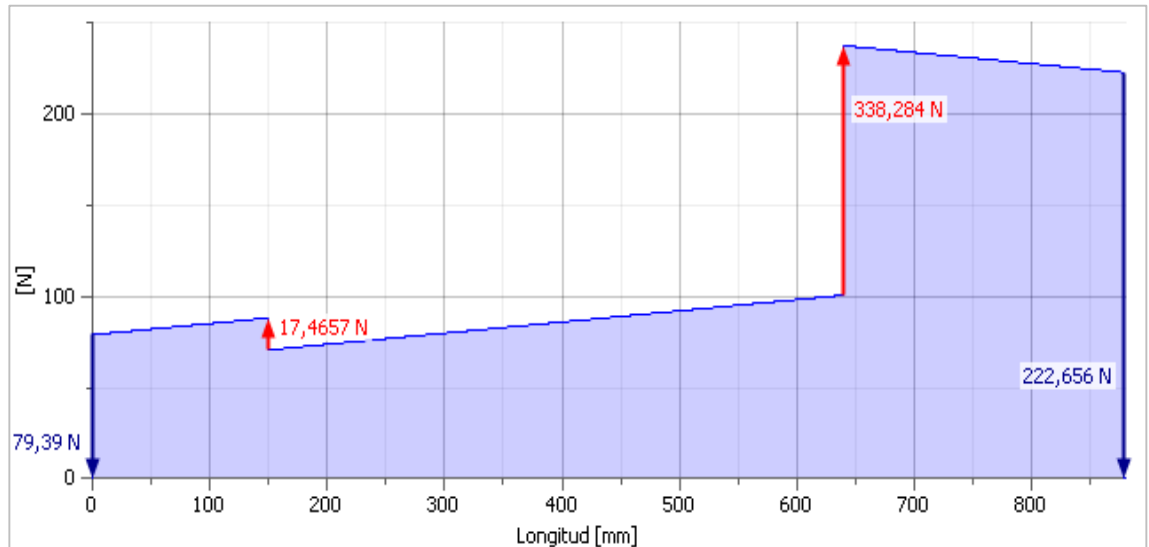
Longitud	L	880,000 mm
Masa	Masa	5,476 kg
Tensión de plegado máxima	σ_B	17,495 MPa
Tensión de corte máxima	τ_s	0,300 MPa
Tensión de torsión máxima	τ	0,000 MPa
Tensión máxima	σ_T	0,000 MPa
Tensión reducida máxima	σ_{red}	17,505 MPa
Flexión máxima	$f_{m\acute{a}x}$	329,853 μm
Ángulo de torsión	ϕ	0,00 gr

Fuente: Inventor Profesional 2013**Elaborado:** Autor

Considerando las distancias que existen entre las cargas, el programa nos da la representación de los diagramas de fuerzas y momentos, mismos que se presentan a continuación en los siguientes ítems:

- Fuerza de corte

Figura 21. Fuerza de corte del eje de transmisión

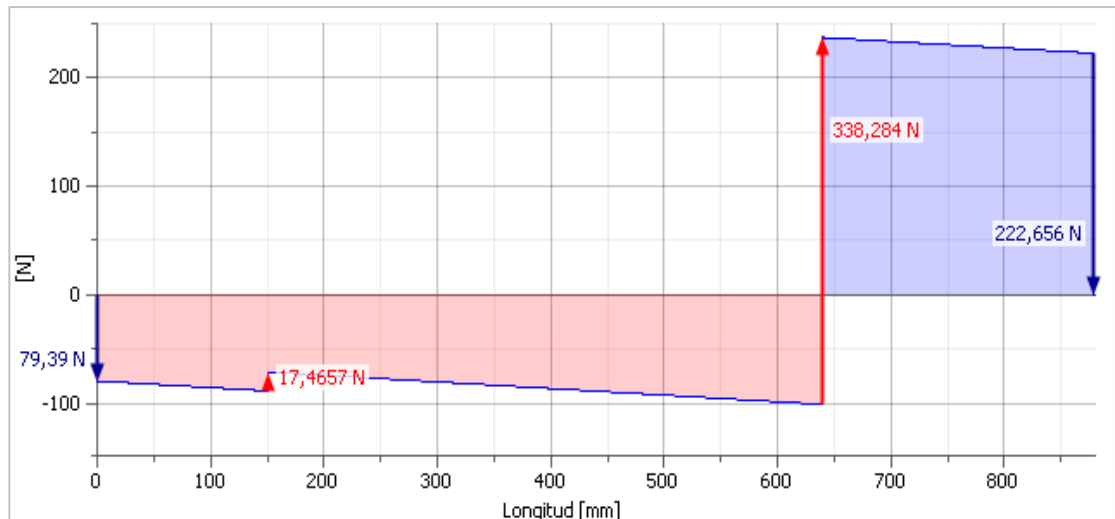


Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- Fuerza de corte, Plano YZ

Figura 22. Fuerza de corte, plano YZ del eje de transmisión



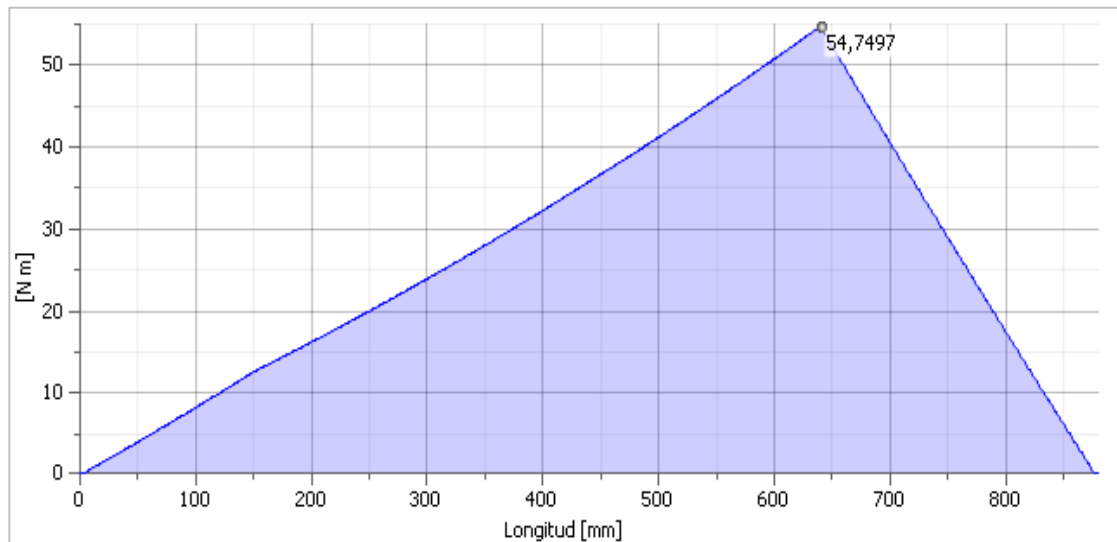
Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

En los diagramas de fuerza de corte se puede observar que la carga mayor está en la reacción 2 con una fuerza de 338,284 N, esto en vista de que está presente el rotor con una fuerza 222,656 N.

- **Momento flector**

Figura 23. Momento flector del eje de transmisión

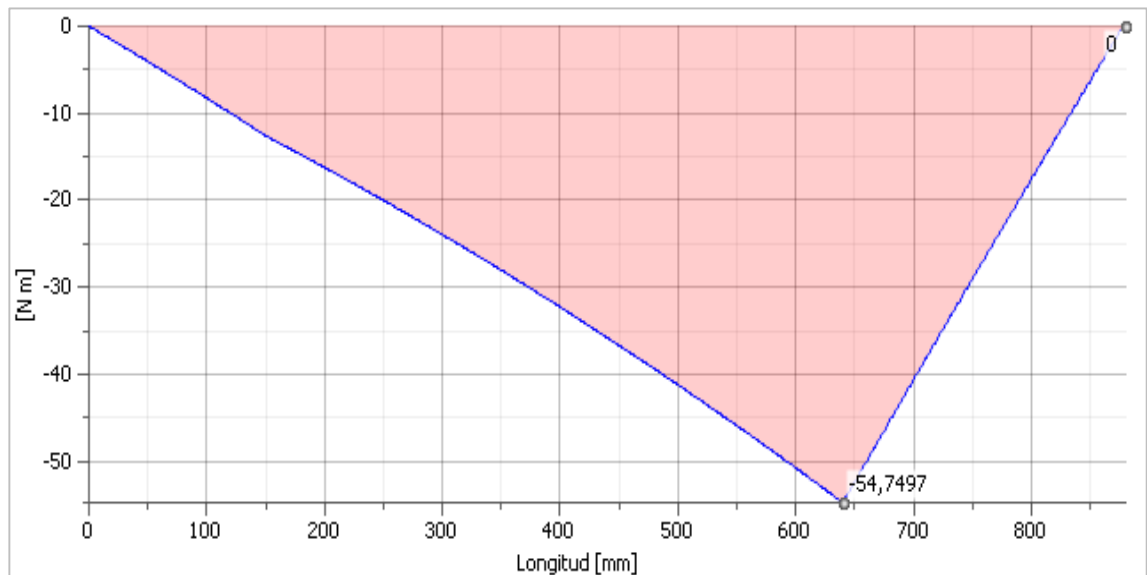


Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- **Momento flector, Plano YZ**

Figura 24. Momento flector, plano YZ del eje de transmisión



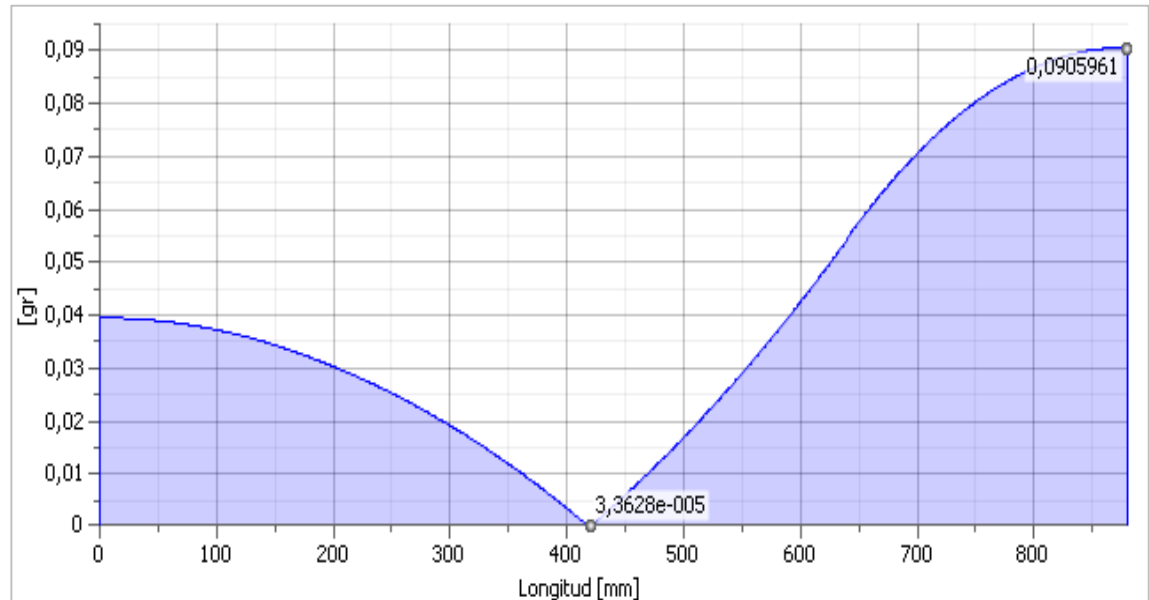
Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

Se puede observar que el momento máximo flector se produce en 54,7497 Nm.

- Ángulo de flexión

Figura 25. Ángulo de flexión del eje de transmisión

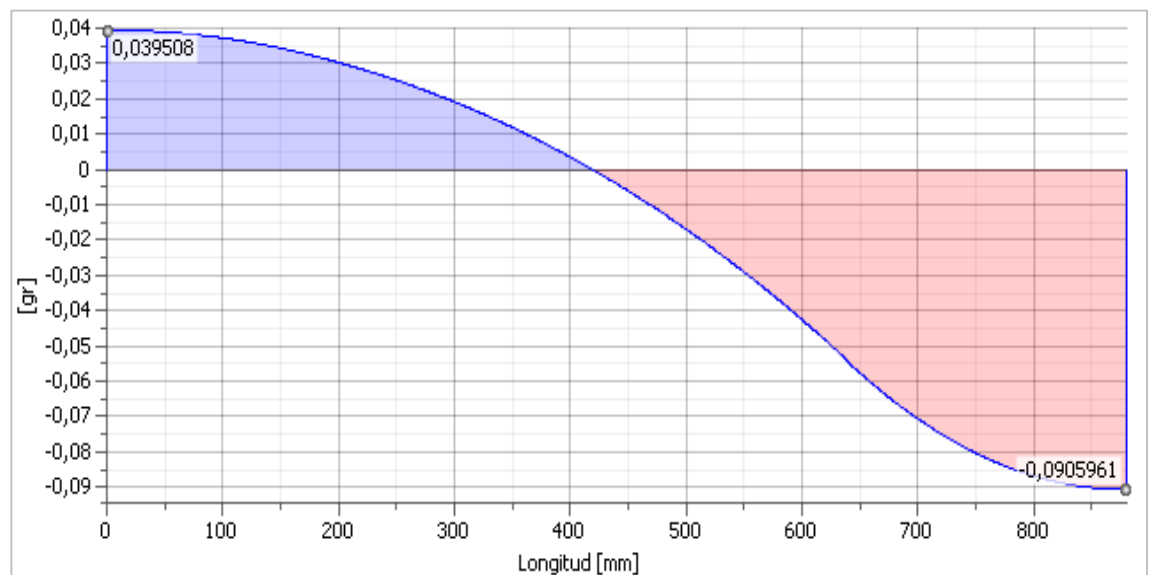


Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- Flexión

Figura 26. Flexión del eje de transmisión



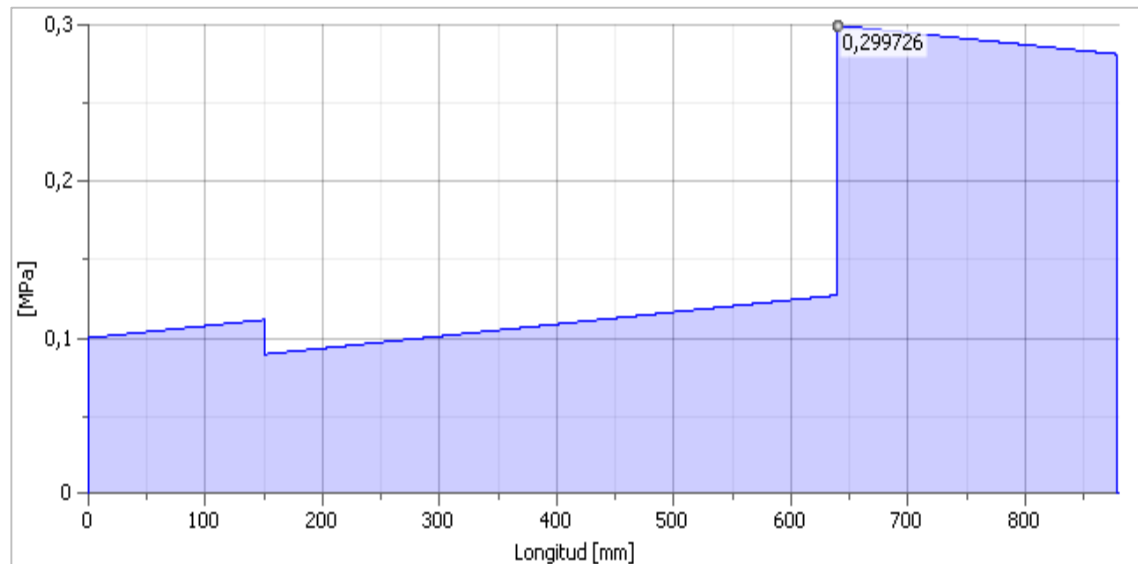
Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

Se puede observar que el ángulo de flexión se produce en 0,09°.

