

**“EVALUACIÓN, PRUEBAS Y VALIDACIÓN DE DOSIFICACIÓN Y
SIEMBRA EN EL CAMPO DE DOS RESEMBRADORAS DE PASTOS”**

FRANCISCO FIDEL LITARDO MORÁN

JORGE ARMANDO SUIN MIRANDA

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

RIOBAMBA – ECUADOR

2008

EVALUACIÓN, PRUEBAS Y VALIDACIÓN DE
DOSIFICACIÓN Y SIEMBRA EN EL CAMPO DE DOS
RESEMBRADORAS DE PASTOS

POR:

FRANCISCO FIDEL LITARDO MORÁN
JORGE ARMANDO SUIN MIRANDA

Estudiantes de la Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Mecánica de
la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

TESIS

Entregada como parcial complementación de los requerimientos para la
obtención del título de Ingeniero Mecánico en la Escuela Superior
Politécnica de Chimborazo

RIOBAMBA – ECUADOR

2008

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FRANCISCO FIDEL LITARDO MORÁN

TÍTULO DE LA TESIS: “EVALUACIÓN, PRUEBAS Y VALIDACIÓN DE DOSIFICACIÓN Y SIEMBRA EN EL CAMPO DE DOS RESEMBRADORAS DE PASTOS”

Fecha de Examinación: Noviembre 24 de 2008.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. JUAN DE DIOS SILVA Z.			
ING. GEOVANNY NOVILLO A.			
ING. WASHINGTON RUALES P.			
ING. WILFRIDO CAPELO B.			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Noviembre 24 de 2008

Fecha

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

FRANCISCO FIDEL LITARDO MORÁN

Nombre del Estudiante

Titulada:

“EVALUACIÓN, PRUEBAS Y VALIDACIÓN DE DOSIFICACIÓN Y SIEMBRA EN EL CAMPO DE DOS RESEMBRADORAS DE PASTOS”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el grado de:

INGENIERO MECÁNICO

f) Decano de la Facultad de Mecánica

Yo coincido con esta recomendación:

f) Director de tesis

Los miembros del Comité de Examinación coincidimos con esta recomendación:

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JORGE ARMANDO SUIN MIRANDA

TÍTULO DE LA TESIS: “EVALUACIÓN, PRUEBAS Y VALIDACIÓN DE DOSIFICACIÓN Y SIEMBRA EN EL CAMPO DE DOS RESEMBRADORAS DE PASTOS”

Fecha de Examinación: Noviembre 24 de 2008.

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
ING. JUAN DE DIOS SILVA Z.			
ING. GEOVANNY NOVILLO A.			
ING. WASHINGTON RUALES P.			
ING. WILFRIDO CAPELO B.			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES:

El Presidente del Tribunal quien certifica al Consejo Directivo que las condiciones de la defensa se han cumplido.

f) Presidente del Tribunal

Espoch

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

CONSEJO DIRECTIVO

Noviembre 24 de 2008

Fecha

Yo recomiendo que la tesis preparada por:

JORGE ARMANDO SUIN MIRANDA

Nombre del Estudiante

Titulada:

“EVALUACIÓN, PRUEBAS Y VALIDACIÓN DE DOSIFICACIÓN Y SIEMBRA EN EL CAMPO DE DOS RESEMBRADORAS DE PASTOS”

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el grado de:

INGENIERO MECÁNICO

f) Decano de la Facultad de Mecánica

Yo coincido con esta recomendación:

f) Director de tesis

Los miembros del Comité de Examinación coincidimos con esta recomendación:

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

También a nuestro director de tesis Ing. Juan De Dios Silva quien colaboro desinteresadamente para la realización de este trabajo, del mismo modo para los asesores Ing. Washington Rúaes e Ing. Wilfrido Capelo.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

FFLM

JASM

FRANCISCO

A Dios por todo lo que he alcanzado y soy.

Al esfuerzo, sacrificio y amor de mi madre Guadalupe Morán.

Al apoyo incondicional de mi padre Armando Litardo.

Al amor y comprensión de mis hermanas: Susana, Sara, Carmen y Andrea.

A Nancy, mi novia y gran amor por alentarme a seguir adelante.

A la memoria de Carlota A. por haberme ayudado a dar el primer paso para forjar una profesión.

A la satisfacción de haber compartido con mis compañeros y amigos gratos momentos en la vida estudiantil.

JORGE

A Dios por ser quien ha estado a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando día tras día y seguir adelante.

A mi mamá Nancy Miranda y mi papá Hower Suin ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, fueron los que me dieron ese cariño y calor humano necesario con todo el amor del mundo para formarme como un ser integral y de las cuales me siento extremadamente orgulloso.

A mi esposa Vivi, la mujer que adoro, muchas gracias por el apoyo incondicional que me has brindado y por los años de completa alegría y triunfos que hemos compartido juntos.

A mi familia los cuales han estado siempre alerta ante cualquier problema que se me ha presentado.

Y a todos los profesores y amigos que me han apoyado una y otra vez y todos aquellos a quien no menciono por lo extensa que sería la lista.

RESUMEN

El presente trabajo, consiste en la Evaluación, Pruebas y Validación de Dosificación y Siembra en el Campo de dos Resembradoras de Pastos utilizando el método investigativo que nos permitió validar en el campo a la máquina y el método de diseño que nos permitió justificar el rediseño de la cuchilla y demás componentes de la misma.

Las pruebas de campo se las realizó en los terrenos de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, con la finalidad de implementar una alternativa válida de resiembra de pastos dentro del área de mecanización agrícola accesible al pequeño y mediano agricultor de las zonas Interandina del Ecuador.

Con la cuchilla recta “I” adaptada al rotavator Howard 445 se obtuvo en las pruebas de campo mejores resultados tanto en el cubrimiento de semilla 95.10% como en el rendimiento de la máquina 0.18 en hectárea por hora (Ha/Hr), en comparación con la cuchilla en forma de “L” dispuesta en forma original en el rotavator.

Con los resultados obtenidos en las pruebas se pudo validar y comprobar la eficiencia de la máquina justificando de esta manera el diseño de la cuchilla, reconstrucción de sus partes y adaptación a nuestro medio.

Se recomienda la utilización de este tipo de máquina para un mejor rendimiento en terrenos planos sin irregularidades pronunciadas.

SUMMARY

The present work deals with Evaluation, Tests and Validation of the Dosage and Sowing in the field of two pasture Re-sowing machines using the investigation method which allowed us to validate the machine in the field and the design method which allowed us to justify the re-design of the cutting tool and the other components.

The field tests were carried out in the property of the Escuela Superior Politécnica de Chimborazo to implement a valid alternative of pasture sowing within the agricultural mechanization area accessible to the small and middle farmer of the Interandean zones of Ecuador.

With the straight cutting tool “I” adapted to the rotavator Howard 445 the best results were obtained in the field tests both in the seed covering, 95.10%, and in the machine yield, 0.18 in hectare per hour (Ha/Hr) as compared to the “L” cutting tool disposed in the original form in the rotavator.

With the results, it was possible to validate and test the machine efficiency, thus justifying the cutting tool design, reconstruction of its parts and adaptation to our environment.

It is recommended to use this machine type for a better performance in flat terrains with no pronounced irregularities.

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo	Página
1. EL PROBLEMA	1
1.1. TEMA.....	1
1.2. PROBLEMA.....	1
1.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.4. METODOLOGÍA UTILIZADA.....	2
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.6. OBJETIVOS.....	4
1.6.1. Objetivo General.....	4
1.6.2. Objetivos Específicos.....	4
1.7. HIPÓTESIS.....	5
1.8. VARIABLES EN ESTUDIO	5
1.7.1. Variables Independientes.....	5
1.7.2. Variables Dependientes.....	5
2. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA	6
2.1. INTERSIEMBRA DE PASTURAS.....	6
2.1.1. Técnicas de Intersiembra de Pasturas.....	6
2.1.2. Ventajas de la Intersiembra de Pasturas	6
2.1.3. Mecanización de la Intersiembra.....	8
2.1.4. Sistemas de Laboreo Mínimo de uso más Común en Pasturas.....	8
a) Intersiembra con Abridores Fijos Tipo "Zapata".....	9

b)	Intersiembra con Púas Tipo Cincel.....	10
c)	Intersiembra con Rastra de Discos.....	11
d)	Intersiembra con Abridores Rotativos de Azadas en “L”.....	12
e)	Intersiembra con Abridores Rotativos de Azadas Rectas.....	13
2.2.	PROFUNDIDAD Y COBERTURA DE SIEMBRA	14
2.3.	RENDIMIENTO DE SIEMBRA.....	15
2.3.1.	Velocidad de Trabajo.....	15
2.3.2.	Rendimiento de Especies Forrajeras.....	15
3.	REDISEÑO DE LA RESEMBRADORA ROTATIVA.....	16
3.1.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
3.2.	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	16
3.3.	GENERACIÓN DE ALTERNATIVA.....	18
3.3.1.	Matriz Morfológica.....	19
3.4.	SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....	20
3.4.1.	Bosquejo y Descripción de Propuesta.....	20
3.4.2.	Evaluación de Alternativas.....	21
3.4.2.	Selección de Alternativas.....	23
3.5.	ANÁLISIS CINEMÁTICO DE ROTURACIÓN DE LA CUCHILLA RECTA.....	24
3.5.1.	Diagrama Cinemática del Rotavator.....	24
3.5.2.	Velocidad Periférica.....	24
3.5.3.	Velocidades en “X” y en “Y”.....	25
3.5.4.	Construcción Gráfica y Analítica de la Trayectoria de la Curva Cicloide.....	27
3.5.5.	Distancia Entre dos Cortes Sucesivos.....	29
3.5.6.	Desplazamiento de la Tierra.....	31

3.5.7.	Ángulo de Incisión Requerido.....	32
3.6.	ANÁLISIS CINEMÁTICO DEL ROTAVATOR.....	35
3.6.1.	Ángulo Descrito por el Recorrido del Borde Cortante	35
3.6.2.	Profundidad de Labranza.....	35
3.6.3.	Trabajo Realizado por la Cuchilla Durante el Recorrido.....	36
3.7.	FUERZAS Y POTENCIAS REQUERIDAS.....	37
3.7.1.	Resistencia del Suelo a la Cuchilla.....	37
3.7.2.	Cálculo de la Fuerza de Corte.....	38
3.7.3.	Cálculo de la Fuerza de Aceleración.....	38
3.7.4.	Cálculo de la Fuerza de Fricción.....	41
3.7.5.	Cálculo de la Fuerza F_t Actuando Tangencialmente Sobre la Cuchilla.....	43
3.7.6.	Cálculo de la Fuerza F_r Actuando Radialmente Sobre la Cuchilla.....	43
3.7.7.	Cálculo del Número de Cuchillas en la Zona de Corte.....	44
3.7.8.	Cálculo de la Fuerza F que Actúa Sobre el Rotor.....	45
3.7.9.	La Potencia Requerida para el Mando del Rotor.....	45
3.8.	ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LA CUCHILLA RECTA.....	46
3.8.1.	Esfuerzo Dinámico.....	46
3.8.2.	Modelo de la Cuchilla.....	46
3.8.3.	Momentos Generados.....	47
3.8.4.	Esfuerzos Generados.....	48
3.8.5.	Límite a la Fatiga.....	51
3.8.6.	Criterio de Diseño de Goodman.....	53
3.8.7.	Análisis de Esfuerzos Mediante Software.....	54
3.8.8.	Conclusión.....	54
3.9.	SELECCIÓN DE LA TRANSMISIÓN.....	55