- Tensión de corte

Figura 27. Tensión de corte del eje de transmisión

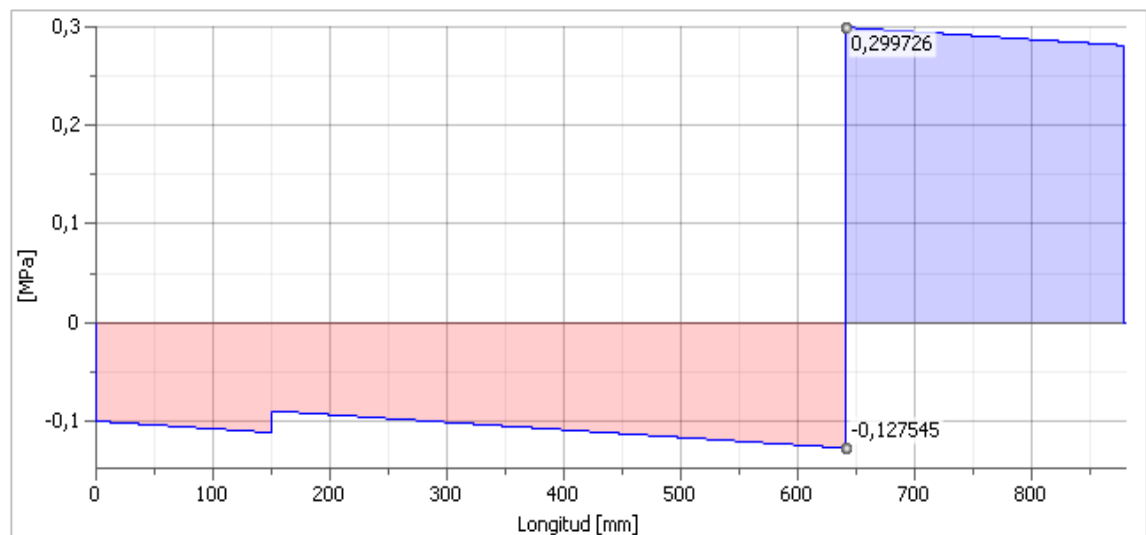


Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- Tensión de corte, Plano YZ

Figura 28. Tensión de corte, plano YZ del eje de transmisión



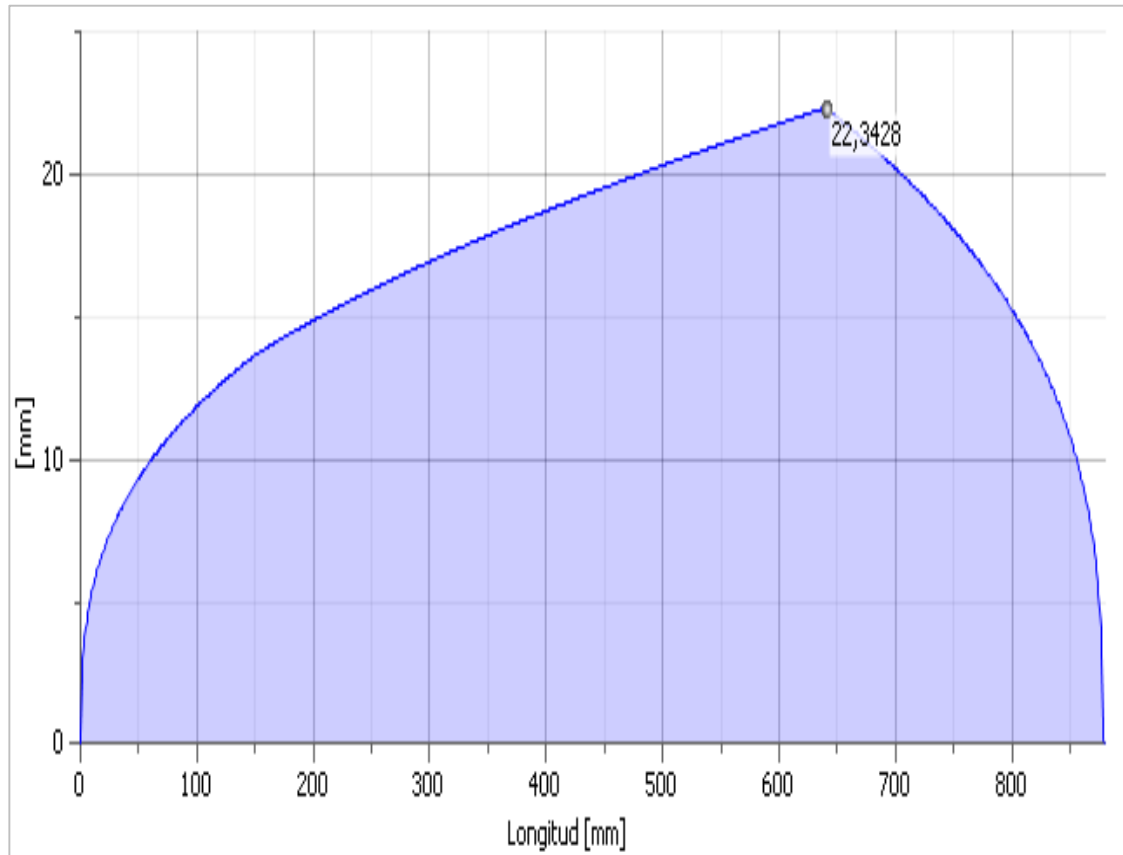
Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

Se puede observar que la tensión máxima en el eje se produce en la reacción Rb con un valor de 0,299 Mpa.

- **Diámetro ideal**

Figura 29. Diámetro ideal del eje de transmisión



Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

Se puede apreciar que el programa determina que el diámetro mínimo ideal del eje es de 22,3428 mm, esto quiere decir que sí es compatible la dimensión del eje en el diseño.

4.2.1.2.4.1.2. Cálculo de la potencia

La velocidad lineal mínima y máxima con la que funcionará la máquina es de 10m/min (0.167 m/s) a 100 m/min (1.67 m/s). Adicional al cálculo se considera la potencia de corte de la cuchilla, más los demás sistemas de transmisión de la misma, los resultados se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 22. Cálculo de potencia del motor

Elemento	Velocidad angular [$\omega(\text{rad/s})$]	Aceleración angular [$\alpha(\text{rad/s}^2)$]	Torque (Nm)	Potencia (W)
Eje de arrastre	105.1969	21,0394	0,0215	2,2575
Cuchilla	25.6923	5,1385	0,2466	6,3369
Polea	8,2266	1,6453	0,0280	0,2301
Total potencia requerida				8,8245

Elaborado: Autor

La potencia para poner en movimiento el sistema de arrastre de corte es de 8.8245 W (0,012 HP).

4.2.1.2.4.2. Potencia requerida

La potencia total requerida por el sistema para poner en marcha todos los elementos móviles de la máquina, se obtiene sumando la potencia de corte de la cuchilla más la potencia del sistema de arrastre, la cual se detalla en la siguiente ecuación:

$$P_{requerida} = P_{cuchilla} + P_{rotor}$$

$$P_{requerida} = 0,203 \text{ Hp} + 0,012 \text{ HP} = 0,215 \text{ HP}$$

4.2.1.2.4.3. La potencia que debe suministrar el motor

El motor a seleccionar debe ser satisfacer la potencia requerida para mover los elementos móviles del sistema de corte por presión de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso, además de vencer las fuerzas de fricción de los mismos.

Considerando que la máquina cortadora de neumáticos será utilizada en zonas agrícolas, es necesario verificar la disponibilidad del mercado seleccionando un motor monofásico (220 V).

Es necesario considerar un factor de servicio ⁵de 1,5 para la elección de un motor y así cubrir situaciones desfavorables del sistema de transmisión de potencia y agentes externos al momento del ensamblaje de la máquina, es decir la potencia sería:

$$P_{motor} = 0,215 \text{ HP} \times 1,5 = 0,32 \text{ Hp}$$

Verificando la disponibilidad en el mercado, se seleccionó un motor monofásico de corriente alterna de 1/2 (0,5) HP, 1760 RPM, 60 Hz.

⁵ JOSÉ ROLDÁN VILORIA; Prontuario de mecánica industrial aplicada; Editorial Paraninfo; España; 2002; pág. 258.

4.2.1.3. Análisis estructural

Es necesario realizar un análisis de los perfiles seleccionados para determinar la máxima flexibilidad que están presentes en la estructura de la máquina.

Para el diseño estructural los perfiles fueron seleccionados en base a la experiencia de ingenieros mecánicos e industriales, debido a esto se necesita analizar si son estable, rígidos, por ende compatibles con las propiedades de la resistencia del material base.

Figura 30. Estructura de las bases de la estructura



Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

4.2.1.3.1. Verificación de las bases de la estructura

Para verificar el diseño de las bases de la máquina hay que tener presente que las fuerzas aplicadas en la estructura intervienen por los sistemas del rotor y el de corte, por esta razón es necesario analizar si los perfiles soportan las cargas ejercidas por las mismas.

El análisis se realiza mediante la simulación del software Inventor Profesional, el parámetro requerido por el programa es establecer cuáles son los soportes y las cargas o fuerzas actuantes en los perfiles. A continuación se detalla el informe de los resultados calculados por el programa, mediante el comando de análisis de estructuras.

A. Propiedades físicas

En la tabla N° 23 se detalla las propiedades físicas del perfil seleccionado para el diseño.

Tabla 23. Propiedades físicas del perfil de la bases de la estructura

Masa	146,798 kg
Área	85139,454 mm ²
Volumen	37699,764 mm ³
Centro de gravedad	x=-28,916 mm y=577,526 mm z=13,173 mm

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

B. Simulación

Objetivo general y configuración:

Tabla 24. Tipo de simulación

Tipo de simulación	Análisis estático
--------------------	-------------------

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

✓ Materiales

En la tabla N° 25 se detalla las especificaciones del material seleccionado previo al análisis estructural del diseño.

Tabla 25. Material base de la estructura

Nombre	Acero, suave	
General	Densidad de masa	7,850 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207,000 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345,000 MPa
Tensión	Módulo de Young	220,000 GPa
	Coeficiente de Poisson	0,275 su
Nombre(s) de pieza	ANSI 3x3x1_4 00000001.ipt ANSI 3x3x1_4 00000002.ipt ANSI 3x3x1_4 00000003.ipt ANSI 3x3x1_4 00000004.ipt ANSI 3x3x1_4 00000005.ipt ANSI 3x3x1_4 00000006.ipt ANSI 3x3x1_4 00000010.ipt ANSI 3x3x1_4 00000012.ipt ANSI 3x3x1_4 00000013.ipt ANSI 3x3x1_4 00000014.ipt ANSI 3x3x1_4 00000015.ipt	

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

✓ Sección o secciones transversales

En la tabla N° 26 se detalla las propiedades geométricas y mecánicas del material seleccionado previo al análisis estructural del diseño.

Tabla 26. Secciones transversales del material de la estructura

Propiedades de geometría	Área de sección (a)	1670,351 mm ²
	Anchura de sección	76,200 mm
	Altura de sección	76,200 mm
	Centroide de sección (x)	38,100 mm
	Centroide de sección (y)	38,100 mm
Propiedades mecánicas	Momento de inercia (I _x)	1313585,330 mm ⁴
	Momento de inercia (I _y)	1313585,330 mm ⁴
	Módulo de rigidez de torsión (J)	2123935,110 mm ⁴
	Módulo de sección (W _x)	34477,305 mm ³
	Módulo de sección (W _y)	34477,305 mm ³
	Módulo de sección de torsión (W _z)	3164,452 mm ³
	Área de esfuerzo cortante reducida (A _x)	780,135 mm ²
	Área de esfuerzo cortante reducida (A _y)	780,135 mm ²
Nombre(s) de pieza	ANSI 3x3x1_4 00000001.ipt ANSI 3x3x1_4 00000002.ipt ANSI 3x3x1_4 00000003.ipt ANSI 3x3x1_4 00000004.ipt ANSI 3x3x1_4 00000005.ipt ANSI 3x3x1_4 00000006.ipt ANSI 3x3x1_4 00000010.ipt ANSI 3x3x1_4 00000012.ipt ANSI 3x3x1_4 00000013.ipt ANSI 3x3x1_4 00000014.ipt ANSI 3x3x1_4 00000015.ipt	

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

✓ **Modelo de viga**

En la tabla N° 27 se detalla el número de nodos y vigas presentes en el diseño de la estructura.

Tabla 27. Modelo de viga

Nodos	30
Vigas	11
- Tubos cuadrados/rectangulares	11

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

✓ **Vínculos rígidos**

En la tabla N° 28 se detalla el número de nodos y vigas presentes en el diseño de la estructura.

Tabla 28. Cargas fijas en las bases d la estructura

Nombre	Desplazamiento			Rotación			Nodo padre	Nodo o nodos hijo
	Eje X	Eje Y	Eje Z	Eje X	Eje Y	Eje Z		
Vínculo rígido:1	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	Nodo:23	Nodo:9
Vínculo rígido:2	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	Nodo:24	Nodo:10
Vínculo rígido:3	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	Nodo:25	Nodo:21
Vínculo rígido:4	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	Nodo:26	Nodo:12
Vínculo rígido:5	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	Nodo:27	Nodo:14, Nodo:22
Vínculo rígido:7	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	fijo	Nodo:29	Nodo:16

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

✓ **Condiciones de funcionamiento**

En este punto el programa detalla las condiciones de funcionamiento para realizar la simulación, para aquello escogemos la magnitud de la gravedad en la tierra, y además la fuerza puntual ejercida en la viga donde está apoyada el sistema de corte.

- **Gravedad.**

Tabla 29. Gravedad ejercida en la máquina

Tipo de carga	Gravedad
Magnitud	9810,000 mm/s ²
Dirección	Y-

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

- **Fuerza: 1**

En la tabla N° 30 se detalla la magnitud de la fuerza presente en el punto crítico de corte, considerando la fuerza ejercida con el sistema de rotor-corte es de 222,656 N, más la del sistema del corte con la gata hidráulica que es de 1227,344 N.

Tabla 30. Fuerza ejercida el punto de corte

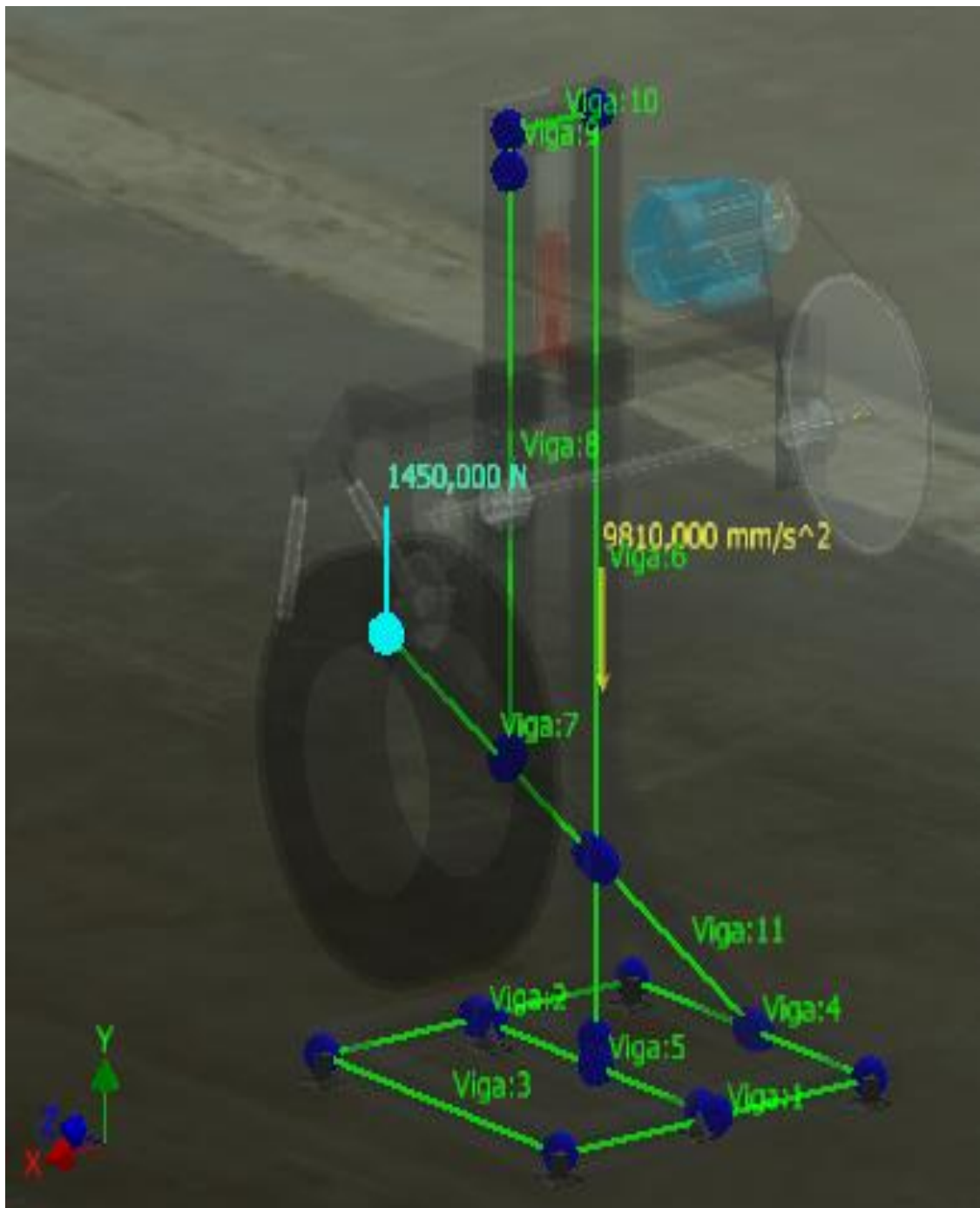
Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1450,000 N
Sistema de coordenadas de vigas	No
Ángulo de plano	270,00 gr
Ángulo en plano	90,00 gr
Fx	0,000 N
Fy	-1450,000 N
Fz	0,000 N

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

En el punto de apoyo de la viga 8 se puede apreciar que está presente una fuerza (F_y) misma que es la resultante de la presión de corte y, dando como resultado una masa de 147.96 Kg, considerando la gravedad sería de 1450 N.

Figura 31. Fuerza ejercida en la viga critica



Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

✓ **Fuerza y pares de reacción en restricciones**

En la tabla N° 31 se detalla las fuerzas y pares de reacciones en las restricciones que están presentes en las bases de la máquina.

Tabla 31. Fuerzas y pares de reacciones en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componentes (Fx, Fy, Fz)	Magnitud	Componentes (Mx, My, Mz)
Restricción fija:5	1494,082 N	-663,630 N	132981,435 N	79694,209 N mm
		-1336,525 N	mm	-79387,080 N mm
		74,694 N		-70926,628 N mm
Restricción fija:3	375,181 N	-242,939 N	90164,229 N	-65089,055 N mm
		-275,484 N	mm	-8589,242 N mm
		-76,485 N		61799,902 N mm
Restricción fija:2	346,779 N	-235,053 N	87234,955 N	66277,552 N mm
		-241,086 N	mm	9317,181 N mm
		82,967 N		55950,099 N mm
Restricción fija:1	1450,058 N	-650,152 N	127040,708 N	-75738,455 N mm
		-1293,320 N	mm	78999,552 N mm
		-85,409 N		-64514,329 N mm
Restricción bloqueada:1	2937,258 N	905,412 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		2794,229 N		0,000 N mm
		1,875 N		-0,000 N mm
Restricción bloqueada:2	2826,401 N	886,363 N	0,000 N mm	-0,000 N mm
		2683,821 N		0,000 N mm
		2,358 N		-0,000 N mm

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

✓ Resumen de resultados estáticos

En la tabla N° 32 se detalla las fuerzas y pares de reacciones en las restricciones que están presentes en las bases de la máquina.

Tabla 32. Resumen de resultados estáticos del diseño de la máquina

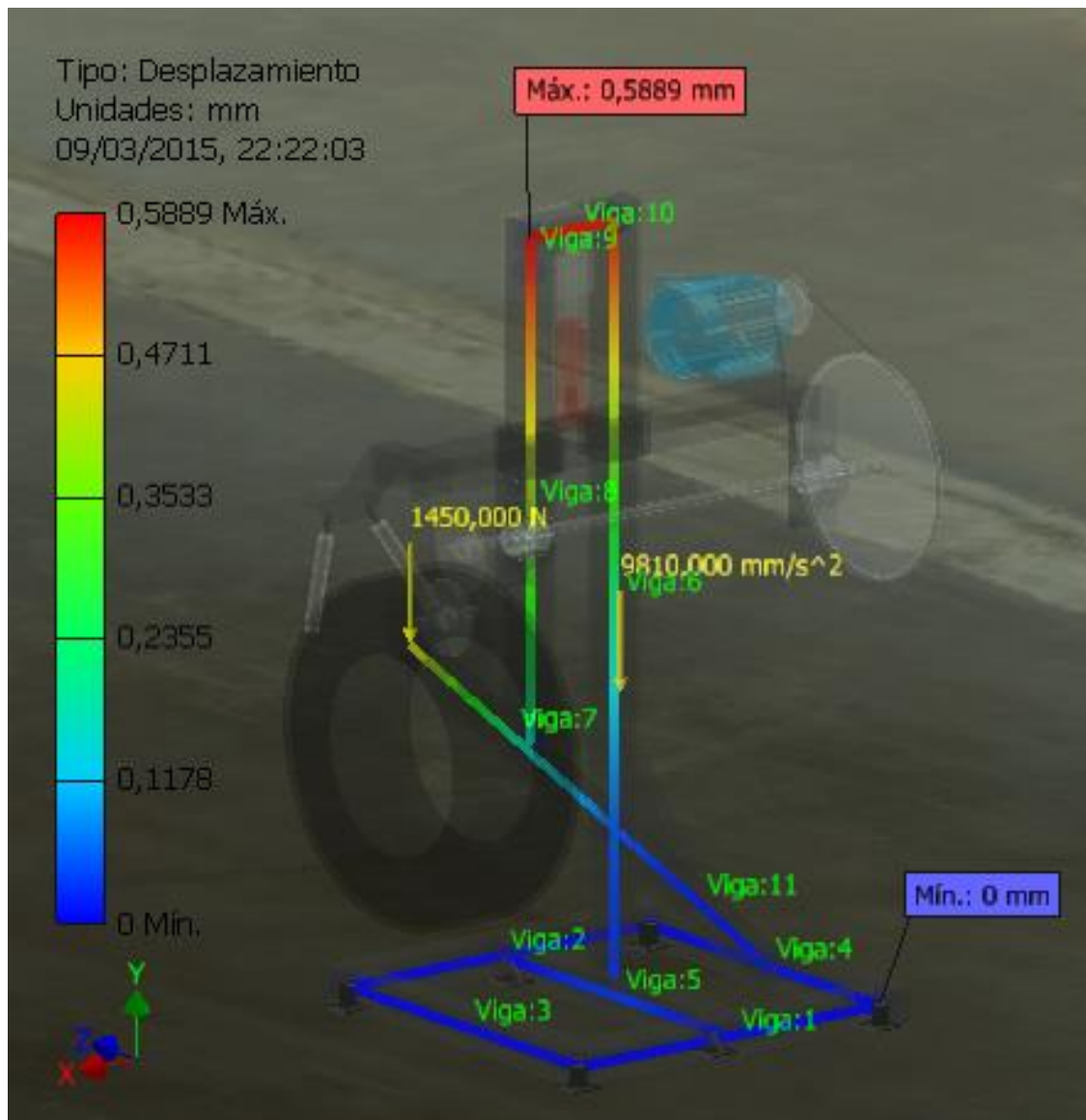
Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0,000 mm	0,589 mm
Fuerzas	Fx	-485,878 N	835,067 N
	Fy	-1822,786 N	1866,727 N
	Fz	-1803,815 N	3615,718 N
Momentos	Mx	-510978,770 N mm	380655,504 N mm
	My	-155249,310 N mm	330999,323 N mm
	Mz	-61410,936 N mm	137338,178 N mm
Tensiones normales	Smax	-0,582 MPa	14,005 MPa
	Smin	-15,636 MPa	0,758 MPa
	Smax(Mx)	-0,000 MPa	14,821 MPa
	Smin(Mx)	-14,821 MPa	-0,000 MPa
	Smax(My)	-0,000 MPa	9,600 MPa
	Smin(My)	-9,600 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-2,165 MPa	1,080 MPa
Tensión de corte	Tx	-1,070 MPa	0,623 MPa
	Ty	-2,393 MPa	2,336 MPa
Tensiones de torsión	T	-43,400 MPa	19,406 MPa

Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

En las siguiente figura se aprecia los resultados obtenidos por el programa, aunque hay que tener presente que el color marcado con rojo en las vigas de la estructura no se consideran que los mismos se van a fracturar, ni que no es compatible con el diseño de la estructura, de ser así el programa indicaría un error al momento de empezar el análisis.