3.9.1. Potencia Corregida.....	55
3.9.2. Determinación del Número de Cadena y Tamaño de la Catalina Motriz.....	56
3.9.3. Relación de Transmisión.....	56
3.9.4. Determinación de los Parámetros de la Catalina Conducida.....	57
3.9.5. Capacidad de Potencia Transmisible (Pb).....	57
3.9.6. Número de Cordones.....	58
3.9.7. Conclusión.....	58
3.10. DISEÑO DEL EJE DEL ROTAVATOR.....	59
3.10.1. Momentos Generados.....	59
3.10.2. Esfuerzos en la Sección OO'.....	61
3.10.3. Límite de Fatiga en la Sección OO'.....	62
3.10.4. Esfuerzos Equivalentes.....	65
3.10.5. Criterio de Diseño de Goodman.....	65
3.10.6. Análisis a Fatiga en la Sección TT'.....	66
3.10.7. Límite de Fatiga en la Sección TT'.....	66
3.10.8. Esfuerzos Equivalentes.....	68
3.10.9. Criterio de Diseño de Goodman.....	68
3.11. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.....	69
3.11.1. Momentos Generados.....	70
3.11.2. Solicitado Dinámicamente.....	71
3.11.3. Chequeo Estático.....	74
3.11.4. Conclusión.....	76
3.12. CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN.....	77
3.13. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DOSIFICADOR.....	79

4.	PRUEBAS DE CAMPO Y RESULTADOS.....	82
4.1.	MATERIALES Y METODOS.....	82
4.2.	FACTORES EN ESTUDIO.....	82
4.2.1.	Ancho de Corte de dos Tipos de Cuchillas (A).....	82
4.2.2.	Profundidad de Siembra (B).....	83
4.2.3.	Porcentaje (%) Cubrimiento de Semilla.....	83
4.2.4.	Eficiencia o Rendimiento de la Máquina Expresada en Ha/Hr.....	83
4.3.	UNIDAD EXPERIMENTAL.....	83
4.4.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	83
4.4.1.	Diseño Experimental.....	83
4.4.2.	Número de Repeticiones.....	84
4.4.3.	Características de la Unidad Experimental.....	84
4.4.4.	Esquema de ADEVA.....	84
4.4.5.	Análisis Funcional.....	85
4.5.	CARACTERÍSTICAS DE LAS PRUEBAS.....	85
4.5.1.	Ubicación.....	85
4.5.2.	Características Climáticas de la Zona.....	86
4.5.3.	Características Edafológicas.....	86
4.6.	MANEJO DEL EXPERIMENTO DE CAMPO.....	87
4.6.1.	Análisis del Suelo.....	87
4.6.2.	Preparación del Terreno.....	87
4.6.3.	Delimitación y Trazado de Repeticiones y Unidades Experimentales.....	87
4.6.4.	Toma de Datos.....	87
4.7.	VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN.....	87
4.7.1.	Porcentaje de Cubrimiento de la Semilla.....	87

4.7.1.1. Cálculo Tipo del Porcentaje de Cubrimiento de Semilla.....	88
4.7.2. Rendimiento.....	90
4.7.2.1. Cálculo Tipo del Rendimiento en Ha/Hr.....	90
4.8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	91
4.8.1. Porcentaje de Cubrimiento de Semilla con la Cuchilla en “L”.....	91
4.8.2. Porcentaje de Cubrimiento de Semilla con la Cuchilla Recta “I”.....	92
4.8.3. Rendimiento en Ha/Hr de la Cuchilla en “L”.....	93
4.8.4. Rendimiento en Ha/Hr de la Cuchilla Recta “I”.....	94
4.9. ANÁLISIS DE COSTO - BENFICIO.....	94
5. RECONSTRUCCIÓN Y COSTOS.....	96
5.1. ORGANIZACIÓN DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA RESEMBRADORA.....	96
5.1.1. Partes Constitutivas de la Máquina.....	96
5.1.2. Cursograma de la Reconstrucción.....	97
5.1.3. Montaje.....	101
5.2. COSTOS DIRECTOS.....	104
5.3. COSTOS INDIRECTOS.....	106
5.3.1. Costos Ingenieriles.....	106
5.3.2. Costos de Documentación.....	106
5.3.3. Costo Total Indirecto.....	106
5.4. COSTO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.....	107
5.5. COSTO TOTAL.....	107
5.6. RECOMENDACIONES PARA EL FUNCIONAMIENTO.....	108
5.6.1. Secuencia de Operación.....	108

5.6.2.	Seguridad.....	109
5.6.3.	Recomendaciones para el Funcionamiento.....	110
5.6.3.1.	Diariamente o cada 8 Horas de Trabajo.....	110
5.6.3.2.	Semanalmente o cada 50 Horas de Trabajo.....	111
5.6.3.3.	Semestralmente o cada 500 Horas de Trabajo.....	111
5.6.4.	Problemas Comunes de Operación y sus Soluciones.....	112
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	113
6.1.	CONCLUSIONES.....	113
6.2.	RECOMENDACIONES.....	115

BIBLIOGRAFÍA

LINKOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
I	Características de Entrada.....	17
II	Características de Salida	17
III	Variables de Solución.....	18
IV	Restricciones.....	18
V	Criterios.....	18
VI	Matriz Morfológica.....	19
VII	Evaluación Económica.....	22
VIII	Evaluación Técnica.....	22
IX	Bloques Completos al Azar con Arreglo de Parcelas Divididas.....	84
X	Esquema del ADEVA.....	85
XI	Esquema de la Cantidad de Semilla no Cubierta.....	88
XII	Esquema del Porcentaje (%) de Cubrimiento de la Semilla.....	89
XIII	Esquema de Tiempos Empleados a Diferentes Profundidades de Trabajo.....	90
XIV	Esquema del Rendimiento en Ha/Hr.....	91
XV	Esquema de Costo de los Distintos Sistemas de Labranzas.....	95
XVI	Partes Constitutivas de la Máquina.....	96
XVII	Operaciones Ejecutadas en la Reconstrucción.....	97
XVIII	Montaje del Sistema de Transmisión.....	101
XIX	Montaje del Sistema Surcador.....	101
XX	Montaje del Sistema de Siembra.....	102
XXI	Montaje del Sistema Estructural.....	102

XXII	Montaje Final.....	102
XXIII	Costos Directos.....	104
XXIV	Costos de Mano de Obra.....	105
XXV	Costos de Herramientas Manuales.....	105
XXVI	Costos de Transporte.....	105
XXVII	Costo Total Directo.....	106
XXVIII	Costos Ingenieriles.....	106
XXIX	Costos de Documentación.....	106
XXX	Costo Total Indirecto.....	107
XXXI	Costos de la Reconstrucción de la Máquina.....	107
XXXII	Costo Total.....	107
XXXIII	Problemas Comunes de Operación y sus Soluciones.....	112

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Disposición de la Intersiembr en el Suelo.....	7
2.	Abridores Fijos Tipo Zapata.....	9
3.	Intersiembr con Púas Tipo Cíncel.....	11
4.	Intersiembr con Rastra de Disco.....	12
5.	Intersiembr con Abridores Rotativos.....	12
6.	Cultivador Giratorio con las Cuchillas en “L”.....	13
7.	Abridor Rotativo de Azadas Rectas	14
8.	Modelo de la Caja Negra.....	17
9.	Resembradora con Cuchilla en “L”.....	20
10.	Rotavator con Cuchilla Recta “I”.....	21
11.	Gráfico de Dispersión de los Coeficientes Técnicos y Económicos.....	23
12.	Diagrama Cinemático del Rotavator.....	24
13.	Proyección de la Trayectoria de la Cuchilla.....	25
14.	Distancia Entre dos Cortes Sucesivos.....	29
15.	Diagrama del Ángulo de Incisión de la Cuchilla.....	32
16.	Diagrama del Trabajo en Relación con el Radio del Rotor.....	35
17.	Fuerzas que Actúan Sobre las Cuchillas del Rotor de un Rotavator.....	43
18.	Esquema de la Cuchilla Recta.....	46
19.	Momento Flector Plano $y - z$	47
20.	Momento Flector Plano $x - z$	48
21.	Momento Flector Resultante	48
22.	Sección A – A	49

23.	Diagrama Tiempo vs Esfuerzo	50
24.	Diagrama de Goodman	53
25.	Simulación de Esfuerzos.....	54
26.	Diagrama Cinemática de la Transmisión.....	55
27.	Diagrama de Fuerzas en el Eje del Rotavator.....	59
28.	Momento Flector Plano x – y.....	59
29.	Diagrama de Momento Flector.....	60
30.	Diagrama Esfuerzo Fluctuante τ vs t.....	61
31.	Diagrama Esfuerzo Fluctuante σ vs t.....	62
32.	Diagrama de Goodman.....	65
33.	Diagrama Esfuerzo Fluctuante τ vs t.....	66
34.	Diagrama Esfuerzo Fluctuante σ vs t.....	66
35.	Diagrama de Fuerzas en el Eje del Rotavator.....	69
36.	Momento Flector Plano x – y.....	70
37.	Rodillo Acanalado.....	77
38.	Gráfica: % de Cubrimiento vs Profundidad de Siembra con Cuchilla en “L”.....	92
39.	Gráfica: % de Cubrimiento vs Profundidad de Siembra con Cuchilla “I”.....	92
40.	Gráfica: Rendimiento vs Profundidad de Siembra con Cuchilla en “L”.....	93
41.	Gráfica: Rendimiento vs Profundidad de Siembra con Cuchilla “I”.....	94
42.	Diagrama de Operaciones del Sistema de Transmisión.....	99
43.	Diagrama de Operaciones del Sistema Surcador.....	99
44.	Diagrama de Operaciones del Sistema Surcador.....	100
45.	Diagrama de Operaciones del Sistema Surcador.....	100
46.	Cursograma de la Reconstrucción.....	103
47.	Resembradora Reconstruida.....	108

SIMBOLOGÍA

H_0	Hipótesis Nula.
H_a	Hipótesis Alternativa.
δ_a	Densidad Aparente.
V_r	Velocidad Periférica.
r	Radio del Rotor.
n	Revoluciones por Minuto.
V_x	Velocidad en el eje X.
V_y	Velocidad en el eje Y.
V_m	Velocidad de Avance.
α	Ángulo Recorrido.
ω	Velocidad Angular.
t	Tiempo.
L	Distancia entre dos Cortes Sucesivos.
m	Número de Hileras de Cuchillas.
x	Desplazamiento de la Tierra.
β	Ángulo de Salida de la Tierra Respecto al Horizontal.
g	Aceleración de la Gravedad.
δ_1	Ángulo Relacionado con el Movimiento Circular del Rotor.
δ_2	Ángulo Relacionado con el Avance de la Máquina.
b	Longitud de la Hoja.
e	Distancia entre dos Trayectorias.
δ	Ángulo de Incisión Total.

f	Longitud del Plano de Corte.
d	Profundidad de Labranza.
A	Trabajo Realizado por la Cuchilla Durante el Recorrido.
R	Resistencia del Suelo a la Cuchilla.
F_s	Fuerza de Corte, para Cortar la Tierra.
F_a	Fuerza de Aceleración, para Acelerar la Porción de Tierra.
F_w	Fuerza de Fricción, entre Tierra y Metal.
C_s	Fuerza Específica de Corte.
G	Peso de la Porción de Tierra Cortada por la Cuchilla.
a	Aceleración.
V	Velocidad de la Tierra al Salir de la Cuchilla.
w	Peso Especifico de la Tierra.
C_f	Coefficiente de Fricción entre la Tierra y el Metal.
F_c	Fuerza Centrífuga Promedio.
F_t	Fuerza Tangencial Sobre la Cuchilla.
F_r	Fuerza Radial Sobre la Cuchilla.
Z	Número de Cuchillas que se Encuentran Dentro de la Zona de Corte.
B	Ancho de Trabajo de la Máquina.
p	Ancho entre Cuchillas.
F	Fuerza que Actúa Sobre el Rotor.
N	Potencia Requerida para el Mando del Rotor.
Mf	Momento Flector.
I	Momento de Inercia.

σ	Esfuerzo.
σ_a	Esfuerzo Amplitud.
σ_m	Esfuerzo Medio.
S_e	Límite a la Fatiga.
Ka	Factor de Acabado a la Superficie.
Kb	Factor de Tamaño.
Kc	Factor de Confiabilidad.
Kd	Factor de Temperatura.
Ke	Factor de Concentración de Esfuerzos.
Kg	Factor Efectos Varios.
Kf	Factor de Sensibilidad a la Muesca.
S'_e	Resistencia a la Fatiga.
Sut	Resistencia a la Rotura.
DHP	Potencia Corregida.
HP	Potencia.
K	Relación de Transmisión.
τ_a	Esfuerzo Cortante Amplitud.
τ_m	Esfuerzo Cortante Medio.
T	Torque.
C	Capacidad de Carga Dinámica.
f_l	Factor de Esfuerzos Dinámicos.
f_n	Factor de Velocidad.
Q	Cantidad de Semilla Distribuida por Rodillo.
Z ₀	Número de Dosificadores de la Máquina.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. TEMA.