Figura 32. Desplazamiento máxima de la viga crítica de corte



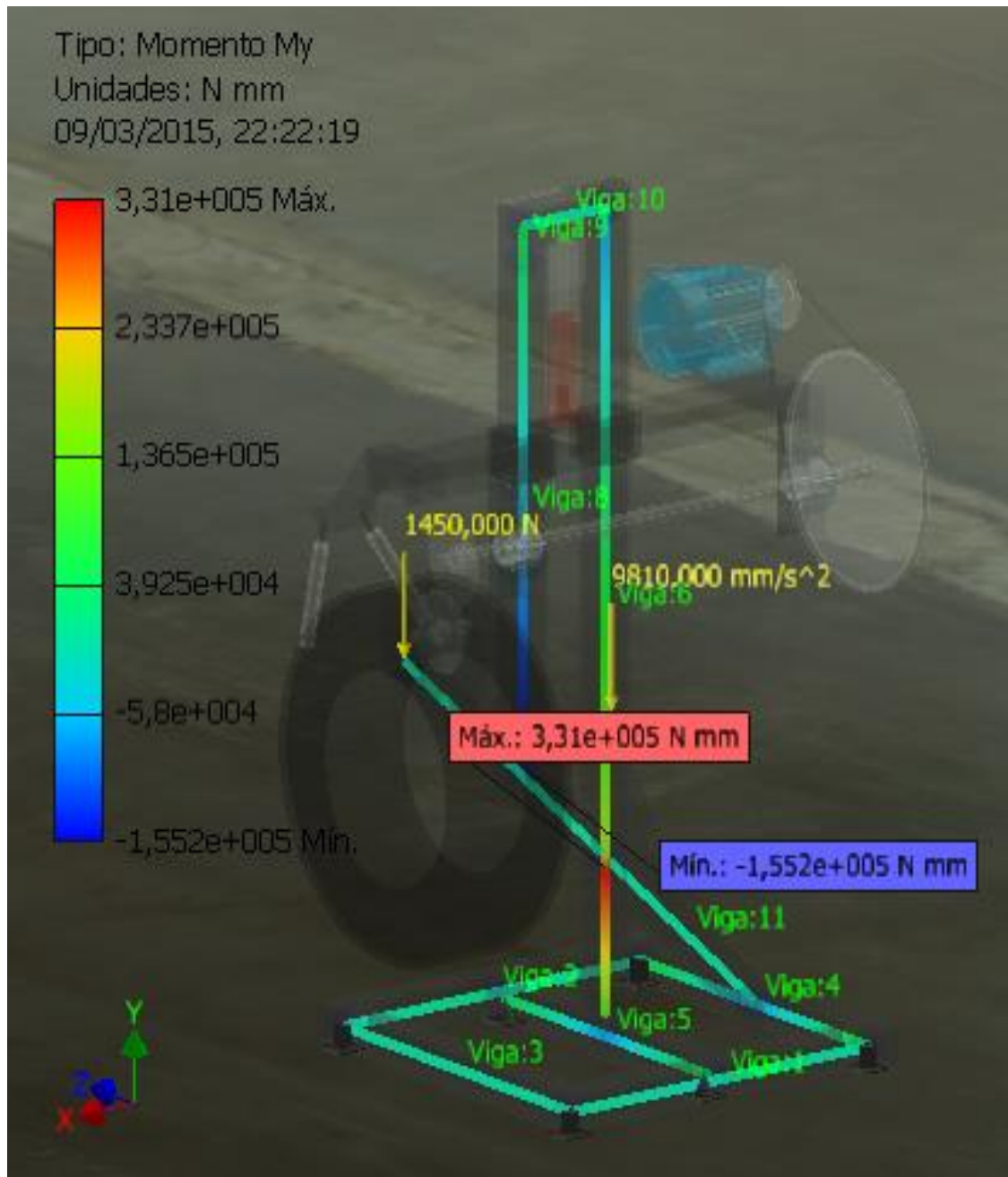
Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

Considerando los resultados obtenidos por el programa es necesario destacar que el desplazamiento máximo que podrá tener efecto la estructura se da en el punto crítico de presión que ejerce la gata hidráulica con un valor de 0,5889 mm.

De igual manera se puede apreciar en la siguiente figura el momento M_y obtenida por el programa.

Figura 33. Momento (M_y) en la viga crítica de corte



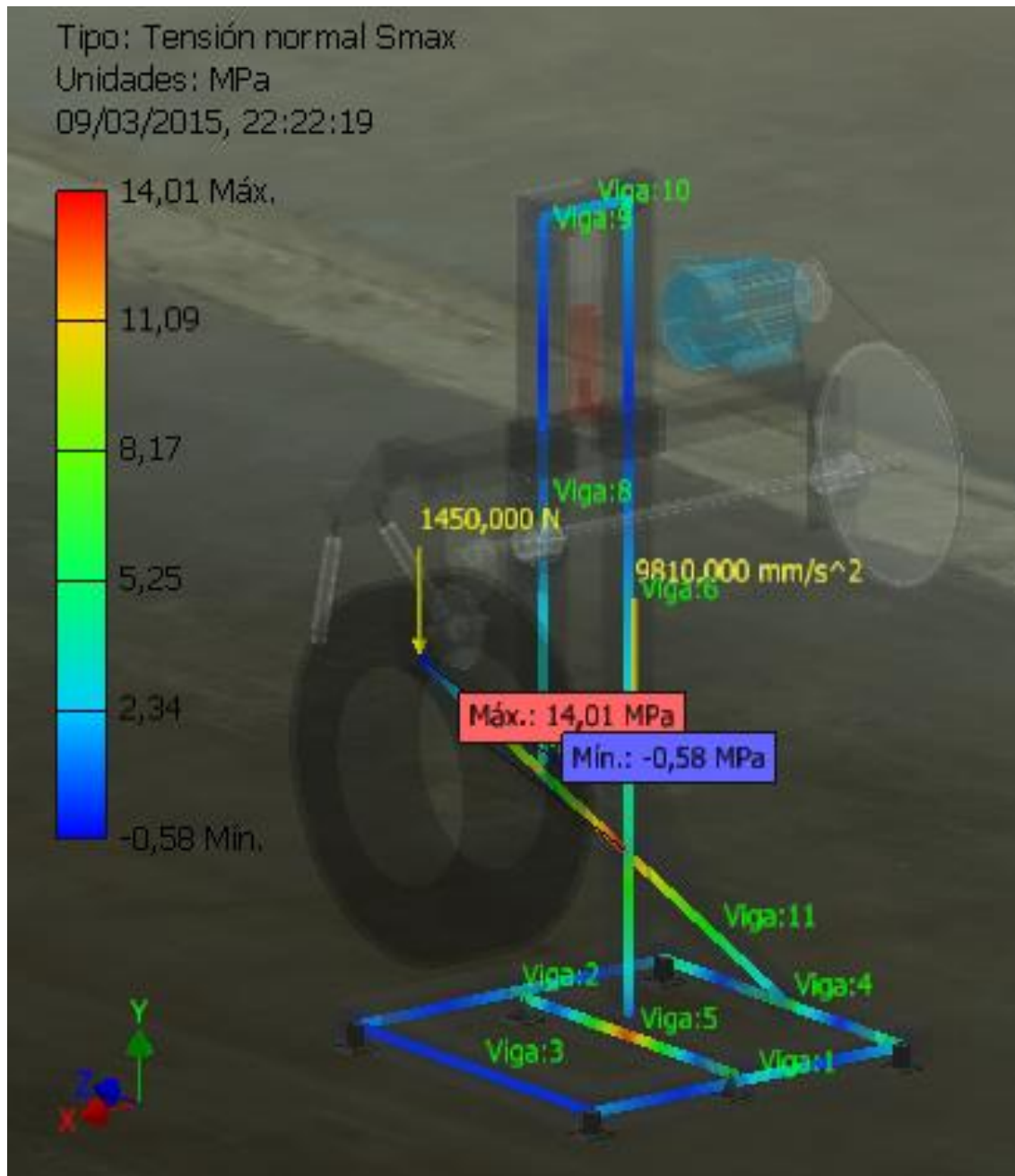
Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

Se puede observar que el momento máximo se da en 3,3 N mm, por lo que la viga no sufrirá fracturas por la fuerza de corte ejercida sobre el sistema.

Finalmente se puede apreciar en la siguiente figura la tensión normal (S_{min}) obtenida por el programa.

Figura 34. Tensión normal



Fuente: Inventor Profesional 2013

Elaborado: Autor

Se puede observar que la tensión normal máxima ejercida por la fuerza de corte en las vigas se da en 14,1 MPa, por lo que la estructura es compatible con el diseño al no superar las propiedades de resistencia a la tensión del material que es 220,000 GPa.

4.3. Análisis de costo

4.3.1. Presupuesto referencial de la máquina

El análisis de los costos que intervienen en la construcción de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso, son fundamentales ya que nos permiten identificar la cantidad de recurso invertidos para poner en marcha el presente proyecto.

Para determinar la inversión del proyecto se realizó un análisis previo de los costos fijos y variables, incluyendo los costos de operación y mantenimiento de la máquina.

4.3.1.1. Costos directos

En el análisis de los costos directos están involucrados los costos por materiales, mano de obra, equipos o maquinarias utilizadas y transporte, los mismos que se detallan en los siguientes literales:

a) Costos de materiales y accesorios mecánicos

Tabla 33. Costo total (\$) de materiales y accesorios mecánicos

MATERIA PRIMA	CANTIDAD	UNIDAD	COSTOS (\$)	
			UNITARIO	TOTALES
Tubo 3"x3"x2mm ASTM A-36	2	6 metros	21,5	43
Plancha Tool N 2 mm (reciclada)	1	m ²	30	30
Eje AISI ø 1 1/5 " para bocín	0.50	metros	8	4
Angulo de 1 ½ "x 3 mm	1	6 metros	15,50	15,50
Platina 2 ½" x 8mm	1	6 metro	12,30	12,30

Resortes presión ø 1" X 20 cm L	2	Unidad	7,50	15
Rodamiento 6004	2	Unidad	6,20	12,40
Perno hexagonal (M10x20x20-N)	2	Unidad	0.5	1
Banda tipo 3v (50" DIN 7753)	1	Unidad	4,5	4,5
Polea (2 ½" x 1" Aluminio)	1	Unidad	8	8
Polea (16" x 1" Aluminio)	1	Unidad	16	16
Chumacera Piso 1 ¼" NBR UPC 207 1.1	2	Unidad	35	70
Motor Monofásico ½ Hp	1	Unidad	146.60	146,60
Plancha Tool 3 mm (reciclada)	1	m^2	50	50
Cuchilla de Acero HSS ø150 mm	1	Unidad	99,50	99,50
Perno acerado 5/16"x1"	4	Unidad	0,25	1
Tuerca Acerado P 5/16"	4	Unidad	0,15	0,60
Plancha Tool 1.5 mm	1	Unidad	40	40
Perno acerado P7/16" x 1 ½"	2	Unidad	0,30	0,60
Tuerca acerado P7/16" x 1 ½"	2	Unidad	0.25	0,50
Pasador 20mm X 60mm-St-N DIN 1445	1	Unidad	0,8	0,80
Bridas ASTM ø200 mm	2	Unidad	10	20
Gata Hidráulica 6 Toneladas	1	Unidad	72	45
Pintura Fondo	1	Galón	20	20
Tiñe/diluyente	5	Litros	5	25

Wipe	2	Unidad	3,50	7
Pintura Anticorrosiva	1	Galón	30	30
TOTAL COSTOS DE MATERIA PRIMA				\$ 708,30

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

b) Costos por mano de obra

Los costos por mano de obra de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 34. Costos totales (\$) de la mano de obra

CARGO	Días /hombre	COSTOS (\$)	
		Salario/Días	TOTALES
Maestro Mecánico	3	50	150
Ayudante Mecánico	3	30,11	90,35
Maestro Tornero	1,7	47	79,9
TOTAL COSTOS MANO DE OBRA			\$ 320,25

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

c) Costos por maquinaria y equipos utilizados

Los costos por maquinaria y equipos utilizados para la construcción de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 35. Costo (\$) por maquinaria y equipos utilizados de la máquina

Maquina/herramienta	Horas/equipos	COSTOS (\$)
---------------------	---------------	-------------

		Costo/hora	TOTALES
Soldadora Lincoln Mig 400 Amp	9	3	27
cortadora plasma 13mm MARCA BP	5	5	25
Compresor de aire 125 PSI / 1Hp	6	2	12
Tronzadora DWallt	1	3	3
Pulidora DWallt	2	3	6
Taladro	1	3	3
Torno	7	10	70
Herramientas manual	5% mano de obra		24.5
Total			\$ 167,5

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

d) Costos por transporte

Los costos por transporte para la construcción de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 36. Costos por transporte

Transporte	Costo/Flete	Cantidad	Costo (\$)
Material a taller	5,31	4	21,26
Máquina a la finca	40	1	40
Otros			10
TOTAL TRANSPORTE			\$ 71,25

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

4.3.2. Elementos del Costo directo

Según la tabla No. 37 podemos ver que el valor total de los costos directos de la máquina es de \$. 1267.30, los mismos que se detallan a continuación.

Tabla 37. Valor total costos directos

Costo por	Valor (\$)
Materiales y accesorios	708,30
Maquinaria y equipo utilizado	167,5
Mano de obra	320,25
Transporte	71,26
TOTAL COSTOS DIRECTOS	1267,30

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

4.3.2.1. Costos Indirectos

En el análisis de los costos indirectos están involucrados los ingenieriles, imprevistos, utilidad, los mismos que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 38. Costos Indirectos

Detalle	Cantidad (% CD)	Valor (\$ USD)
Ingenieriles (Diseño y supervisión)	20%	253,46
Imprevistos	5%	63,36
Utilidad	0	-
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		316,82

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

4.3.3. Costo total

Los costos totales es el equivalente de la suma de los costos directos más los costos indirectos, según la tabla N° 39 indica que el costo total es de **\$1584.12**, los mismos que se detallan a continuación

Tabla 39. Costo total

Costo	Total (\$)
Directos	1267,30
Indirectos	316,82
Suma total	1584.12

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

4.3.4. Análisis de costos por operación y mantenimiento

Para calcular los costos de operación y mantenimiento de la máquina cortadora de neumáticos fuera, en base al diseño realizado podemos hallarlo en base a una estimación del tiempo de la misma para aproximarnos al tiempo real, considerando que el análisis real se obtendría mediante datos estadísticos tomados en un rango de tiempos del funcionamiento en el terreno de corte.

Considérese un periodo de operación de la máquina de 8 horas diarias. Por ende también que los días laborables en un mes solo son 24 días. Los datos del consumo eléctrico se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 40. Consumo eléctrico

CONSUMO ELÉCTRICO			
Detalle	Watts (w)	Horas de trabajo (h)	W. h al mes
Motor monofásico Weg	372.85	81	30200.85

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

El consumo mensual de la máquina sería de 30.20 Kw/h, teniendo presente que en Ecuador se tiene un costo promedio de energía eléctrica de 0.11 usd por Kw.h, por tanto el valor mensual sería de 3.32 usd.

Otros valores a considerar serán los costos por el operador y materiales propios para el mantenimiento de la máquina; como wípe, grasa y aceite, los valores se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 41. Costo de operación y mantenimiento

Detalle	Total (\$)
Consumo eléctrico	3.32
Operador	354
Grasa y aceite	13
Materiales para limpieza	8
Suma total	378.32

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

El costo mensual por operación y mantenimiento será de **378.32 usd.**

4.3.5. Otros

4.3.5.1. Salvamento de la máquina

El costo de salvamento es el valor de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso que no depreciamos, de modo que al terminar su vida legal contable, nos quedará ese valor sin depreciar. Se estima un valor de salvamento del 10% del costo total de inversión, por lo que se detalla a continuación el análisis:

Costo de Inversión: $P = \$1584.12$

Salvamento de la maquina: $S = 10\% * P$

$$S = 0.10 * \$1584.12$$

$$S = \$158.41$$

4.3.5.2. Depreciación de la máquina

(Leland Blank - Anthony Tarquin, 2002). La depreciación es la reducción en el valor de un activo.

A referencia de este pensamiento es que a medida que transcurre el tiempo de servicio de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso, también decrece el valor contable de la misma. Las leyes tributarias de nuestro país determinan una vida legal para maquinaria y equipos de 10 años.

Para el cálculo se lo realizó con el modelo de depreciación en línea recta (LR), la misma que deriva su nombre del hecho de que el valor en libros disminuye linealmente con el tiempo.

(Leland Blank - Anthony Tarquin, 2002). La depreciación LR anual se determina al multiplicar el costo inicial menos el valor de salvamento, dividido por la vida útil contable de la máquina n . En forma de ecuación:

$$D_t = \frac{P - S}{n}$$

Dónde,

Dt = cargo anual de depreciación

P = costo de inversión

S = valor de salvamento estimado

n = vida útil contable

Aplicando este método a la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso se tiene una depreciación anual de:

$$D_t = \frac{\$1584.12 - \$158.41}{10 \text{ años}} = \$ \mathbf{142.57}$$

La depreciación anual, acumulada y el valor en libros de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso al final de cada uno de los años de vida útil, se pueden apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 42. Depreciación de la máquina

Año	Depreciación anual (\$)	Depreciación anual acumulada (\$)	Valor en libros (\$)
0	-	-	1584,12
1	142,57	142,57	1441,55
2	142,57	285,14	1298,98
3	142,57	427,71	1156,41
4	142,57	570,28	1013,84
5	142,57	712,85	871,27
6	142,57	855,42	728,70
7	142,57	997,99	586,13
8	142,57	1140,56	443,56
9	142,57	1283,13	300,99
10	142,57	1425,70	158,41

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

Analizando la tabla podemos observar que la máquina cortadora de neumáticos fuera uso se deprecia cada año 142,57 usd, teniendo como resultado en el décimo año un valor en libro de \$158,41.

4.3.5.3. Análisis del punto de equilibrio

(Giovanny E. Gómez, 2001). El punto de equilibrio sirve para determinar el volumen mínimo de ventas que la empresa debe realizar para no perder, ni ganar.

La máquina cortadora de neumáticos fuera de uso es auspiciada por el Sr. Quintanilla José, propietario del terreno del cultivo de la pitahaya, lugar donde operará la máquina. Conociendo que en las 3 hectáreas del cultivo de la fruta, se necesitaría cortar 1500 neumáticos teniendo como resultado 3000 tapas o

armazones para sostener las plántulas y sus frutos. Por efectos de esto se considera un costo del servicio de corte a los neumáticos fuera de uso de \$0.50, teniendo como resultado un valor de \$1500.

Considerando que después de cumplir con lo requerido por el Sr. José Quintanilla, se planifique prestar el servicio de corte a la empresa PitahaSol S.A. En base a este servicio es necesario realizar un análisis del punto de equilibrio, la misma que se presenta cuando el ingreso cubre los costos fijos y variables generados en el servicio de corte de los neumáticos fuera de uso.

Los datos de costos que se estiman para el primer año de funcionamiento se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 43. Clasificación de los costos

CLASIFICACIÓN DE LOS COSTOS			
CONCEPTO	COSTOS		
	FIJOS	VARIABLES	TOTALES
Consumo eléctrico	-	\$ 39,84	39,84
Arriendo de la planta	\$ 1.200	-	1.200,00
Operario	\$ 4.248,00	-	4.248,00
Grasa y aceite	-	\$ 156,00	156,00
Materiales y limpieza	\$ 96,00	-	96,00
Depreciación	\$ 142,57	-	142,57
TOTAL	\$ 5.686,57	\$ 195,84	5.882,41

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

a) Costo de Inversión: $P = \$1584.12$

b) Servicio de corte mínima mensual de la máquina:

Periodo de trabajo: $P_t = 8 \text{ h/día}$

Producción de corte: $P_c = 5 \text{ u/min} = 300 \text{ u/h}$

Días al mes: Dt = 24 días

c) Producción mensual: $P_m = P_t * P_c * D_t$

$$P_m = 8 * 300 * 24 = 57600 \text{ u/mes}$$

d) Ingreso anual (servicio de corte totales):

Costo por servicio de corte: Cp = 0,50 usd

- Ingreso mensual: $I_m = P_m * C_p$

$$I_m = 0,50 * 57600 = 28800 \text{ usd}$$

- Ingreso anual: $I_a = I_m * 12$

$$I_a = 28800 * 12 = \mathbf{345600 \text{ usd}}$$

Aplicando la fórmula del punto de equilibrio y reemplazando valores, tenemos el siguiente resultado:

$$P.E = \frac{\text{Costos fijos}}{1 - \frac{\text{Costos variables}}{\text{Ventas totales}}}$$

$$P.E = \frac{\$ 5.686,57}{1 - \frac{\$ 195,84}{\$345600}} = \$ \mathbf{5689.79}$$

Como el ingreso se calcula a razón de 0,50 usd por servicio de corte del neumático fuera de uso. El número de neumáticos fuera de uso que se requiere cortar para llegar al punto de equilibrio es:

$$n_{\text{corte-neumáticos}} = \frac{P.E.}{0,50}$$

$$n_{\text{corte-neumáticos}} = \mathbf{11379.58 \text{ al año}}$$

En el siguiente cuadro se detalla el resumen del análisis del punto de equilibrio:

Tabla 44. Punto de equilibrio

Costo por servicio de corte	\$ 0,50
-----------------------------	---------

Ventas por servicio de corte	\$ 345.600,00
Costo Fijo	\$ 5.686,57
Costo Variable	\$ 195,84
Punto de Equilibrio	0
Punto de Equilibrio en servicio de corte	\$ 5.689,79
Punto de Equilibrio /UNIDAD	11379,58

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

Además es necesario proyectar las ventas por el servicio de corte en el tiempo, para este caso se consideró 4 años, mismo se detalla en la siguiente tabla.

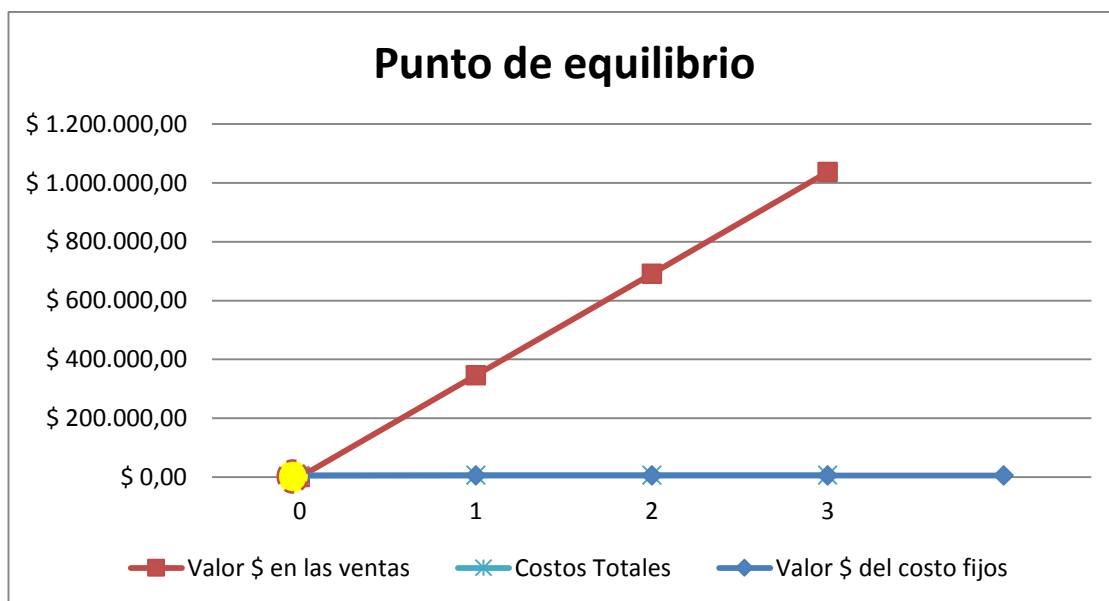
Tabla 45. Proyección de beneficio/punto equilibrio

Cant. Unidades vendidas	0	1	2	3	4
		\$	\$	\$	\$
Valor \$ en las ventas	\$ 0,00	345.600,00	691.200,00	1.036.800,00	1.382.400,00
Valor \$ del costo variable	\$ 0,00	\$ 196,00	\$ 392,00	\$ 588,00	\$ 783,00
Valor \$ del costo fijos	\$ 5.686,57	\$ 5.686,57	\$ 5.686,57	\$ 5.686,57	\$ 5.686,57
Costos Totales	\$ 5.686,57	\$ 5.882,57	\$ 6.078,57	\$ 6.274,57	\$ 6.469,57
Beneficio	-\$5.687	\$339.717	\$685.121	\$1.030.525	\$1.375.930

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

Figura 35. Punto de equilibrio



Fuente: Microsoft Excell 2010

Elaborado: Autor

El nivel de ventas por servicio de corte de neumáticos fuera de uso para no ganar, ni perder es de \$5689,79 anual, este es el punto de equilibrio para la empresa.

4.3.6. Evaluación económica

Finalmente es necesario realizar una evaluación desde el punto de vista económico, de esta manera tener una información aproximada para la toma de decisiones. La presente evaluación económica se lo ejecutó en base a las ganancias o beneficios que tendrá con respecto al servicio de corte de los neumáticos fuera de uso.

Además hay que tener presente que la empresa PitahSol es la principal generadora de servicio de corte de neumáticos fuera de uso para el cultivo de la fruta pitahaya, pero con otros mecanismos, por esta razón, se detalla el comportamiento de los flujos de efectivo para dejar en claro los valores bajo los cuales se tomará la determinación de inversión en el proyecto, lo primero que determinaremos es el diagrama de inversión el cual nos muestra las entradas y salidas de dinero para un área de 3 hectáreas reflejadas en 4 años.

En la siguiente tabla se detalla el cálculo de los beneficio en el primer año, basándonos con valores (\$) mínimos ofertados en el mercado por la compra y servicio de corte del neumático fuera de uso.

Tabla 46. Detalle de flujos-beneficios

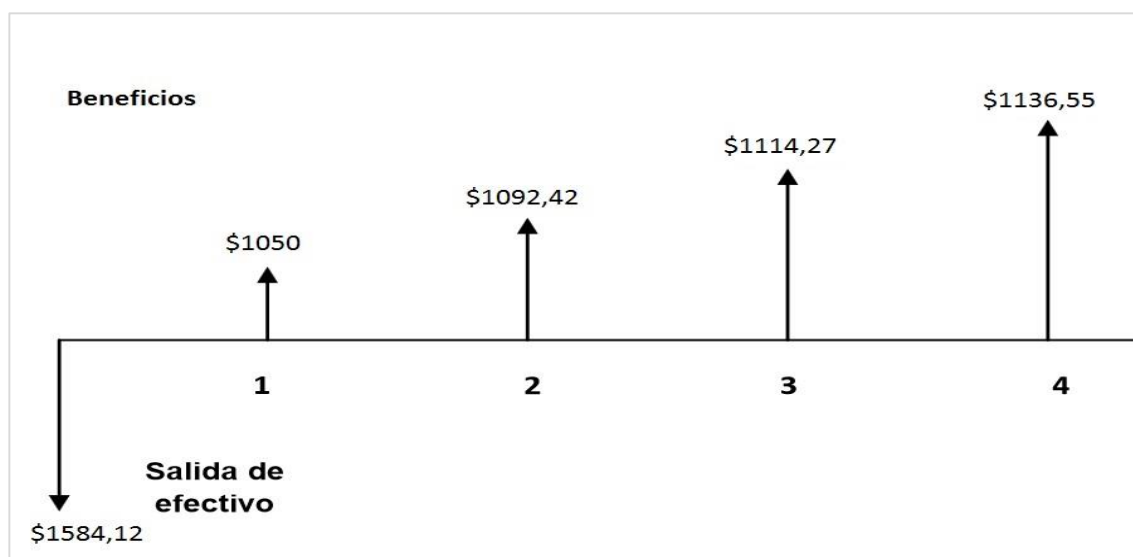
Beneficio	Costo unitario	Cant. Neumáticos fuera de uso	Total
Ahorro en servicio de corte por contratista en las 3 hectáreas cultivadas	\$ 0,30	1500 Unidades	\$ 450
Ahorros por compra de neumáticos fuera de uso por contratista	\$ 0.40	1500 Unidades	\$ 600

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

En el diagrama de inversión se consideró una tasa de interés del 2%, teniendo presente que el dinero de hoy no será el mismo al valor futuro, mismo que incrementará en base a los 4 años reflejados.

Figura 36. Diagrama de inversión



Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

Los beneficios que se ilustran en la figura 36 son en gran parte el ahorro económico por el servicio de corte ofertada por la empresa PitahSol, en base a

una proyección de 4 años considerando que la vida útil de la máquina no se deprecia en dichos años.

4.3.6.1. Determinación del costo de capital

Debemos considerar que la tasa mínima de ganancia sobre la inversión propuesta. Por lo que tomaremos la tasa máxima que ofrecen los bancos para una inversión a plazo fijo.

Esta tasa generalmente es interbancaria, considerada cuando un solicitante de fondos va a pedir prestado. Dicha tasa para proyectos de inversión para PYMES es conocida como Costo de Capital o Tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA), que para este caso se consideró en el estudio económico y es del 11.17%, según la política monetaria-crediticia 2015, de la codificación de regulaciones del Banco Central del Ecuador. A esta tasa nos estaremos refiriendo de aquí en adelante.

Los principales indicadores que se utilizan para evaluar un proyecto, son periodo de recuperación de la inversión (PRI); el valor actual neto o valor presente neto (VAN); el índice de rentabilidad (IR) o relación costo beneficio (R C/B); y finalmente la más contundente y la que más les interesa a los inversionistas es la Tasa Interna de Retorno o Tasa de Rendimiento (TIR). La característica principal de estos indicadores, es que toman el valor del dinero en el tiempo, es decir los flujos de efectivo son descontados a la tasa mínima que requiere el inversionista. El proyecto será sometido a la evaluación de cada uno de los parámetros que se describen a continuación

4.3.6.2. Periodo de recuperación de la inversión

En este apartado determinaremos el tiempo en que se va a recuperar el monto total de la inversión (PRI), es decir indica el tiempo en que ya podremos comenzar a recibir utilidades en el nuevo negocio, en el cual utilizaremos el criterio de que si la inversión se recupera en 3 años o menos, estamos hablando de que es factible continuar con el negocio, de lo contrario se rechaza su inversión.