“EVALUACIÓN, PRUEBAS Y VALIDACIÓN DE DOSIFICACIÓN Y SIEMBRA EN EL CAMPO DE DOS RESEMBRADORAS DE PASTOS”.

1.2. PROBLEMA.¹

Uno de los problemas que afronta el agricultor en nuestro medio es el inadecuado trabajo de siembra de pastos, ya que se lo realiza en forma convencional con el uso de arados, rastras y sembradoras trayendo como consecuencia un periodo largo de espera para disponer de forrajes para los animales (6-8) meses.

Con el método convencional se tiene un tráfico excesivo de maquinaria por el campo que da lugar a costras superficiales o compactación de los suelos. Estas acciones conllevan a futuro una compactación del suelo, que causa una baja en la productividad agrícola.

¹ www.iniap-ecuador.gov.ec

Según el Informe de Campo JOHN DEERE (1990), manifiesta que la erosión es un problema serio y la vegetación existente con la aplicación de interseembra de pasturas puede convertirse en un buen aliado para disminuir los efectos de este fenómeno.

A fines de la década de los sesenta, investigadores de la Universidad de Kentucky investigaron sobre una renovadora de pasturas, mediante el sistema de labranza cero y con la utilización de cierras rotativas que abren surcos angostos en el suelo para depositar la semilla y renovar la tierra sin destruir la pradera existente.

1.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.

Con las pruebas y evaluación realizadas en los terrenos de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO ubicados dentro de los predios de la misma se pretende implementar una nueva alternativa para la siembra de pasturas en terreno plano, mediante la utilización de la sembradora y rotavator Howard 445, con dos sistemas de cuchillas de labranza, en forma de “L” y en forma recta “I”, minimizando el excesivo uso de maquinaria y por ende reduciendo la erosión y compactación de suelos.

1.4. METODOLOGÍA UTILIZADA.

Método investigativo (validar en el campo la máquina).

Método de Diseño (rediseño y cálculo de partes).

1.5. JUSTIFICACIÓN.²

Uno de los principales problemas en la siembra de pasto en nuestro medio, es la preparación de suelos en forma tradicional (arado, rastra, siembra manual), trayendo como consecuencia la erosión. Además con este método se deja improductivo por el lapso de 6 meses el terreno dedicado a los pastos, produciéndose una merma considerable en los pequeños y medianos agricultores.

A nivel tecnológico el país no dispone de un centro de investigación y adaptación de maquinaria agrícola, que facilite realizar las labores en forma rápida y con menor esfuerzo humano por parte de los productores pecuarios. La Escuela de Ingeniería Mecánica a través de su área de Mecanización ha venido realizando trabajos de diseño y adaptación de maquinaria Agrícola, con miras de tener el conocimiento tecnológico para el desarrollo de prototipos que se adapten a nuestras necesidades.

El INIAP ha contribuido con una máquina de labranza mínima para siembra de semillas de grano fino la cual necesita ser reconstruida y adaptada a nuestras condiciones y dado que la tendencia actual es la resiembra de pasturas, se ha propuesto investigar su eficiencia en este tipo de labor.

Por tanto el proyecto pretende validar una alternativa de siembra de pastos, mediante el sistema de resiembra. Trayendo como beneficio una economía de costo por hectárea significativa tanto en labores agrícolas, combustible, y fertilizantes. Además un informe

² www.fao.org.org

de campo de la JOHN DEERE (1990) menciona incremento de producción animal con este nuevo sistema.

Es imprescindible el diseño y construcción de maquinaria agrícola en nuestro medio para hacer frente a las necesidades del campo, ya que es muy notoria la falta de mano de obra para la producción agrícola.

1.6. OBJETIVOS.

1.6.1. Objetivo General.

Implementar una alternativa válida de resiembra de pastos dentro del área de mecanización agrícola accesible al pequeño y mediano agricultor de las zonas Interandina del Ecuador.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar la cobertura de la semilla de los dos sistemas de labranza.
- Determinar el rendimiento por hectárea de los dos sistemas de labranza.
- Realizar el análisis costos-beneficios de los sistemas de labranza.
- Validar la alternativa propuesta, mediante el análisis de resultados obtenidos en las pruebas.

1.6. HIPÓTESIS.

- **Ho1:** La profundidad de 4 cm. y cuchilla recta. No tienen la mejor cobertura de semilla.
- **Ha1:** La profundidad de 4 cm. y cuchilla recta. Tienen la mejor cobertura de semilla.
- **Ho2:** El rendimiento de la cuchilla recta “I” no es mejor que el rendimiento de la cuchilla en “L”.
- **Ha2:** El rendimiento de la cuchilla recta “I” es mejor que el rendimiento de la cuchilla en “L”.

1.7. VARIABLES EN ESTUDIO.

1.7.1. Variables Independientes.

- Profundidad a valores de 2 cm. bajo el suelo.
- Profundidad a valores de 4 cm. bajo el suelo.
- Profundidad a valores de 6 cm. bajo el suelo.
- Tipos de cuchillas “L” y “I”.

1.7.2. Variables Dependientes.

- Porcentaje (%) de cubrimiento de semilla.
- Eficiencia o Rendimiento de la máquina expresada en Ha/Hr.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA

2.1. INTERSIEMBRA DE PASTURAS.

2.1.1. Técnicas de Intersiembra de Pasturas.

Según el Informe de Campo JOHN DEERE (1990), manifiesta que la regeneración de praderas se la puede definir como el mejoramiento de una pradera de pastoreo. Implica la aplicación de cal, fertilizante y la siembra de forraje deseable sin otra siembra interviniente. La renovación puede aumentar tanto la cantidad como la calidad del forraje.

Por ejemplo, una prueba efectuada en una universidad demostró que al renovar gramíneas existentes con una leguminosa común *Trébol Rojo*, se produjo 38 gr. más de carne por animal en un periodo de 105 días.

DELAFOSSE R. (1991), menciona que la labranza mínima es una de las practicas que se puede adaptar en la siembra de praderas. Además de las técnicas de laboreo mínimo, la implantación de pasturas se la conoce como “Intersiembra”.

2.1.2. Ventajas de la Intersiembra de Pasturas.

DELAFOSSE R. (1991), expone entre las principales ventajas de la intersiembra de pasturas las siguientes:

1. Puede aplicarse en suelos donde las condiciones físicas, mecánicas y/o químicas, no permiten una labranza convencional con arado de rejas.
2. Permite el mejoramiento cuali-cuantitativo de las praderas naturales y degradadas, balanceando el valor nutritivo de las mismas.
3. Evita la pérdida de humedad de los suelos, porque los mismos sufren una roturación mínima y la superficie queda cubierta de vegetación, como se muestra en la figura 1.
4. Disminuye las posibilidades de erosión hídrica en suelos con pendiente.
5. Incrementa la fertilidad del suelo al sembrarse leguminosas inoculadas, que tienen la propiedad de fijar nitrógeno libre del aire.
6. Permite realizar el trabajo con mayor o menor contenido de humedad que las siembras tradicionales, debido que el terreno queda, consolidado por el arraigo de la vegetación.
7. Adelanta el período de aprovechamiento aproximadamente seis meses al no perderse el piso del potrero.
8. Comparativamente reduce costos al economizar fertilizante, semillas, combustibles y horas hombre.

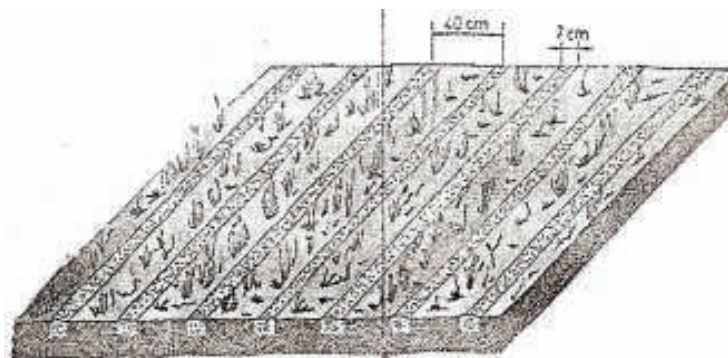


Figura 1. Disposición de la Intersiembr en el Suelo.

Analizando el trabajo efectuado por la Ínter-sembradora, se puede afirmar que es una práctica conservacionista, por los escasos perjuicios que ocasiona al suelo y a la vegetación existente.

2.1.3. Mecanización de la Intersiembra.

ONORATO A. (1991), manifiesta que para elegir una máquina en las distintas posibilidades de utilización, se deben tener en cuenta dos relaciones fundamentales para ser analizadas y evaluadas; son las que ocurren entre "La Máquina y el Suelo" y entre "El Suelo y la Máquina".

Relación Máquina-Suelo: el manejo mecánico del suelo tiende a modificar la densidad aparente, agregación y estabilidad de éste, variando para la plántula su medio de desarrollo en relación entre otras cosas, a la temperatura del suelo, capacidad de la expansión de las raíces y movimiento del aire y agua en el suelo.

Relación Suelo-Máquina: se debe tener en cuenta que el suelo generalmente dista de ser homogéneo, en consecuencia debe siempre observarse el efecto del mismo sobre el buen funcionamiento de una determinada máquina.

Aquí la influencia decisiva del tipo de densidad de la cobertura vegetal, la resistencia al corte del terreno, fricción sobre los elementos de apertura. Lo lleva a considerar detenidamente antes de adoptar una decisión al respecto, cuál será para determinada condición de trabajo, la herramienta más adecuada.

2.1.4. Sistemas de Laboreo Mínimo de uso más Común en Pasturas.

Según: ONORATO A. (1991), los sistemas de laboreo mínimo de uso más común en pasturas son los siguientes:

a) Intersiembradora con Abridores Fijos Tipo "Zapata".

Este tipo de máquinas intersembradoras están provistas generalmente de abridores de surcos especiales que les permiten surcar a distancias, desde 0,25 a 0,50 metros. Figura 2.

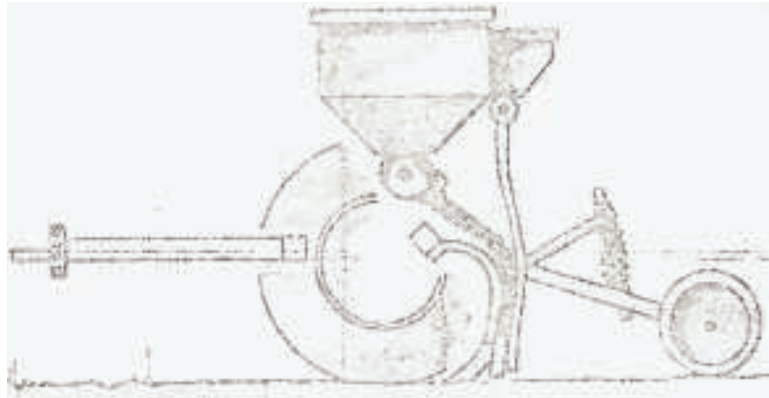


Figura 2. Abridores Fijos Tipo Zapata.

El trabajo que efectúan, hace que se depositen las semillas y el posible fertilizante a utilizar en un surco de 5 a 7 centímetros de ancho, por una profundidad variable, según el tipo y condición del terreno. Así, las semillas quedan en el fondo del citado surco regularmente cubiertas de tierra, ya que por sus características constructivas, es muy difícil que este órgano abridor produzca el desmoronamiento del surco, aportando tierra suelta sobre las semillas depositadas. Esto hace que en caso de lluvias abundantes, la falta de drenaje y la posible pendiente de los suelos, lleven a efectuar un importante arrastre de semillas o provoquen la asfixia de las pequeñas plántulas por anegamiento.

Dentro de este tipo de máquina se comercializan modelos provistos con sistemas de cobertura y compactación de semillas que, en cierta forma, limitan los inconvenientes expuestos.