CRITERIO: si el $PRI < 3$ años, se acepta el proyecto, de lo contrario se rechaza. (Eugene, 2001).

Tabla 47. Periodo de la recuperación de la inversión/beneficio

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO DE LOS BENEFICIOS (FEB)	FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO (FEA)
1	\$ 1.050,00	\$ 1.050,00
2	\$ 1.092,42	\$ 2.100,00
3	\$ 1.114,27	\$ 3.192,42
4	\$ 1.136,55	\$ 4.306,69

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

Determinamos el año en el cual la inversión se recupera en su totalidad, en este caso en el año 2. Para calcular el PRI utilizamos la siguiente fórmula (Eugene, 2001):

$$PRI = a + \frac{(b - c)}{d}$$

Dónde,

a = Año antecesor en la que se recupera la inversión.

b = Valor inicial de la inversión.

c = Flujo de efectivo acumulado del año antecesor en la que se recupera la inversión.

d = Flujo de efectivo de los beneficios del año en el que se recupera la inversión.

Tabla 48. Periodo de recuperación de inversión del proyecto

Datos	Sustituyendo en la fórmula
a = 1 año b = \$1584,12 c = \$1050,00 d = \$ 1.092,42	$PRI = 1 + \frac{(\$1584,12 - \$1050,00)}{\$ 1.092,42} = 1,49 \text{ años}$

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

Considerando los resultados obtenidos se puede observar en la tabla 50 que el periodo de recuperación de la inversión del proyecto, se lo obtiene al 1er año con 5,88 meses; en base a la compra y servicio de corte de neumáticos fuera de uso para un área de 3 hectáreas de cultivo de la fruta pitahaya.

Una vez calculado el periodo de recuperación de la inversión, se procede con los cálculos de viabilidad del proyecto mediante la ayuda de una hoja de cálculo en Excel, pero antes hay que detallar los criterios del análisis.

CRITERIO:

- $VAN \geq \$0$, se acepta el proyecto de lo contrario se rechaza.
- $TIR \geq \text{trema } (11,17\%)$, se acepta el proyecto de lo contrario se rechaza.
- $C/B \geq 1$, se acepta el proyecto de lo contrario se rechaza.

Tabla 49. Análisis económico de la máquina

--

ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA CORTADORA DE NEUMÁTICOS FUERA DE USO EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS DEL CANTÓN EL EMPALME, RECINTO LAS CUCHARAS, AÑO 2015					
	0 (PRIMER TRIMESTRE 2015)	2015	2016	2017	2018
BENEFICIOS					
Ahorro en servicio de corte por contratista en las 3 hectáreas cultivadas \$USD		600,00	624,24	636,72	649,46
Ahorros por compra de neumáticos fuera de uso por contratista \$USD		450,00	468,18	477,54	487,09
TOTAL BENEFICIOS		1050,00	1092,42	1114,27	1136,55
EGRESOS O COSTOS	1584,12	378,32	378,32	378,32	378,32
Inversión	1584,12				
O&M		378,32	378,32	378,32	378,32
F.N.C (I - C)	-1584,12	671,68	714,10	735,95	758,23

Fuente: Proyecto Senplades “Gabriel Pico”

Elaborado: Autor

Con estos criterios analizamos los datos en la siguiente tabla con las fórmulas económicas de Microsoft Excel.

Tabla 50. Resultados del análisis económico

tasa de descuento (trema)	11,17%
VAN	\$ 629,96
TIR	28%
B/C	1,23

VAN beneficios	\$ 3.383,55
VAN costos	\$ 2.753,59

Fuente: Proyecto Senplades “Gabriel Pico”

Elaborado: Autor

VAN (valor actual neto), consiste en comparar las ganancias esperadas contra los desembolsos necesarios en términos de su valor equivalente en ese momento.

TIR (tasa interna de retorno), consiste en encontrar la tasa de rendimiento tomando en consideración que el dinero tiene un costo a través del tiempo.

B/C (Costo-beneficio o índice de redituabilidad), este parámetro indica el rendimiento que el proyecto nos arroja por cada dólar invertido.

4.3.6.3. Matriz de toma de decisiones

Esta sección es muy importante ya que aquí se reflejan todos los criterios utilizados para evaluar el proyecto de inversión, y así poder decidir si nos conviene invertir en la construcción de la máquina.

Para lo cual presentamos el resumen ejecutivo de los indicadores económicos para la toma de decisión, que se presentan a continuación:

Tabla 51. Matriz de decisiones del proyecto

MATRIZ DE DECISIONES			
INDICADOR	CRITERIO	VALOR OBTENIDO	DESICIÓN
PRI	≤ 3 AÑOS	1,49 años	ACEPTABLE
VAN	$\geq \$ 0$	\$ 375,76	ACEPTABLE
C/B	≥ 1 vez	1,14	ACEPTABLE
TIR	$\geq$ TREMA (17%)	28%	ACEPTABLE

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

Podemos concluir que el proyecto pasó todos los criterios con los cuales fue evaluado, por lo que podemos escribir que es factible y que debe ejecutarse la construcción de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso.

4.4. Construcción y montaje

4.4.1. Descripción del proceso de construcción

Para la construcción de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso es necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- La cuchilla de diamante debe tener un filo uniforme (no dientes), además debe ser compacta y capaz de cortar los alambres de acero que poseen los neumáticos.
- La revolución de la cuchilla de arrastre al neumático debe ser baja para permitir un corte por presión mas no de velocidad.

Finalizada la fase del diseño se procedió a la construcción de la máquina con sus respectivos materiales especificados en los planos respectivos.

El proceso de construcción se resume en un curso grama de construcción donde indica las operaciones de cada elemento y los tiempos de cada actividad (Reyes).

Los elementos constitutivos de la máquina se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 52. Partes constitutivas de la máquina

Sistema	Elemento	Cantidad	Material/Modelo
Estructura y protecciones	Base estructural	6 m	Tubo 3" x 3" x 2mm ASTM A-36
	Escuadra	0.20 m ²	Plancha 2 mm ASTM A-36
	Asiento de corte	1 m	Tubo 3" x 3" x 2mm ASTM A-36
	Espina central	2 Unidades	Barra de acero AISI 1018 ø 38.1 mm

Transmisión del sistema de arrastre	Unidad de soporte de eje	0.40 m ²	Angulo (38.1x38.1x3)mm ASTM A-36
	Brazos arrastre	91 cm	Platina 2 ½" x 6 mm ASTM A-36
	Engrane doble recto	1 Unidad	DIN 1681 Gs52
	Rodamientos de bolas	2 Unidades	6007 DIN 625
	Perno hexagonal	2 Unidades	M10x20x20-N DIN 6921 mg 8.8
	Eje de entrada	1 Unidad	Barra de acero ø 1 1/2 " AISI 1018
	Banda tipo 3v	1 Unidad	50" DIN 7753
	Polea	1 Unidad	2 ½" x 1" AISI 1018
	Polea	1 Unidad	16" x 1" AISI 1018
	Chumacera	2 Unidades	F207 NTN
	Motor	1 Unidad	Monofásico ½ Hp Weg
	Porta Motor	0.52 m ²	Plancha 3 mm ASTM A-36
Sistema de corte	Cuchilla de corte	1 Unidad	Acero HSS ø 110 mm DIN 6921
	Perno	10 Unidades	Acerado P 5/16" x 1" DIN 6921
	Tuerca	10 Unidades	Acerado P 5/16" DIN 6921
	Porta cuchillas	0.41 m ²	Plancha Tool 1.5 mm ASTM A-36
	Arandela	30 Unidades	9.3-Fst DIN 6908
	Perno	10 Unidades	Acerado P 7/16" x 1 ½" DIN 6921

	Tuerca	10 Unidades	Acerado P7/16" x 1 ½" DIN 6921
	Pasador	1 Unidad	20x60-St-N DIN 1445
	Resorte	1 Unidad	Ø 5cm x 4"L
	Rodamientos de bolas	2 Unidades	6005 DIN 625

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

4.4.2. Operaciones tecnológicas de la construcción.

Las principales operaciones tecnológicas necesarias para la construcción de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 53. Operaciones tecnológicas para la construcción de la máquina

Sistema	Elemento	N°	Operación Tecnológica	Tiempo (min)
Estructura y protecciones	Base estructural	1	Trazado	60
		2	Corte (plasma)	9
		3	Limpieza escoria	5
		4	Soldado	10
		5	Pulido	8
	Escuadra transversal	6	Trazado	6
		7	Corte (plasma)	2
		8	Limpieza escoria	5
		9	Soldado	10
		10	Pulido	5
	Asiento de corte	11	Trazado	25
		12	Corte (plasma)	5
		13	Limpieza escoria	2
		14	Soldado	8
		15	Pulido	10

Estructura y protecciones	Espina central	16	Trazado	30
		17	Ajuste	8
		18	Biselado	3
		19	Soldado	9
Transmisión del sistema de arrastre-corte	Unidad de soporte	20	Trazado	20
		21	Corte (plasma)	10
		22	Limpieza escoria	3
		23	Soldado	10
		24	Pulido	6
	Brazos de arrastre	25	Trazado	50
		26	Corte (plasma)	10
		27	Limpieza escoria	5
		28	Perforado (taladro)	5
		29	Ensamble	7
	Chumaceras y soportes	30	Trazado	12
		31	Ajuste	10
		32	Ensamble	13
	Eje de entrada del rotor	33	Trazado	20
		34	Corte	8
		35	Refrentado	5
		36	Cilindrado	6
		37	Roscado	10
		38	Taladrado	6
	Sistema de Poleas	39	Trazado	15
		40	Refrentado	10
		41	Taladrado	7
		42	Machueleado	7
	Soporte de motor	43	Trazado	10
		44	Corte (plasma)	8
		45	Limpieza escoria	4
		46	Soldado	12
		47	Pulido	5

Sistema de corte	Gata hidráulica y soportes	48	Trazado	45
		49	Corte (plasma)	20
		50	Limpieza escoria	10
		51	Soldado y pulido	20
		52	ensamble	12
	Cuchilla de corte y rodamientos	53	Trazado	30
		54	Ensamble	12
	Porta cuchillas	55	Trazado	15
		56	Corte (plasma)	3
		57	Limpieza escoria	3
		58	Soldado	12
		59	Pulido	10
	Rodillos centradores de corte	60	Trazado	40
		61	Corte	30
		62	Limpieza escoria	10
		63	Soldado y pulido	20
		64	Ensamble	20
TOTAL				826 minutos

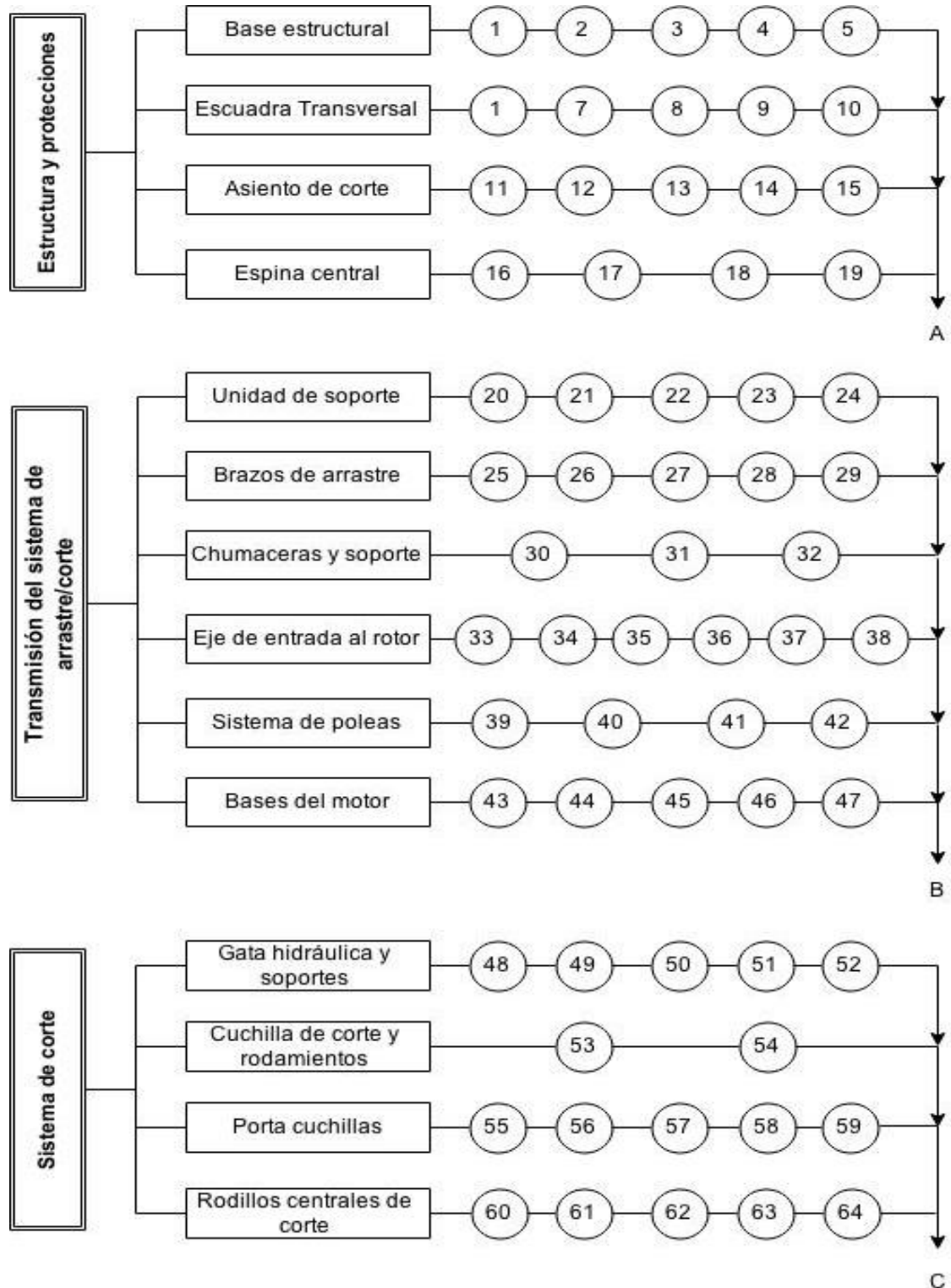
Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

En la construcción de la máquina no se ha incluido los tiempos muertos de las operaciones de cada elemento por lo que estos dependen de factores imprescindibles los mismos que se pueden extender o acortar.

4.4.3. Cursograma sinóptico de la construcción

Figura 37. Cursograma sinóptico de construcción de la máquina



Fuente: Google drive "Drawn.io"

Elaborado: Autor

4.4.4. Prueba comparativa

Se están investigando los efectos sobre el proceso de corte en forma paralela a la banda de rodamiento de neumáticos usados para obtener 2 capaza denominadas armazón. Principalmente se quiere evaluar el rendimiento de corte de la máquina diseñada, respecto al sistema mecánico, frente al trabajo manual realizado por el equipo caladora que actualmente la empresa PitahaSol utiliza para cortar neumáticos fuera de uso.

Se consideraron como factores de interés: la máquina cortadora diseñada y el equipo sierra caladora (factor A), nivel de la capa estabilizadora (factor B) y el diámetro de rin del neumático fuera de uso (factor C).

Se seleccionan dos niveles del sistema de corte (a_0 , a_1), dos niveles de capa estabilizadora del neumático fuera de uso (b_0 , b_1) y tres niveles de diámetro de rin del neumático fuera de uso (c_0 , c_1 , c_2).

Los factores que se analizan son:

A. Sistema de corte:

- a_0 = Máquina (diseñada)
- a_1 = Sierra Caladora

B. Capa estabilizadora (rodamiento) del neumático:

- b_0 = Lisa
- b_1 = 2/32 pulgadas caucho

C. Diámetro (RIN) neumático:

- c_0 = RIN 14
- c_1 = RIN 15
- c_2 = RIN 16

Para la prueba se utilizó un diseño experimental con 3 factores completos al Azar (ABC). Los resultados experimentales se desarrollo en base al cálculo de la muestra para cortar neumáticos fuera de uso (*ver cap. 3 Metodología de la investigación; ítem 3.4. Población y muestra*), mismo se la realizo en 4 réplicas correspondientes a 12 neumáticos cada una, para determinar el tiempo de corte en segundos realizadas por los 2 niveles del factor A.

Los datos obtenidos del corte a mano (sierra caladora) “a₁“, el corte de la máquina “a₀“ en el mismo lapso de tiempo constituyen los dos niveles del factor “A” a evaluar en el presente proyecto en base al dimensionamiento y el nivel de la capa estabilizadora del neumático fuera de uso.

En la siguiente tabla se detalla la cantidad de neumáticos con las cualidades específicas para el diseño experimental.

Tabla 54. Cantidad de neumáticos a cortar

REPLICA	FACTOR A	CANTIDAD DE NEUMATICOS A CORTAR			CANTIDAD DE NEUMATICOS A CORTAR			TOTAL
		LISA / RIN 14	LISA / RIN 15	LISA / RIN 16	2/32" / RIN 14	2/32" / RIN 15	2/32" / RIN 16	
1	MAQUINA "a ₀ "	1	1	1	1	1	1	6
	CALADORA "a ₁ "	1	1	1	1	1	1	6
2	MAQUINA "a ₀ "	1	1	1	1	1	1	6
	CALADORA "a ₁ "	1	1	1	1	1	1	6
3	MAQUINA "a ₀ "	1	1	1	1	1	1	6
	CALADORA "a ₁ "	1	1	1	1	1	1	6
4	MAQUINA "a ₀ "	1	1	1	1	1	1	6
	CALADORA "a ₁ "	1	1	1	1	1	1	6
							TOTAL	48

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

En base a estos datos experimentales se procede a interactuar los 3 factores a estudio en el proceso de corte del neumático fuera de uso, aunque hay que considerar que estos varían debido al desgaste físico del operador y la influencia del medio a que están laborando. Los resultados experimentales se detallan en siguiente tabla.

Tabla 55. Diseño experimental ABC

Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Repetición 4
$a_0b_0c_0$	25,00	27,00	27,000	25,000
$a_0b_0c_1$	33,00	31,00	31,000	31,000
$a_0b_0c_2$	33,00	32,00	30,000	32,000
$a_0b_1c_0$	28,00	30,00	29,000	29,000
$a_0b_1c_1$	34,00	34,00	33,000	35,000
$a_0b_1c_2$	34,00	35,00	35,000	35,000
$a_1b_0c_0$	75,00	75,00	74,000	75,000
$a_1b_0c_1$	76,00	77,00	76,000	76,000
$a_1b_0c_2$	76,00	78,00	76,000	79,000
$a_1b_1c_0$	76,00	77,00	77,000	77,000
$a_1b_1c_1$	79,00	78,00	77,000	78,000
$a_1b_1c_2$	80,00	78,00	81,000	79,000

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

Además se evaluarán los tratamientos en base a las siguientes hipótesis:

Para los tratamientos

- **Hipótesis alternativa (H_a)** = $a_0 = a_1$
- **Hipótesis nula (H_o)** = $a_0 \neq a_1$
- **Hipótesis alternativa (H_a)** = $b_0 = b_1$
- **Hipótesis nula (H_o)** = $b_0 \neq b_1$
- **Hipótesis alternativa (H_a)** = $c_0 = c_1 = c_2$
- **Hipótesis nula (H_o)** = $c_0 \neq c_1 \neq c_2$

Para las réplicas

- **Hipótesis alternativa (Ha)** = $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$
- **Hipótesis nula (Ho)** = $R_1 \neq R_2 = R_3 \neq R_4$

4.4.5. Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza con una separación de medias Tukey ($P < 0.05$). Para el análisis se utilizó el programa Statgraphics Centurión XVI ® 1982-2010.

Los resultados experimentales se detallan en la siguiente tabla de análisis de varianza:

Tabla 56. Análisis de Varianza para TRATAMIENTOS - Suma de Cuadrados

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:FACTOR A	25300,1	1	25300,1	25022,06	0,0000
B:FACTOR B	70,0833	1	70,0833	69,31	0,0000
C:FACTOR C	156,125	2	78,0625	77,20	0,0000
D:REPLICAS	1,75	3	0,583333	0,58	0,6347
INTERACCIONES					
AB	2,08333	1	2,08333	2,06	0,1615
AC	33,7917	2	16,8958	16,71	0,0000
AD	0,416667	3	0,138889	0,14	0,9369
BC	0,541667	2	0,270833	0,27	0,7668
ABC	0,0416667	2	0,0208333	0,02	0,9796
RESIDUOS	30,3333	30	1,01111		
TOTAL (CORREGIDO)	25595,3	47			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Fuente: Statgraphics Centurión XVI

Elaborado: Autor

Análisis del StatAdvisor

La tabla ANOVA descompone la variabilidad de TRATAMIENTOS en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que 4 valores-P son menores que 0,05, estos factores tienen un efecto estadísticamente significativo sobre TRATAMIENTOS con un 95,0% de nivel de confianza.

4.4.6. Prueba de rangos múltiples: Tukey HSD

Esta tabla aplica un procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras. La mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias. Se ha colocado un asterisco junto a 1 par, indicando que este par muestra diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95,0% de confianza. En la parte superior de la página, se han identificado 2 grupos homogéneos según la alineación de las X's en columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

El método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia honestamente significativa (HSD) de Tukey. Con este método hay un riesgo del 5,0% al decir que uno o más pares son significativamente diferentes, cuando la diferencia real es igual a 0.

Tabla 57. Pruebas de Múltiple Rangos para TRATAMIENTOS por FACTOR A

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>FACTOR A</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	24	31,1667	0,205255	X
2	24	77,0833	0,205255	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-45,9167	0,592821

* indica una diferencia significativa.

Fuente: Statgraphics Centurión XVI

Elaborado: Autor

Tabla 58. Pruebas de Múltiple Rangos para TRATAMIENTOS por FACTOR B

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>FACTOR B</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	24	52,9167	0,205255	X
2	24	55,3333	0,205255	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-2,41667	0,592821

* indica una diferencia significativa.

Fuente: Statgraphics Centurión XVI

Elaborado: Autor

Tabla 59. Pruebas de Múltiple Rangos para TRATAMIENTOS por FACTOR C

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

<i>FACTOR C</i>	<i>Casos</i>	<i>Media LS</i>	<i>Sigma LS</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
1	16	51,625	0,251385	X
2	16	54,9375	0,251385	X
3	16	55,8125	0,251385	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
1 - 2	*	-3,3125	0,876639
1 - 3	*	-4,1875	0,876639
2 - 3		-0,875	0,876639

* indica una diferencia significativa.

Fuente: Statgraphics Centurión XVI

Elaborado: Autor

4.4.7. Análisis de rendimiento

El sistema mecánico “máquina diseñada” (nivel 1, “a₀”) presentó mayor velocidad de corte en los neumáticos con un tiempo promedio de 31,1667 segundos, en comparación con los 77,0833 segundos obtenidos del sistema manual “sierra caladora” (nivel 2, “a₁”).

Esto es debido a que posee un sistema mecánico en el cual el rotor permite poner en movimiento al neumático fuera de uso y gracias a esto la cuchilla circular mediante una gata hidráulica regula la altura necesaria para obtener 2 partes (armazón) de la misma dimensión, garantizando un corte homogéneo y rápido con relación al que se realiza manualmente con la sierra caladora.

El corte con sierra caladora, presentó el menor desempeño dado que una persona solo es capaz de cortar un neumático fuera de uso a la vez en un tiempo mayor que el de la máquina.

La capa estabilizadora lisa (nivel 1, “b₀”) presentó mayor facilidad de corte del neumático en comparación con la capa estabilizadora de 2/32 pulgadas (nivel 2, “b₁”).

El diámetro del rin R14 (nivel 1, “c₀”) presentó mayor facilidad de corte del neumático, en comparación con los otros diámetros de rines R15 (nivel 2, “c₁”), y R16 (nivel 3, “c₂”).

4.4.8. Operación y mantenimiento

4.4.8.1. Operación

Antes de iniciar con el funcionamiento de la máquina se debe tener presente los siguientes pasos:

- El sistema de corte y la gata hidráulica deberán estar en reposo.
- Comprobar que la máquina este sobre una superficie plana y libre de piedras, para evitar daños en la cuchilla.
- Se debe verificar que todos los elementos de la máquina se encuentren correctamente ubicados.
- No iniciar con el trabajo sin la cubierta de protección del sistema de transmisión.
- Conectar línea de energía, según acometida eléctrica.
- Energizar el tablero de control y comprobar que todos los elementos funcionen correctamente, para esto se utiliza los mandos manuales.
- Los rodillos centradores junto al brazo de corte deberán estar elevadas para poder colocar los neumáticos fuera de uso en el asiento de la máquina.
- Verificar que este ajustada la válvula de paso de la gata hidráulica.
- Encender el motor y gradualmente baje el brazo de corte con la palanca hasta suspenderlo a un tope de seguridad.

IMPORTANTE: Esta sencilla operación debe ser realizada cada vez que el Gato se vaya a utilizar para una elevación correcta y segura.

- Baje los rodillos centradores de corte.
- Con la palanca de la gata hidráulica regule la altura de contacto entre la cuchilla y el neumático fuera de uso, para posteriormente ponerlo en movimiento y perforarlo a la mitad en forma paralela a la banda de rodamiento.
- Una vez realizado el corte del neumático fuera de uso, desajustar válvula de paso de la gata hidráulica, para levantar el brazo y elementos.
- Mediante el control de mando desenergizar el motor para que el sistema de corte quede en reposo.

- Verificar que la vincha d seguridad de la palanca de corte esté sujeta a la misma.
- Nuevamente elevar los rodillos centradores de corte para retirar las dos tapas o armazones del asiento de la máquina.

4.4.8.2. Mantenimiento

El mantenimiento de la máquina es esencial la garantizar su buen funcionamiento y fiabilidad. Las principales actividades para el mantenimiento preventivo de la maquina se presenta en el siguiente cronograma:

Tabla 60. Capacidad de trabajo de la máquina

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA				
ACTIVIDAD	Diario	Semanal	Mensual	Trimestral
Examinar las condiciones de la cuchilla	X			
Revisar los rodamientos			X	
Revisar tensión de la banda de transmisión		X		
Lubricación de carretilla del gato hidráulico				X
Verificar el nivel de aceite del gato hidráulico	X			
Inspeccionar pernos y tornillos flojos o desgastados		X		
Engrasar las cumaceras		X		
Afilar la cuchilla		X		
Lubricar tubos de suspensión de corte	X			
Verificar estado de resortes	X			

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

4.4.8.3. Especificaciones técnicas

Tabla 61. Especificaciones generales de la máquina

Especificaciones	
Potencia requerida	½ HP
Velocidad de corte	400 RPM
Ancho de la maquina	1 m
Altura de la maquina	1,70 m
Peso aproximado	210 kg
Tiempo promedio de corte	31 s
Capacidad de trabajo	116 neumáticos/hora

Fuente: Datos de la investigación de campo

Elaborado: Autor

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ El almacén neumático fuera de uso cortado en forma paralela a la banda estabilizadora presentó buenos resultados para el tutoreo del cultivo de la fruta pitahaya, considerando que se cumplió con los requerimientos de resistencia de las varillas tetra filada de hierro negro $\varnothing 10\text{ mm}$, presentando un esfuerzo admisible de $3271,58\text{ kg/cm}^2$, en base al límite de fluencia de corte del material base de 3569 kg/cm^2 .
- ✓ El mecanismo más sensible y que requiere mayor atención se da en los sistemas de corte y de transmisión, se pudo experimentar que con una revolución de 434,11 RPM en el rotor y una fuerza de 1450 Newton (147,93 kg) se podrá realizar un corte homogéneo y de buena calidad. Además se concluye que con la ayuda de aplicaciones CAD se minimiza los riesgos de adquirir piezas o elementos mecánicos que incurren los costos de fabricación, para este caso se utilizó el software Inventor Profesional.

Los resultados de resistencia de materiales obtenidos por el software Inventor Profesional indicaron compatibilidad con el diseño realizado, mediante la simulación de movimientos de todo el sistema por ende permitió minimizar tiempos en el trazado de fabricación de la máquina.