Asimismo, se proveen estas intersebradoras con cajones semilleros y abonadores; el mando de dosificadores se toma desde la rueda de transporte o de ruedas especiales provistas de dientes o púas que evitan el patinamiento y las consecuentes fallas en las dosificaciones.

b) Intersiembradora con Púas Tipo Cincel.

Montado sobre herramientas de este tipo de cajones sembradores y/o abonadores, se logra disponer de un medio bastante adecuado para el fin que se pretende.

Dependiendo del estado del terreno y el grado de cobertura vegetal, puede decirse que el surcado efectuado con este tipo de abridor, se asemeja en cierta forma, al logrado con las máquinas anteriormente expuestas. La mayor diferencia radica en que aquí (según ancho de corte, profundidad del mismo y velocidad de avance) se provoca un rebatimiento más o menos acentuado de tierra hacia los laterales del surco, quedando, muchas veces, los potreros "desprolijos".

No se puede definir satisfactoriamente, ni el surcado ni consecuentemente, la profundidad de colocación de las semillas.

Estas semillas y el fertilizante son depositados juntos en el fondo del surco como se muestra en la figura 3.

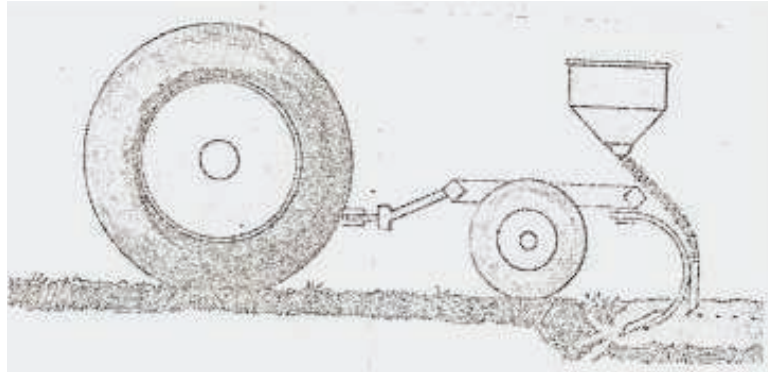


Figura 3. Intersiembr con Púas Tipo Cincel.

c) Intersiembr con Rastra de Discos.

Con este sistema de trabajo, se efectúa el corte del tapiz vegetal y el laboreo del suelo en forma variable, según sea el tipo de disco empleado, el grado de cruce dado al mismo (respecto a la línea de avance) y la velocidad de trabajo.

Como efecto negativo de esta forma de implantación puede decirse que, aunque sea superficial, se produce una remoción muy importante del terreno, la que llega en algunos casos, hasta el cien por ciento de la superficie trabajada. De allí la importancia de dar el menor cruce posible a los discos, para que entonces, se desplacen cortando y volcando la menor cantidad de tierra posible. En estas condiciones se conocen experiencias que han tenido buena germinación y establecimiento de las especies.

Es una herramienta de uso común a la cual fácilmente se le pueden adosar cajones sembradores y/o abonadores. Figura 4.

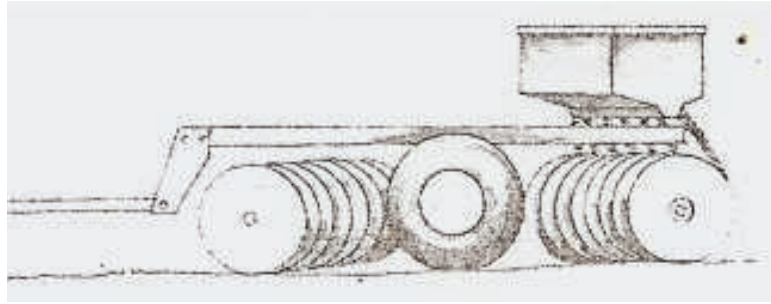


Figura 4. Intersiembradora con Rastra de Disco.

d) Intersiembradora con Abridores Rotativos de Azadas en “L”.

Según ASHBURNER J. (1984), el uso de herramientas giratorias ha recibido mucha atención de los investigadores. Normalmente este tipo de máquina consiste de un eje horizontal que lleva un juego de cuchillas en forma de una “L”, girando en el sentido de avance del tractor (figura 5).

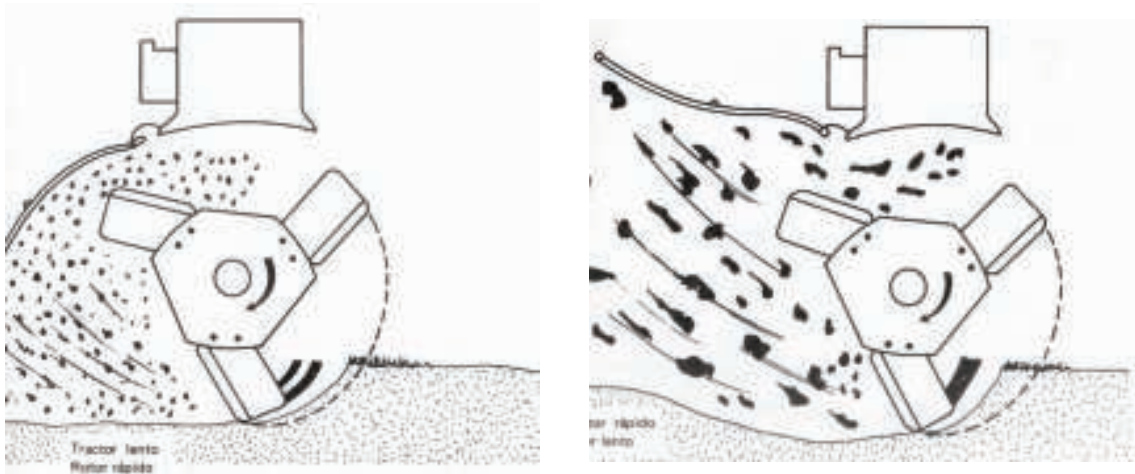


Figura 5. Intersiembradora con Abridores Rotativos.

También se ha fabricado rotores que giran por ejes verticales, normalmente de tipo cultivador para una labranza secundaria, un ejemplo de los cuales aparece en la figura 6. Un ejemplo del desarrollo del principio es la combinación del rotor con un juego de

dientes cinceles para alcanzar una mayor profundidad de alteración del suelo así como una buena estabilidad de la herramienta en el trabajo.



Figura 6. Cultivador Giratorio con las Cuchillas en “L”.

Generalmente el objetivo del sistema es producir, durante un solo paso, la rotura y pulverización del suelo. Pero además tiene una aplicación importante en la preparación de arrozales. A continuación se describen el modelo de falla del suelo y el efecto de varios parámetros de diseño sobre el rendimiento de la máquina.

e) Intersiembrá con Abridores Rotativos de Azadas Rectas.

Según STANCANELLI V. (1990), Esta máquina consta de un sistema roturador del suelo compuesto por seis juegos rotatorios de ocho paletas cada uno, distanciados 0.40 m, para dar una anchura total de trabajo de 2.40 m. De las ocho paletas de cada juego, cuatro

son planas, dos levemente dobladas a la derecha y dos a la izquierda. Las paletas son de cambio fácil y centrado en la periferia por electrodos duros que les imparten alta resistencia contra piedras, troncos y otros obstáculos. Cada paleta deja una franja roturada de 10 cm de ancho y profundidad regulada por el cilindro hidráulico para izaje del apero.

Cada conjunto rotor tiene protectores laterales que además, evitan que se desparrame el suelo pulverizado que cubre a la semilla una vez colocada. Delante de los conjuntos rotores esta la tolva para fertilizante y en la parte posterior esta la rueda semineumática que apisona el suelo alrededor de la semilla para establecer contacto con la franja labrada y crear un sello para el ambiente de germinación. Figura 7.

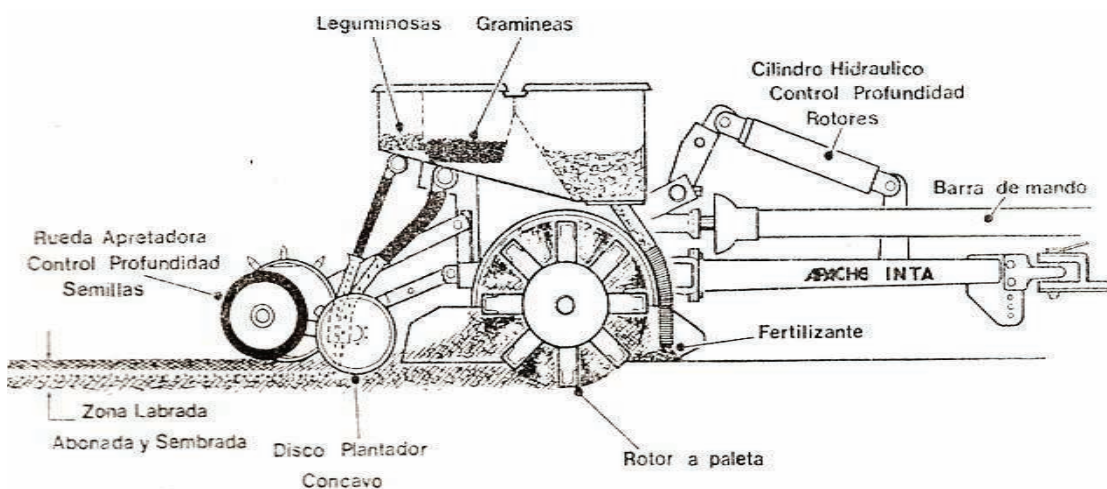


Figura 7. Abridor Rotativo de Azadas Rectas.

2.2. PROFUNDIDAD Y COBERTURA DE SIEMBRA.

ONORATO A. (1991), respecto a la máquina intersembradora define como componente a un sistema de roturación, discos abridores o paletas y ruedas compactadoras.

El ancho de cada banda roturada es de 0.05 m y con una profundidad de trabajo máxima de 0.10 m. Como se sabe que la semilla de la mayoría de las especies forrajeras es pequeña (0,5 – 2 mm), por lo que se sugiere tapar la semilla ligeramente con 1 o 2 cm de tierra para lo cual se puede utilizar rastras de rama.

2.3. RENDIMIENTO DE SIEMBRA.

2.3.1. Velocidad de Trabajo.

Según ASHBURNER J. (1984), una mayor velocidad de avance de la herramienta ocasiona un incremento en la aceleración de las partículas y agregados del suelo. Por esta razón la fuerza de arrastre tiende a ser proporcional a la velocidad al cuadrado. Pero la velocidad también aumenta el esfuerzo normal suelo/interfaz y puede incrementar el esfuerzo entre las partículas; éste eleva la resistencia del suelo y, así, la fuerza de arrastre. Una posibilidad es diseñar el diente para cambiar su agresividad de acción de acuerdo con la velocidad de avance.

2.3.2. Rendimiento de Especies Forrajeras.

El MANUAL DEL INIAP (1995), manifiesta que los rendimientos de especies naturalizadas tales como el kikuyo (***Pennisetum clandestinum***), son relativamente más bajos para sostener una producción animal alta, que se consigue con las especies foráneas, cuyas diferencias en el rendimiento de materia seca tanto en el periodo lluvioso como seco, demuestran una mayor disponibilidad de hierba para el animal y consecuentemente una mayor producción de leche y carne. Además se tiene una reducción en los costos de renovación entre el 35 a 70%.

CAPÍTULO III

REDISEÑO DE LA RESEMBRADORA ROTATIVA

3.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

En la actualidad las labores de siembra de pastos se realizan mediante la labranza tradicional, uso de arado y rastra de discos. En ocasiones se utiliza en labranza secundaria el rotavator con las cuchillas en “L” trayendo como consecuencia compactación o pie de arado. Se debe observar la importancia de la forma de las cuchillas o dientes giratorios sobre la calidad de labranza. Generalmente esto es un área poco estudiada y no cubre todo el rango de maquinas en el mercado actual [7]. Por tanto mediante el diseño adecuado de las cuchillas en el rotavator se pretende realizar una labor de labranza de suelo sin que nos deje suelo compacto, y permita una intersiembra de pasturas.