- ✓ La inversión para poder iniciar con la construcción de la máquina es relativamente baja con respecto al gasto que surgiría por la compra del servicio de corte para cada hectárea de cultivo de la fruta pitahaya, en especial se necesita un capital de \$ 1584,12.

El índice de costo beneficio del proyecto, nos dice que por cada dólar que invertimos, obtenemos 1,23 de ganancia, lo cual nos comprueba que es redituable o beneficioso.

Como el presente proyecto pasó todos los parámetros y técnicas de presupuestos de capital de inversión, podemos afirmar que éste proyecto es económicamente rentable, por lo tanto se rechaza la hipótesis general formulada.

- ✓ Finalmente se construyó y se obtuvo una máquina capaz de cortar neumáticos fuera de uso de manera eficiente en base a los parámetros de diseño realizado, para lo cual se realizó las respectivas pruebas de funcionamiento mediante el diseño experimental de 3 factores, mismos que se detallan a continuación.
- a) Considerando que existe diferencia altamente significativa entre los niveles del factor A (máquina diseñada y sierra caladora), se acepta la hipótesis alternativa y concluyo que el sistema mecánico (nivel 1) presenta mejor resultados de corte con una duración de 31 segundos neumáticos fuera de uso cortados, mientras que el sistema de corte manual (nivel 2) presento resultados muy bajos en rendimiento con una duración 77 segundos.
- b) Al existir diferencia altamente significativa entre los niveles del factor B (capa estabilizadora liza y 2/32 pulgadas), se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no es lo mismo cortar neumáticos en estado liso, que con un nivel de desgaste de 2/32 pulgadas de la capa estabilizadora del neumático fuera de uso, debido al espesor de la banda de rodamiento que las mismas presentan.
- c) Al existir diferencia altamente significativa entre los niveles del factor C (diámetro del rin del neumático), se acepta la hipótesis alternativa y concluyo que el diámetro Rin 14 presento mejor facilidad de corte , en comparación con los rines R15, y R16, debido a la diferencia de dimensionamiento y la facilidad de colocarla en el asiento de corte de la máquina.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda utilizar alambres de acero incrustados en los neumáticos cortados, ya que este método permite economizar costos de tutorio del cultivo de la fruta pitahaya a diferencia de las varillas tetra filada utilizadas.
- ✓ Para poder tener un sistema de corte regulable se recomienda realizar un estudio para remplazar el sistema mecánico por un sistema hidráulico automático con pedales de freno, con esto también se tendría una reducción del espacio físico ocupado por las transmisiones y se minimizaría el esfuerzo físico del operador. Para futuras optimizaciones del diseño, se utilice aplicaciones CAD que minimicen el tiempo de construcción y gastos ingenieriles.
- ✓ Se recomienda socializar e impulsar el proyecto con la empresa PitahSol S.A. para vender los servicios de corte de neumáticos fuera de uso a sus socios agricultores de la fruta pitahaya. También que la máquina sea parte de un proyecto de una línea de trituración de neumáticos fuera de uso para obtener valores agregados de la misma tales como: césped para cancha sintética, aditivos para asfalto, muros anti ruido y entre otros.
- ✓ Se recomienda que los operadores de la máquina cortadora de neumáticos fuera de uso para el cultivo de la fruta pitahaya, reciban la debida capacitación de parte del ingeniero, diseñador y constructor, en lo que respecta al uso, funcionamiento y mantenimiento del mismo.
- ✓ Por otro lado con respecto al diseño experimental se recomienda lo siguiente.

- a) Recomendando utilizar el sistema mecánico “máquina diseñada” para obtener una productividad mayor en cuanto a la cantidad de neumáticos fuera de uso cortados, permitiendo reducir el esfuerzo físico del operador, garantizando la integridad de la misma y del medio donde se esté realizando dicho proceso.
- b) Considerando el estudio realizado se recomienda cortar con cualquiera de los dos niveles de desgaste del neumático, ya que estos proporcionan valores similares con respecto a la facilidad de corte.
- c) Considerando el estudio realizado se recomienda cortar con cualquiera de los tres diámetros del rin del neumático, ya que estos proporcionan valores similares con respecto a la facilidad de corte.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFIA

6.1. Literatura Citada

- Deutschland continental reifen GmbH. (Enero de 2010). Continental - Tyres. *Nociones básicas sobre neumáticos de turismo*(Pag. 8). Obtenido de Continental-neumaticos: http://www.continental-neumaticos.es/www/download/neumaticos_es_es/temas/consejos/nociones_basicas_folleto_es.pdf
- Benenaula, Heras, Gutierrez, y Sánchez. (Enero de 2011). *GRUPO INNOVADOR DEL CAUCHO*. Obtenido de Reciclaje de Llantas: <http://giccuenca-ecuador.blogspot.com/>
- Boothoryd, G. (1978). *Fundamentos del corte de metales y de las máquinas-herramienta*. McGraw-Hill .
- Bridgestone. (s.f.). Neumáticos fuera de carretera VSDL.
- Cendón Sosa, Alex Patricio y Mosquera Cedillo, Xavier Efraín. (2004). *Impacto ambiental por neumáticos usados*. Obtenido de Repositorio digital de la Universidad Politécnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1181>
- Corpoica. (2009). Cartilla Pitahaya Cosecha y Postcosecha, Pronatta.
- Diana Jordan, José Vásconez, y Cristhian Véliz. (2009). *Producción y exportación de la pitahaya hacia el mercado europeo, E.S.P.O.L.* Guayaquil - Ecuador.
- Eugene, B. S. (2001). *Fundamentos de Administración financiera*. Mexico: McGraw Hill.
- Fitzgerald. (2007). *Mecánica de materiales*. Mexico.
- Giovanni E. Gómez. (2001). *Punto de equilibrio, Análisis Financiero*. Obtenido de <http://www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/no%2016/puntoequilibrio.htm#mas-autor>
- Guillermo Castro. (2008). *Materiales y compuestos para la industria del neumático*.
- Jorge F. Ma San. (s.f.). *Diseño de elementos de máquina I*.
- Juan Vera Rojas. (2013). *Pitahsol*. Guayaquil, Ecuador.

- Landesa, J. D. (2013). *Escuela de Ingeniería industriales* . Obtenido de UVA: <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/recicla/neumaticos%20fuera%20de%20uso.htm>
- Leland Blank - Anthony Tarquin. (2002). *Ingeniería Económica, sexta edición*. Mexicana.
- Maireny, B. N. (2011). *Diseño preliminar de una planta recuperadora, para usos alternos, de los materiales constituyentes de neumáticos usados*. Puerto la Cruz.
- Mott, R. L. (2011). *Diseño de elementos de máquinas*. México.
- Reyes, R. D. (s.f.). *Como elaborar un cursograma*.
- Rodríguez, Juan Ramón Huete y Federico. (FAO 2012). *Uso de llantas en la agricultura urbana*.
- SAS, T. (2013). *Popgom*. Recuperado el 28 de Octubre de 2014, de Guía del neumático, desgaste del neumático: <http://www.popgom.es/guia-del-neumatico/desgaste-de-los-neumaticos>
- SCHAUM, & Hall, A. S. (1974). *Diseño de máquinas*. Mexico: MCGRAW-HILL.
- Tratamiento neumáticos usados, s. (2011). *El valor del reciclado*.
- Wikipedia. (2013). *Wikipedia la enciclopedia libre*. Recuperado el 27 de 11 de 2014, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Neum%C3%A1tico>
- Wikipedia, L. e. (2008). *Códigos en neumáticos*. Recuperado el 28 de Octubre de 2014, de http://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%B3digos_en_neum%C3%A1ticos
- Wikipedia, L. e. (15 de Septiembre de 2014). *Denominaciones por país*. Recuperado el 28 de Octubre de 2014, de Neumáticos: [http://es.wikipedia.org/wiki/Neum%C3%A1tico#Denominaciones_por_pa.C3](http://es.wikipedia.org/wiki/Neum%C3%A1tico#Denominaciones_por_pa%C3).
ADs

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO 1. GLOSARIO DE TÉRMINOS

- ✓ **D2.-** Según la empresa Aceros y metales Cuautitlán mencionan que es un acero especial de alta aleación de Cromo con adición de Molibdeno y Tungsteno, de máxima resistencia a la deformación y buena resistencia al desgaste bajo mayores exigencias de tenacidad y resistencia a la compresión.
- ✓ **Hss.-** Los aceros rápidos, de alta velocidad o HSS (High Speed Steel) se usan para herramientas, generalmente de series M y T (AISI-SAE). Con molibdeno y wolframio (también puede tener vanadio y cromo), tienen buena resistencia a la temperatura y al desgaste.¹ Generalmente es usado en brocas y fresos, machos, para realizar procesos de mecanizado con máquinas herramientas.
- ✓ **A2.-** Según la empresa Serviacero nos dice que corresponde a un acero de grado herramienta para trabajo en frío de temple al aire del tipo cromo – molibdeno – vanadio, el cual se caracteriza por: buena maquinabilidad, alta resistencia a la compresión, buena templabilidad y resistente al desgaste
- ✓ **A8.-** Acero de aleación especial, ingeniería de acero se suministra en temple y Condiciones templado. Muy buena maquinabilidad. De alta dureza. De alta resistencia a la fluencia. De impacto repetido resistente a la capacidad.

ANEXO 2. Figuras referencial de marco teórico

Figura 38. Neumático en el cultivo de huerto familiar



Fuente: Internet

Elaborado: Rodríguez, Juan Ramón Huete y Federico

Figura 39. Neumático en el cultivo de la pitahaya



Referencia: Internet

Elaborado: Diana Jordan, José Vásconez, y Cristhian Veliz

ANEXO 3. ENTREVISTA REALIZADA A PITAHSOL



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Sr. Elías Solís
Coordinador general de PITAHSOL S.A.

De mis consideraciones, soy estudiante del 5to año de la carrera de Ingeniería Industrial, paralelo “A”, interesado en su opinión personal sobre el comportamiento del cultivo de la plántula, el uso moderno del neumático fuera de uso en el cultivo de la fruta pitahaya, para lo cual he planteado algunas preguntas en base a las situaciones reales que aportarán al cumplimiento de mi proyecto de tesis de pregrado titulado “Diseño y construcción de una máquina de discos de diamantes cortadora de neumáticos fuera de uso”.

Espero su respuesta sea sincera, la misma que será respaldada de manera confidencial, y de antemano quedo muy agradecido, deseándole éxitos en su vida cotidiana.

1) ¿Considera usted que el neumático fuera de uso al ubicarlo como soporte de las plántulas de la fruta pitahaya es amigable con el desarrollo de la misma?

Si por su puesto es un producto reciclable y amigable con el cultivo de la fruta pitahaya, además que cubre la necesidad del soporte de la fruta y es más económico invertir en su infraestructura. Además los neumáticos están siendo utilizados internacionalmente para el desarrollo de la fruta, tales como Colombia, México, países del medio Oriente, entre otros; pero aquí en Ecuador es algo nuevo que se está aplicando en la infraestructura del cultivo, con el transcurso del tiempo habrá mayor necesidad de utilizar el neumático fuera de uso, ya que los agricultores comenzarán a reutilizarlas en sus terrenos por la demanda que existe en el mercado.

2) ¿Cuánto es la vida útil de producción de la fruta pitahaya por planta y cuál es su peso promedio?

La vida útil de la plántula en producción total es de 40 años y su peso es aproximadamente entre 10 Kg – 20 Kg.

3) ¿Cuál es la longitud de la plántula a partir de que esta ya ha alcanzado su etapa de producción total?

La plántula desde el suelo hasta el neumático cortado sube a 2 metros y luego 1.5 metros de retorno hacia el suelo.

4) ¿Cuál es la dimensión (Rin) de los neumáticos más adecuada para sostener la plántula de la fruta pitahaya?

Los neumáticos utilizados en el cultivo son los rines 13, 14, 15 y 16.

5) ¿Con que equipo o instrumento actualmente cortan los neumáticos fuera de uso para posteriormente utilizarlos en el cultivo de la fruta pitahaya?

Actualmente los técnicos encargados de la infraestructura del cultivo, cortan los neumáticos con un equipo “caladora”, utilizamos este equipo en vista de que en el mercado no hay una máquina que nos facilite realizar el proceso de corte de la misma.

6) ¿En qué tiempo cortan el neumático fuera de uso?

Aproximadamente 2 minutos.

7) ¿Cuál es el costo de un neumático cortado para sostener la plántula de la fruta pitahaya?

El costo por cortar un neumático es de \$2 con cero centavos

8) ¿Cuántos neumáticos cortados se necesitaría para un terreno de 1 hectárea?

Primeramente hay que detallar que en una hectárea se colocan 1000 postes con plántulas. Por ende se necesitaría 500 neumáticos, es decir al momento de cortarlos estaríamos adquiriendo 2 tapas, por lo que cada plántula necesita 1 tapa (mitad del neumático fuera de uso), teniendo como resultado de estos 1000 capas y así estaríamos satisfaciendo la capacidad de 1 hectárea.

9) ¿Cuántos agricultores de la zona de influencia de los Ríos poseen en sus terrenos cultivos de la fruta pitahaya?

Actualmente existen 80 productores asociados.

10) ¿Considera usted que en lo posterior aumentará la cifra de agricultores dedicados al cultivo de la fruta pitahaya?

Por su puesto debido a la demanda que existe en el mercado nacional e internacional de la fruta, es oportuno como poco a poco los agricultores se están interesando en cultivar la fruta en vista de que es un buen negocio y por ende factible. Además nuestra empresa PitahaSol tiene una meta de que en los próximos 5 años, aumente la cifra de producción a 60000 hectáreas del cultivo de la fruta pitahaya en todo el país.

**ANEXO 4. PLANOS DE LA MÁQUINA CORTADORA DE NEUMATICOS
FUERA DE USO**

ANEXO 5. CONSTRUCCION DE LA MÁQUINA CORTADORA DE NEUMATICOS FUERA DE USO



Imagen 1. Estructura



Imagen 2. Asiento de corte



Imagen 3 y 4. Ensamble sistema transmisión / Cuchilla



Imagen 5 y 6. Pruebas de funcionamiento



Imagen 7 y 8. Proceso de pintado



Imagen 9. Máquina cortadora de neumáticos fuera de uso



Imagen 10. Sistema de palanca - fuerza de corte