3.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Para resolver el problema utilizaremos la técnica de la **caja negra**, representada en la figura 8. Con sus correspondientes cuadros de entradas, salidas, variables de solución, restricciones y criterios para proyectar una máquina que nos permita obtener un suelo apto para la intersiembra de pastos [9].

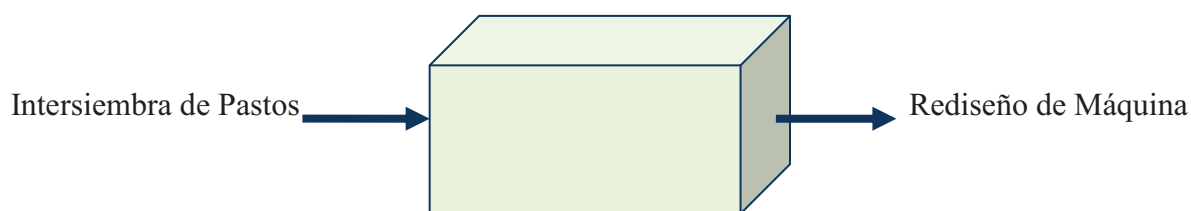


Figura 8. Modelo de la Caja Negra.

Las características de entrada, salida, variables de solución, restricciones y criterios están descritas en las siguientes tablas.

Tabla I. Características de Entrada

ENTRADA: SUELO CON $\delta a = 1,9 \text{ gr/cm}^3$ (COMPACTADO)			
I	VARIABLES DE ENTRADA	LIMITACIONES DE ENTRADA	CONDICIÓN
I₁	Resistencia de Suelo	No muy Compacto	$I_1(\delta a) < 1,9 \text{ gr/cm}^3$
I₂	Tipo de Semilla	Tipo Gramíneas	$0,4\text{cm} \leq L \leq 1,2\text{cm}$
I₃	Ancho de Labrado	No Mayor de 10 cm	$I_3 \leq 10 \text{ cm}$
I₄	Profundidad de Labrado	No Mayor de 10 cm	$I_4 \leq 10 \text{ cm}$

Tabla II. Características de Salida

SALIDA: SUELO LABRADO Y $\delta a = 1,5 \text{ gr/cm}^3$ (NO COMPACTADO)			
F	VARIABLE DE SALIDA	LIMITACIONES DE SALIDA	CONDICIÓN
F₁	Suelo con Densidad Aparente Menor que a la Entrada.	Densidad Aparente debe ser Menor al 30%.	$F_1 < 30\% (\delta a. \text{entrada})$
F₂	Grado de Cubrimiento de Semilla.	La Semilla queda Cubierta entre (30-50) % del Volumen de esta.	$F_2 > (30 - 50)\% V_{\text{semilla}}$

Tabla III. Variables de Solución

S	VARIABLES DE SOLUCIÓN
S₁	Ancho de Trabajo del Implemento
S₂	Forma de las Cuchillas
S₃	Método de Trabajo de las Cuchillas
S₄	Fuente de Energía
S₅	Materiales a Usar
S₆	Costos

Tabla IV. Restricciones

R	RESTRICCIONES
R₁	Cuchillas de Longitud no Mayor a (10-15) cm. y 8 mm de Espesor.
R₂	Las Cuchillas deben Tener una Forma de Fácil Recambio y Montaje.
R₃	La Fuente de Energía debe ser de un Tractor Mínimo de 60 CV, para la Máquina Rediseñada.
R₄	Costo no Mayor de 1000 dólares.

Tabla V. Criterios





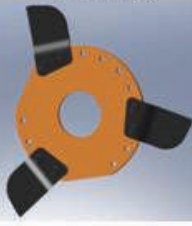

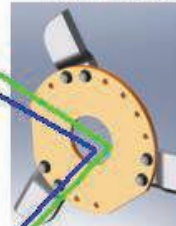









C	CRITERIOS	VALOR
C₁	Costo de Fabricación.	Mínimo
C₂	Facilidad de Recambio y Montaje.	Máximo
C₃	Facilidad de Mantenimiento y Reparación.	Máximo
C₄	Efectividad de Labranza.	Máximo

3.3. GENERACIÓN DE ALTERNATIVA.

La generación de soluciones es, por supuesto, el aspecto esencial y central del diseño, es por ello que para agrupar y esquematizar este conjunto de ideas se recurre al análisis morfológico que sistematiza la forma que puede tomar un producto o máquina [10].

3.3.1. Matriz Morfológica.

Tabla VI. Matriz Morfológica

FUNCIONES SECUNDARIAS		SOLUCIONES			
		1	2	3	4
1	TIPO DE CUCHILLA	EN FORMA DE "L" 	DE FORMA RECTA "I" 	TIPO CINCEL 	CIRCULAR PLANA 
2	MATERIAL DE FABRICACIÓN	ACERO AISI 1020	HIERRO FUNDIDO	PLÁSTICO	MADERA
3	MONTAJE	SOLDADO 	REMACHADO 	EMPERNADO 	PASADOR Y SEGURO 
4	MECANISMO DE TRANSMISIÓN	ENGRANAJES 	PIÑÓN Y CADENA 	BANDAS Y POLEAS 	BIELA MANIVELA 
5	TIPO DE ACCIONAMIENTO	MANUAL 	ANIMAL 	MECÁNICA CON TRACTOR 	ELÉCTRICA 

 Alternativa 1.

 Alternativa 2.

3.4. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.

3.4.1. Bosquejo y Descripción de Propuestas

Hecha la abstracción con los supuestos, se elaboran los bosquejos de las propuestas dadas, para así conseguir hacer una evaluación precisa sobre el alcance de cada una de estas opciones y ponderar en base a la evaluación de las mismas [11].

La Alternativa 1, tendrá la disposición original de las cuchillas en el rotavator; es decir en forma de “L”, con un montaje manual y centrado en la periferia mediante pernos y el material del cual están construidas es acero de alta resistencia al desgaste. El mecanismo de transmisión desde la caja de engranajes hacia el rotor es accionado por medio de un sistema piñón y cadena en baño de aceite. La toma de fuerza del rotavator es mediante el montaje de un tractor por medio de un cardan o propulsor. La máquina se muestra a continuación en la figura 9.



Figura 9. Resembradora con Cuchilla en “L”.

La Alternativa 2, tendrá las cuchillas de forma recta “I” dispuestas de forma centrada en la periferia del rotor. Su montaje y desmontaje para recambio es sencillo, mediante pernos sujetos a los discos del rotor, el material para su construcción será acero de alta resistencia al desgaste. A través de la caja transmisora o caja de engranajes el rotor será accionado por medio de un sistema piñón y cadena en baño de aceite. La toma de fuerza se realizara mediante el montaje de un tractor hacia el rotavator por medio de un propulsor. El bosquejo se muestra a continuación en la figura 10.

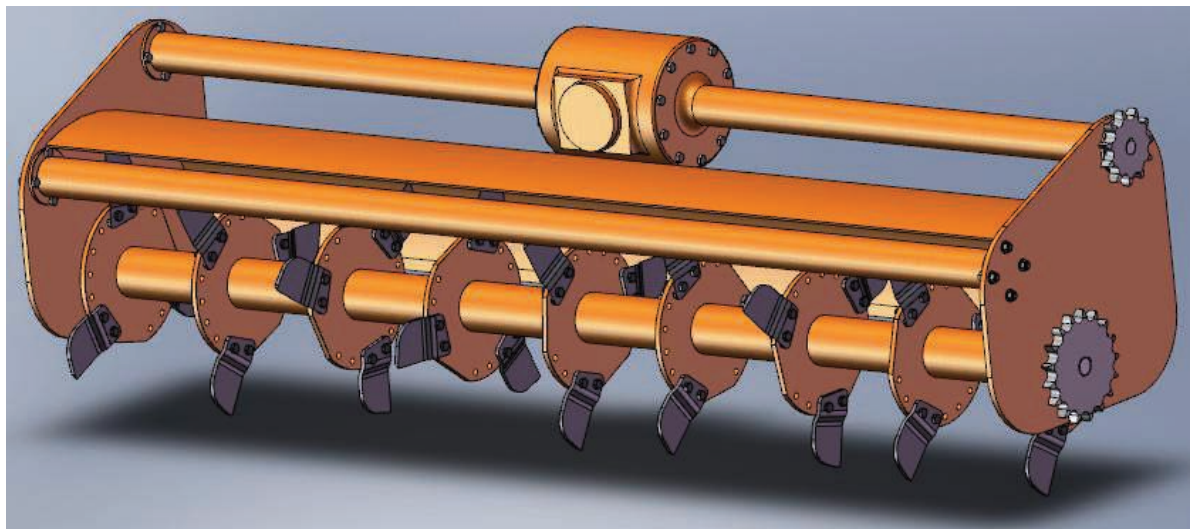


Figura 10. Rotavator con Cuchilla Recta “I”.

3.4.2. Evaluación de Alternativas.

Teniendo claras las propuestas planteadas, estas serán sometidas a una evaluación desde el punto de vista Técnico y Económico.

Se indicaran diferentes puntos de comparación, donde a cada propuesta se le asignara un valor de (1 a 5), dependiendo de cómo satisfaga la propuesta al punto en mención, siendo 1 malo y 5 excelente. A los puntos de comparación también se les asignara un

peso de (1 a 3), dependiendo de cuanta trascendencia tengan con el desarrollo del proyecto, este peso será denominado como el factor de importancia siendo 1 importante, 2 muy importante y 3 imprescindible. En la tabla 2 y 3 se muestra el cuadro de evaluación de objetivos ponderados [10].

Tabla VII. Evaluación Económica.

PUNTOS DE EVALUACIÓN		FACTOR DE IMPORTANCIA (fi)	PUNTAJE (pi)		
			ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PUNTAJE IDEAL
1	Materiales.	3	5	5	5
2	Costo de Fabricación.	3	4	4	5
3	Fuente de Energía.	2	4	4	5
4	Facilidad de Mantenimiento y Reparación.	2	3	3	5
5	Efectividad de Labranza Intersiembr.	3	4	5	5
Total = $\sum(fi \times pi)$			53	56	65
Coeficiente Económico = P total/P ideal			82%	86%	100%

Tabla VIII. Evaluación Técnica.

PUNTOS DE EVALUACIÓN		FACTOR DE IMPORTANCIA (fi)	PUNTAJE (pi)		
			ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	PUNTAJE IDEAL
1	Rendimiento.	3	5	5	5
2	Desterronamiento del Suelo.	3	4	5	5
3	Forma de las Cuchillas.	2	3	4	5
4	Método de Trabajo de las Cuchillas.	2	4	4	5
5	Humedad de los Suelos.	2	3	4	5
6	Profundidad de Labrado.	2	3	4	5
7	Facilidad de Construcción	3	4	4	5
8	Facilidad de Recambio y Montaje.	1	3	3	5
9	Mantenimiento y Reparación	1	3	3	5
10	Ruido	1	3	4	5
Total = $\sum(fi \times pi)$			74	84	100
Coeficiente Técnico = P total/P ideal			74%	84%	100%

Para tener una mejor apreciación de los resultados de los cuadros anteriores graficamos el coeficiente económico vs. Coeficiente técnico y ponderamos la alternativa que más se aproxime a la ideal, como se muestra en la figura 11 [11].

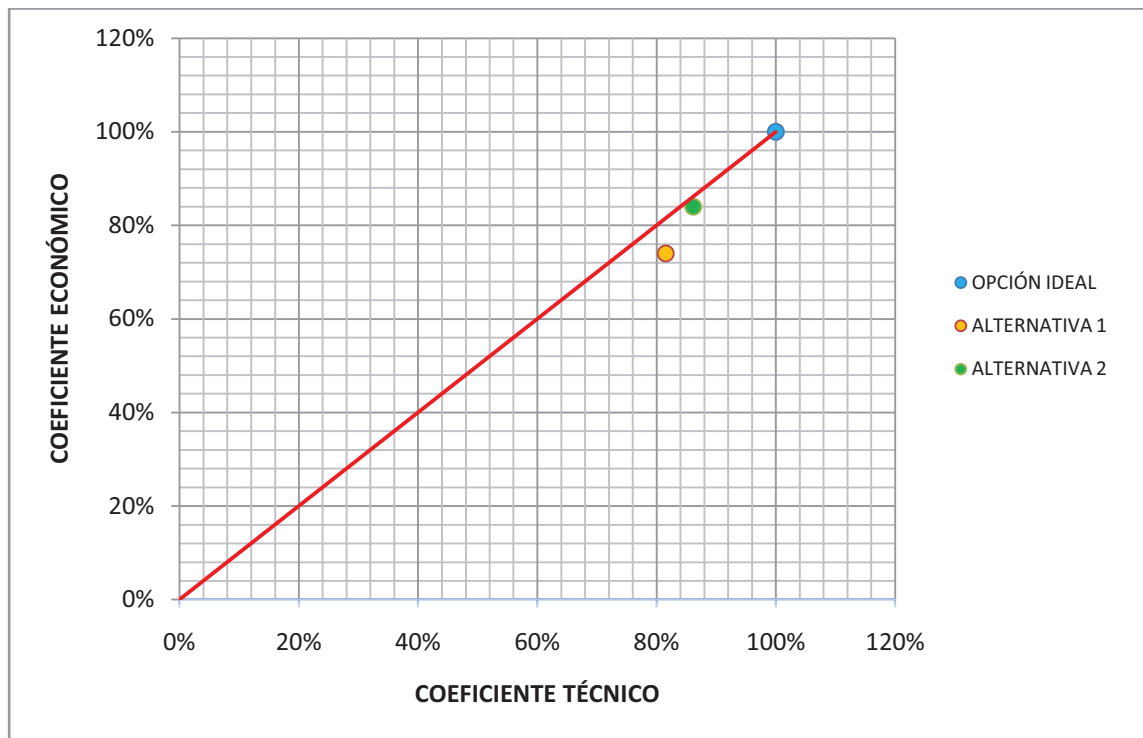


Figura 11. Gráfico de Dispersión de los Coeficientes Técnicos y Económicos.

3.4.2. Selección de Alternativas.

La selección más adecuada será la opción que además de tener los coeficientes Técnicos y Económicos apropiados, mantenga un equilibrio entre estos.

Analizando los resultados se obtuvo que la alternativa 1 tiene un coeficiente económico de 82 %, mientras que la opción 2 tiene el 86 %. En cuanto a la evaluación técnica la opción 1 tiene el 74 % respecto a la opción 2 que es del 84 %. Por esto el proyecto indicado a desarrollar será basado en la OPCIÓN 2.

Datos:

$$r = 0.266 \text{ m.}$$

$$n = 220 \text{ rpm.}$$

$$V_r = (2 * \pi * 0.266 * 220) / 60 \text{ [m/s]}$$

$$V_r = 6.13 \text{ m/s}$$

3.5.3. Velocidades en “X” y en “Y”.

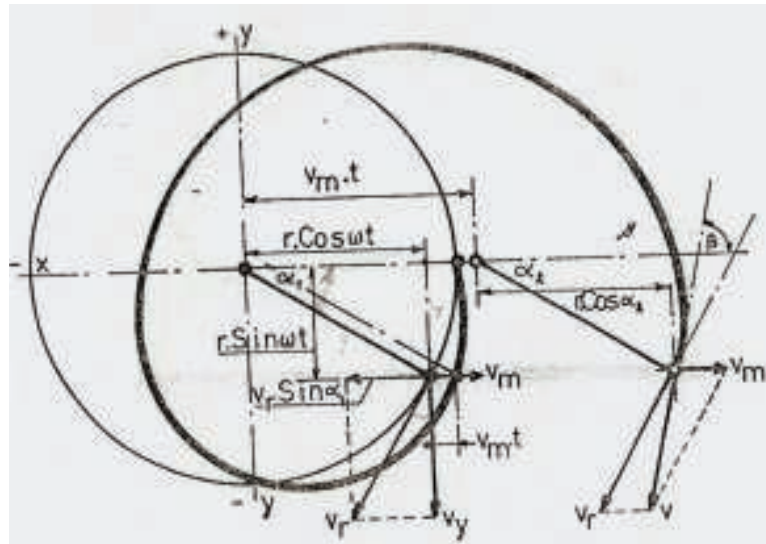


Figura 13. Proyección de la Trayectoria de la Cuchilla.

El borde cortante de la cuchilla se mueve en sentido “X” y en sentido “Y”. Con velocidades respectivas.

$$V_x = V_m - V_r * \text{Sen } \alpha = V_m - r * \omega * \text{Sen } \omega t \quad \text{Ec. (3.2)}$$

$$V_y = - V_r * \text{Cos } \alpha = - r * \omega * \text{Cos } \omega t \quad \text{Ec. (3.3)}$$

$$t = \frac{60}{n} [s] \quad \text{Ec. (3.4)}$$

Donde:

V_x = Velocidad en m/s en sentido en "X".

V_y = Velocidad en m/s en sentido en "Y".

V_m = Velocidad de avance en m/s .

V_r = Velocidad periférica del rotor en m/s .

α = Ángulo recorrido.

ω = Velocidad angular en rad/s .

t = Tiempo en segundos.

Datos:

$$V_m = 1.94 \text{ m/s}$$

$$r = 0.266 \text{ m}$$

$$\omega = 23 \text{ rad/s}$$

$$V_x = 1.94 - 0.266 * \frac{220 * 2 * \pi}{60} \text{Sen} \left(\frac{220 * 2 * \pi}{60} * \frac{60}{\frac{220 * 2 * \pi}{60}} \right)$$

$$\underline{V_x = 1.94 - 5.31 = -3.37 \text{ m/s}}$$

$$V_y = -0.266 * \frac{220 * 2 * \pi}{60} \cos\left(\frac{220 * 2 * \pi}{60} * \frac{60}{\frac{220 * 2 * \pi}{60}}\right)$$

$$\underline{V_y = -3.1 \text{ m/s}}$$

3.5.4. Construcción Gráfica y Analítica de la Trayectoria de la Curva Cicloide.

Se divide a la circunferencia en sectores iguales por ejemplo de 15°, y se llevan desde los puntos de división rectas horizontales con longitudes respectivamente de S, 2S, 3S, etc. [12].

La longitud S es igual a:

$$S_{15} = \frac{15}{360} * \frac{60}{n} * V_m \quad [m] \quad \text{Ec. (3.5)}$$

Datos:

$$V_m = 1.94 \text{ [m/S]}$$

$$n = 220 \text{ rpm.}$$

$$S_{15} = \frac{15}{360} * \frac{60}{220} * 1.94$$

$$S_{15} = 0.022 \text{ m}$$

$$\underline{S_{15} = 2.20 \text{ cm}}$$

Como aproximación de la trayectoria se puede calcular:

➤ La distancia y donde $V_x = 0$.

$$V_x = 0 \rightarrow V_m = V_r * \text{sen}\alpha$$

$$\text{sen}(180 - \alpha) = \text{sen}\alpha = \frac{y}{r} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

$$y = r * \frac{V_m}{V_r} \quad [m]$$

$$y = 0.266 * \frac{1.94}{6.13}$$

$$y = 0.084 \text{ m}$$

$$\underline{y = 8.40 \text{ cm}}$$

➤ La distancia x donde $V_y = 0$.

$$V_y = 0 \rightarrow V_r * \text{cos}\alpha = 0$$

$$\text{cos}\alpha = 0 \rightarrow \alpha = 90^\circ, 270^\circ, \text{etc}$$

$$x = r * \text{cos}\omega t + V_m * t = 0 + V_m * t$$

$$x = V_m * t \quad \text{Ec. (3.7)}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow t = \frac{90}{360} * \frac{60}{n} = \frac{15}{n} \quad [\text{seg.}]$$

$$x = V_m * \frac{15}{n} \quad [m]$$

Datos:

$$V_m = 1.94 \text{ [m/S]}$$

$$n = 220 \text{ rpm.}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow x = V_m * 15/n \text{ [m]}$$

$$\alpha = 90^\circ \rightarrow x = 1.94 * 15/220$$

$$\underline{x = 13.22 \text{ cm.}}$$

$$\alpha = 270^\circ \rightarrow x = V_m * 45/n \text{ [m]}$$

$$\alpha = 270^\circ \rightarrow x = 1.94 * 45/220$$

$$\underline{x = 39.68 \text{ cm.}}$$

3.5.5. Distancia Entre dos Cortes Sucesivos.

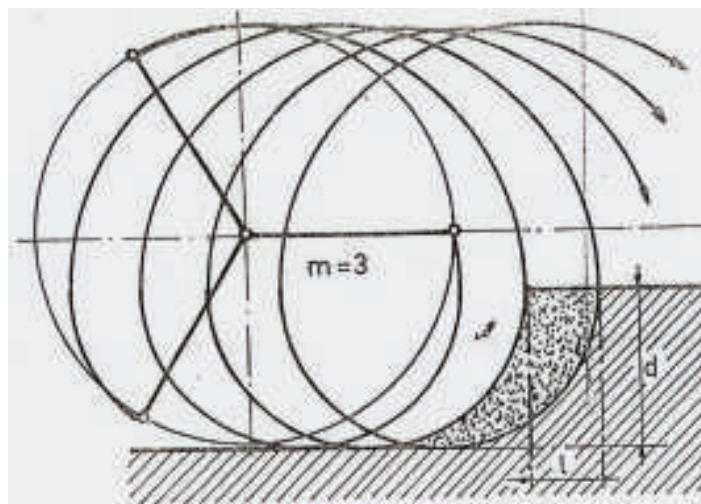


Figura 14. Distancia Entre dos Cortes Sucesivos.

La distancia depende del número de revoluciones del rotor, de la velocidad de avance de la máquina, y del número de hileras de cuchillas en plano perpendicular al eje del rotor [12].

$$L = (60 * V_m) / (m * n) \text{ [m]} \quad \text{Ec. (3.8)}$$

Donde:

L = Distancia entre dos cortes sucesivos [m].

m = Número de hileras de cuchillas, generalmente 3, ([12], pág. 5).

n = Número de revoluciones del rotor por minuto [rpm].

V_m = Velocidad de avance [m/s].

Datos:

V_m = 1.94 [m/S]

n = 220 rpm.

m = 3

$$l = \frac{60 * 1.94}{3 * 220}$$

$$l = 0.176 \text{ m}$$

$$\underline{\underline{l = 17.6 \text{ cm}}}$$

- Cuando L es pequeña, más fino el tamaño de las partículas del suelo.
- Cuando L es grande, más gruesa la labranza.

3.5.6. Desplazamiento de la Tierra.

$$X = \frac{(0.75*V_r)^2 * \sin 2\beta}{g} \quad [m] \quad \text{Ec. (3.9)}$$

Donde:

x = Desplazamiento de la tierra en metros.

β = Ángulo de salida de la tierra respecto al horizontal 45° , ([12], pág. 6).

g = Aceleración de la gravedad, $9,81 \text{ m/s}^2$, aproximadamente 10 m/s^2 .

V_r = Velocidad periférica del rotor en m/s.

Datos:

$\beta = 45^\circ$

g = 9.81 m/s^2 .

$V_r = 6.13 \text{ m/s}$.

$V_m = 1.94 \text{ m/s}$

$$X = ((0.75*6.13)^2 * \text{Sen } 2*45) / 9.81$$

$$\underline{X = 2.15 \text{ m}}$$

3.5.7. Ángulo de Incisión Requerido.

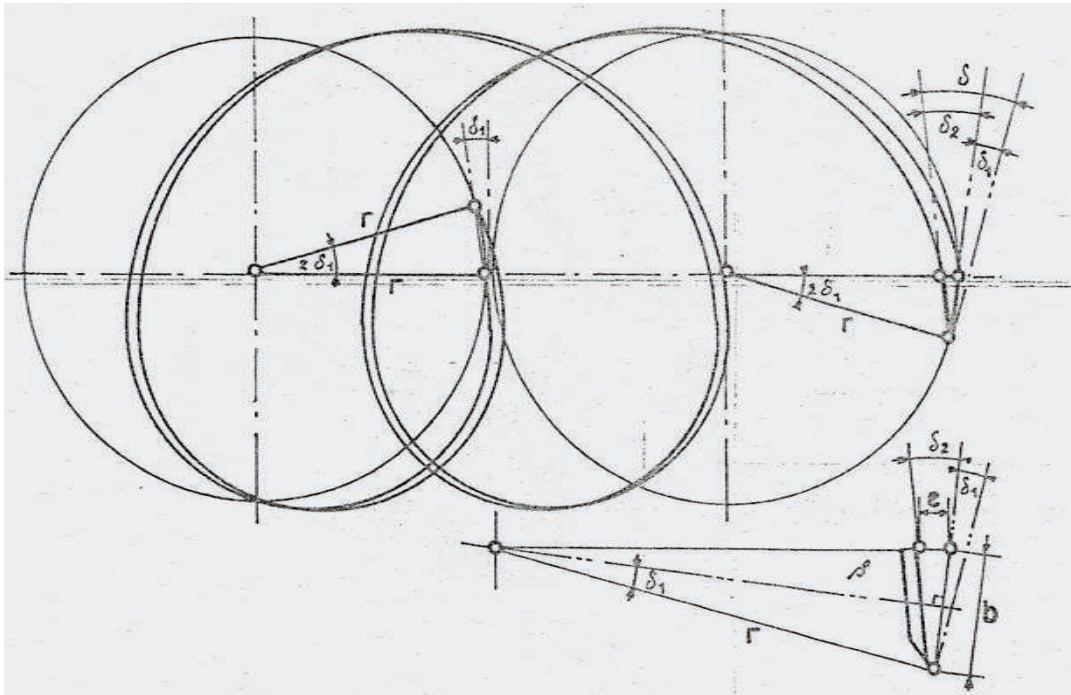


Figura 15. Diagrama del Ángulo de Incisión de la Cuchilla.

Para calcular el ángulo necesario, se divide el ángulo en dos componentes.

- El ángulo δ_1 , es decir el ángulo necesario relacionado con el movimiento circular de la cuchilla del rotor.
- El ángulo δ_2 , es decir el ángulo necesario relacionado con el avance de la máquina durante el trabajo [12].

$$\text{Tg } \delta_1 = b / (2 * r) \quad \text{Ec. (3.10)}$$

Donde:

b = Longitud de la hoja

r = Radio del rotor en metros.

δ_1 = Ángulo relacionado con el movimiento circular del rotor.

Datos:

$$b = 0.07 \text{ m}$$

$$r = 0.266 \text{ m}$$

$$n = 220 \text{ rpm}$$

$$\operatorname{tg}\delta_1 = \frac{0.07}{2 * 0.266}$$

$$\operatorname{tg}\delta_1 = 0.1315$$

$$\underline{\underline{\delta_1 = 7.5^\circ}}$$

La distancia entre las dos trayectorias (el borde cortante y el extremo de la hoja) será “e” en metros.

$$e = \frac{\delta_1}{3 * n} * V_m \quad [m] \quad \text{Ec. (3.11)}$$

$$e = \frac{7.5}{3 * 220} * 1.94 * 100$$

$$e = 2.2 \text{ cm}$$

Por lo tanto:

$$\operatorname{tg}\delta_2 = \frac{e * \operatorname{Cos} \delta_1}{b - e * \operatorname{Sin} \delta_1}$$

Sustituyendo e, se obtiene:

$$\operatorname{cotg}\delta_2 = b * \left[\frac{3 * n}{\delta_1 * V_m * \operatorname{Cos} \delta_1} - \frac{1}{2 * r} \right] \quad \text{Ec. (3.12)}$$

Datos:

$$V_m = 1.94 \text{ m/s}$$

$$\delta_1 = 7.5^\circ$$

$$n = 220 \text{ rpm}$$

$$r = 0.266 \text{ m}$$

$$b = 0.07 \text{ m}$$

$$\cot \delta_2 = 0.07 * \left[\frac{3 * 220}{7.5 * 1.94 * \cos 7.5} - \frac{1}{2 * 0.266} \right]$$

$$\underline{\underline{\cot \delta_2 = 3.07 \quad \rightarrow \quad \delta_2 = 18^\circ}}$$

El ángulo de incisión total es igual a:

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 \quad \text{Ec. (3.13)}$$

$$\delta = 7.5^\circ + 18^\circ$$

$$\underline{\underline{\delta = 25.5^\circ}}$$

Este ángulo será mayor cuando:

- Cuanto menor sea el número de revoluciones por minuto del rotor.
- Cuanto mayor sea la velocidad de avance.
- Cuanto mayor sea la longitud de la hoja.

3.6. ANÁLISIS CINEMÁTICO DEL ROTAVATOR.

3.6.1. Ángulo Descrito por el Recorrido del Borde Cortante.

El ángulo recorrido por el borde cortante durante su trayectoria a través del suelo es igual a γ radianes mostrado en la figura 16 [12].

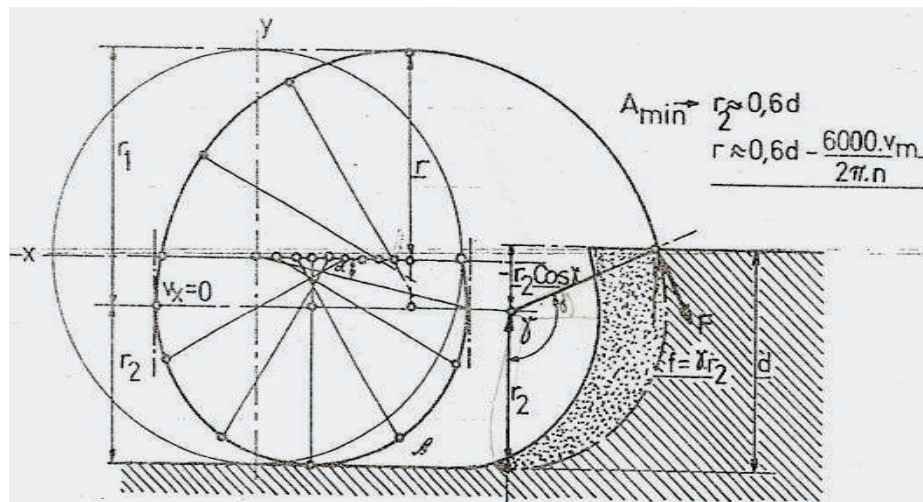


Figura 16. Diagrama del Trabajo en Relación con el Radio del Rotor.

El plano de corte tendrá entonces una longitud f aproximadamente igual a:

$$f = \gamma * r_2 = \gamma * (r - r * V_m/V_r) \text{ [m]} \quad \text{Ec. (3.14)}$$

$$r_2 = (r - r * V_m/V_r)$$

3.6.2. Profundidad de Labranza.

La profundidad de labranza es igual a: $d = r_2 - r_2 * \text{Cos } \gamma$. Ec. (3.15)

$$r_2 = d / (1 - \text{Cos } \gamma) \text{ [m]}$$

3.6.3. Trabajo Realizado por la Cuchilla Durante el Recorrido.

El trabajo realizado durante el recorrido del borde cortante a través del suelo será entonces:

$$A = F * f = F * \gamma * r_2 = F * d * \frac{\gamma}{1 - \cos \gamma} \quad [kgf] \quad \text{Ec. (3.16)}$$

El trabajo tendrá valor mínimo si la función $\frac{\gamma}{1 - \cos \gamma}$ será mínima.

Para que sea $\gamma * (1 - \cos \gamma)^{-1}$ mínimo, se puede derivar que:

$$\frac{1 - \cos \gamma - \gamma * \sin \gamma}{(1 - \cos \gamma)^2} = 0$$

Es decir: $1 - \cos \gamma = \gamma * \sin \gamma$

El trabajo a ser realizado será relativamente mínimo cuando existe la siguiente relación entre la profundidad de labranza y el radio r_2 .

$$r_2 = 0.6 * d [m]$$

$$r_2 = \left[r - r * \frac{V_m}{V_r} \right]$$

$$d = r [1 - V_m/V_r] / 0.6 \quad \text{Ec. (3.17)}$$

Datos:

$$V_m = 1.94 \text{ m/s}$$

$$V_r = 6.13 \text{ m/s}$$

$$r = 0.266 \text{ m}$$

$$d = 0.266 * (1 - 1.94/6.13) / 0.6$$

$$d = 0.30 \text{ m}$$

$$r_2 = 0.6 * 0.12$$

$$\underline{r_2 = 0.072 \text{ m}}$$

3.7. FUERZAS Y POTENCIAS REQUERIDAS

3.7.1. Resistencia del Suelo a la Cuchilla.

La resistencia del suelo actuando sobre una de las cuchillas es R. Esta resistencia es la resultante de las siguientes fuerzas componentes: F_s , F_a y F_w [12].

$$R = F_s + F_a + F_w \quad [kgf] \quad \text{Ec. (3.18)}$$

Donde:

F_s = Fuerza de corte, para cortar la tierra.

F_a = Fuerza de aceleración, para acelerar la porción de tierra.

F_w = Fuerza de fricción, entre tierra y metal.

3.7.2. Cálculo de la Fuerza de Corte.

$$F_s = C_s * b \quad [kgf] \quad \text{Ec. (3.19)}$$

Donde:

C_s = La fuerza específica de corte en Kgf/m. El valor de esta varía entre 75 y 100 Kgf por metro de corte ([12], pág.10).

b = Ancho de la cuchilla en metro.

Datos:

$$C_s = 100 \text{ kgf/m}$$

$$b = 0.07 \text{ m}$$

$$\underline{F_s = 100 * 0.07 = 7 \text{ kgf}}$$

3.7.3. Cálculo de la Fuerza de Aceleración.

$$F_a = m * a = \frac{G}{g} * a \quad [kgf] \quad \text{Ec. (3.20)}$$

Donde:

G = El peso en Kgf de la porción de tierra cortada por la cuchilla.

g = Aceleración de la gravedad, 9.8 m/s^2 .

a = Aceleración en m/s^2 .

V_m = Velocidad de avance de la máquina en m/s.

d = Profundidad de trabajo en m.

w = Peso específico de la tierra en Kgf/m^3 .

m = Número de hileras de cuchillas en el rotor.

n = Número de revoluciones por minuto del rotor.

V = Velocidad de la tierra al salir de la cuchilla.

t = Tiempo en segundos en el cual la cuchilla pasa por la zona de corte.

$$G = l * d * b * w = \frac{60 * V_m}{m * n} * d * b * w = 60 * V_m * d * b * w * \frac{1}{m * n} \quad [\text{kgf}]$$

$$a = \frac{V}{t} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right] \quad \text{Ec. (3.21)}$$

$$V = 0.75 * V_r = \frac{75 * 2 * \pi * r * n}{100 * 60} \quad [\text{m/s}] \quad \text{Ec. (3.22)}$$

$$t = \frac{\gamma}{2 * \pi} * \frac{60}{n} \quad [\text{seg}] \quad \text{Ec. (3.23)}$$

$$a = 0.008 * r * n^2 * \frac{1}{\gamma} \quad \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$$

Por lo tanto:

$$\gamma = 90^\circ + \varphi \quad \text{Ec. (3.24)}$$

$$\text{Sen}\varphi = \frac{d-r_2}{r_2} \quad \text{Ec. (3.25)}$$

$$F_a = 0.05 * V_m * d * b * w * r * n * \frac{1}{\gamma * m} \quad [kgf] \quad \text{Ec. (3.26)}$$

Datos:

$$V_m = 1.94 \text{ m/s}$$

$$r = 0.266 \text{ m}$$

$$n = 220 \text{ rpm}$$

$$d = 0.12 \text{ m}$$

$$b = 0.07 \text{ m}$$

$$w = 2200 \text{ Kg/m}^3$$

$$m = 3$$

$$\text{Sen}\varphi = \frac{0.12 - 0.072}{0.072}$$

$$\underline{\varphi = 41.8^\circ}$$

$$\underline{\gamma = 90^\circ + 41.8^\circ = 131.8^\circ = 2.3}$$

$$F_a = 0.05 * 1.94 * 0.12 * 0.07 * 2200 * 0.266 * 220 * \frac{1}{2.3 * 3}$$

$$\underline{F_a = 15.2 \text{ [kgf]}}$$

3.7.4. Cálculo de la Fuerza de Fricción.

La fricción F_w es igual a la fuerza centrífuga actuando sobre la porción de tierra cortada durante la aceleración de ella, multiplicada por el coeficiente de fricción C_f [12].

$$F_w = F_c * C_f \quad \text{[kgf]} \quad \text{Ec. (3.27)}$$

Donde:

C_f = Coeficiente de fricción entre la tierra y el metal el cual varía entre (0.5 - 0.7).

F_c = Fuerza centrífuga promedio, Kgf, igual a:

$$F_c = \frac{m * v^2}{2 * r} = \frac{G}{g} * \frac{(0.75 * v_r)^2}{2 * r} = \frac{G}{10} * \frac{\left(0.75 * \frac{2 * \pi * r * n}{60}\right)^2}{2 * r} \quad \text{[Kgf]} \quad \text{Ec. (3.28)}$$

$$F_c = 0.0185 * v_m * d * b * w * r * n * \frac{1}{m} \quad \text{[kgf]}$$

$$F_w = 0.0185 * V_m * d * b * w * r * n * \frac{1}{m} * C_f \quad \text{[kgf]}$$

Datos:

$$V_m = 1.94 \text{ m/s}$$

$$r = 0.266 \text{ m}$$

$$n = 220 \text{ rpm}$$

$$d = 0.12 \text{ m}$$

$$b = 0.07 \text{ m}$$

$$w = 2200 \text{ Kg/m}^3$$

$$m = 3$$

$$C_f = 0.7$$

$$F_w = 0.0185 * 1.94 * 0.12 * 0.07 * 2200 * 0.266 * 220 * \frac{1}{3} * 0.7$$

$$\underline{F_w = 9.1 \text{ [kgf]}}$$

Por lo tanto la resistencia del suelo a la cuchilla es:

$$R = 7 + 15.2 + 9.1 \text{ [kgf]}$$

$$\underline{R = 31.3 \text{ [kg]}}$$

3.7.5. Cálculo de la Fuerza F_t Actuando Tangencialmente Sobre la Cuchilla.

La resistencia R actúa sobre la cuchilla bajo un ángulo aproximadamente $7,5^\circ$. La fuerza tangencial F_t será entonces igual a [12]:

$$F_t = R * \cos 7,5^\circ \approx 0,99 * R = 0,99 * (F_s + F_a + F_w) \quad [kgf] \quad \text{Ec. (3.29)}$$

$$\underline{F_t = 0,99 * 31,3 = 31} \quad [kgf]$$

3.7.6. Cálculo de la Fuerza F_r Actuando Radialmente Sobre la Cuchilla.

$$F_r = R * \sin 7,5^\circ \quad [kgf] \quad \text{Ec. (3.30)}$$

$$\underline{F_r = 4,08} \quad [kgf]$$

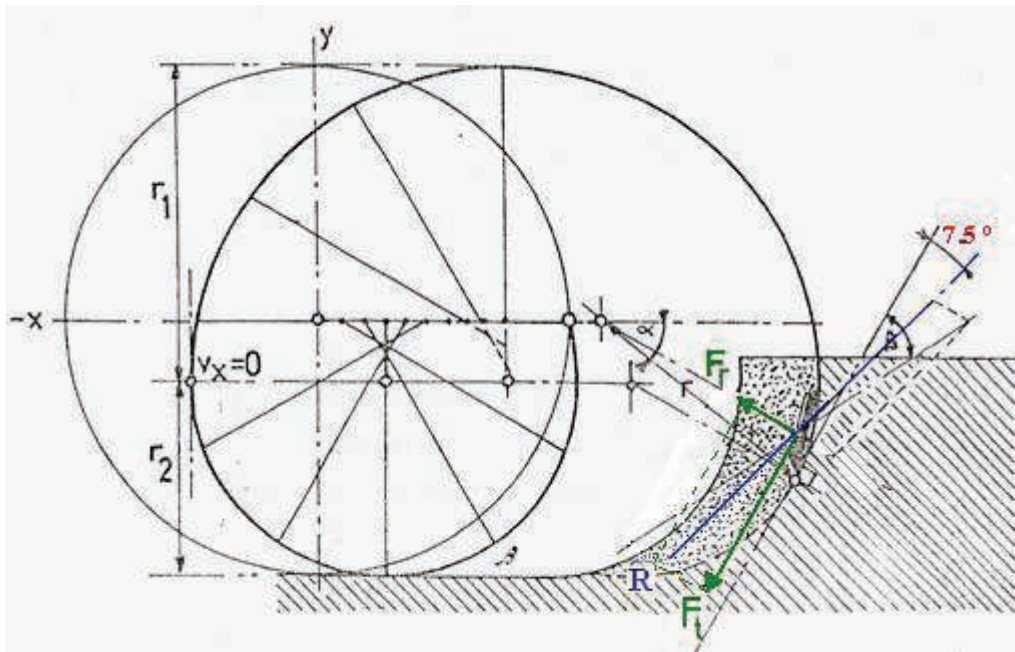


Figura 17. Fuerzas que Actúan Sobre las Cuchillas del Rotor de un Rotavator.

3.7.7. Cálculo del Número de Cuchillas que se Encuentran Dentro de la Zona de Corte.

El ancho de trabajo de la máquina es B metros. El ancho entre cuchillas es p metros.
Por hilera de cuchillas el rotor tendrá [12].

B / p cuchillas. El rotor tiene m hileras, o sea

$$(m*B) / p \text{ cuchillas}$$

De éstas se encuentran en la zona de corte un número Z de cuchillas:

$$Z = \frac{\gamma}{2*\pi} * \frac{m*B}{p} \text{ cuchillas} \quad \text{Ec. (3.31)}$$

Datos:

$$B = 2.03 \text{ m}$$

$$p = 0.29 \text{ m}$$

$$\gamma = 2.3 \text{ rad}$$

$$m = 3$$

$$Z = \frac{2.3}{2 * \pi} * \frac{3 * 2.03}{0.29}$$

$$\underline{Z = 7.7 \approx 8 \text{ cuchillas.}}$$

3.7.8. Cálculo de la Fuerza F que Actúa Sobre el Rotor.

$$F = Z * F_t \quad \text{Ec. (3.32)}$$

$$\underline{F = 8 * 31 = 248 \text{ kgf}}$$

3.7.9. La Potencia Requerida Para el Mando del Rotor.

$$N = \frac{F * v_r}{75} = 0.0014 * r * n * F \quad \text{[Hp]} \quad \text{Ec. (3.33)}$$

$$\underline{N = 0.0014 * 0.266 * 220 * 248 = 20.32 \approx 20 \text{ [Hp]}}$$

La potencia requerida aumentará cuando sea más grande:

- B - es decir el ancho de trabajo de la máquina.
- r - es decir el radio del rotor.
- n - es decir el número de revoluciones por minuto del rotor.
- m - es decir el número de hileras de cuchillas.
- d - es decir la profundidad del trabajo.
- W - es decir el peso específico del suelo.
- C_s - es decir la fuerza de corte del suelo.
- C_f - es decir la fricción entre la tierra y el metal.
- V_m - es decir la velocidad de avance de la máquina.

3.8. ANÁLISIS DE ESFUERZOS DE LA CUCHILLA RECTA.

3.8.1. Esfuerzo Dinámico.

El diseño de la cuchilla se realiza a esfuerzos dinámicos puesto que su carga es fluctuante es decir varía de cero a un valor determinado, como se indica en los siguientes cálculos.

3.8.2. Modelo de la Cuchilla.

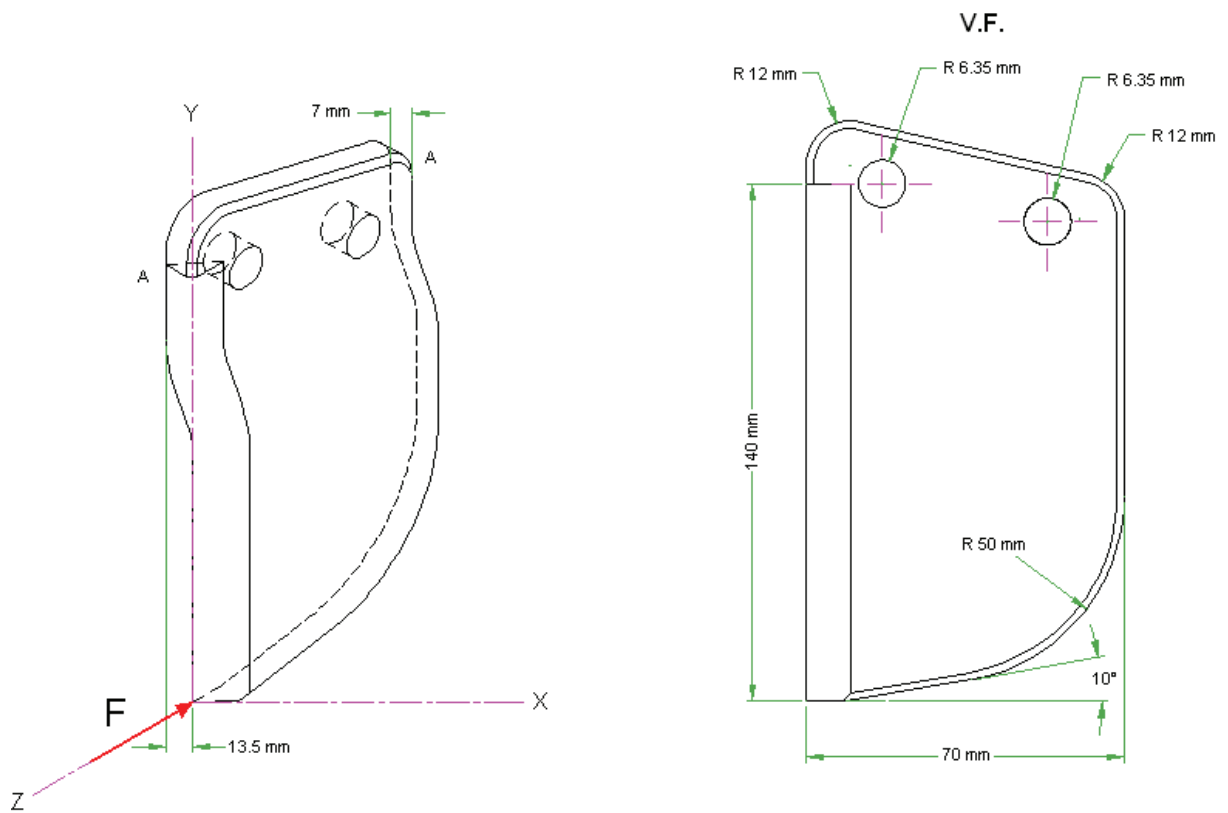


Figura 18. Esquema de la Cuchilla Recta.

3.8.3. Momentos Generados.

Datos:

$F = 310$ Newton

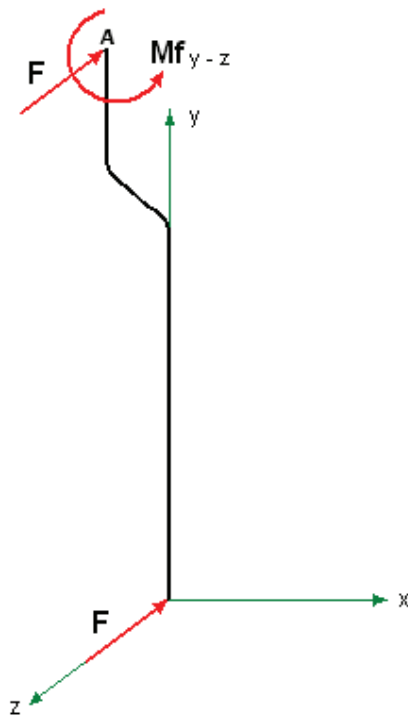


Figura 19. Momento Flector Plano $y - z$.

$$Mf_{y-z} = F * d \quad \text{Ec. (3.34)}$$

$$Mf_{y-z} = 310 \text{ N} * 0.14 \text{ m}$$

$$Mf_{y-z} = 43.4 \text{ N} - \text{m}$$

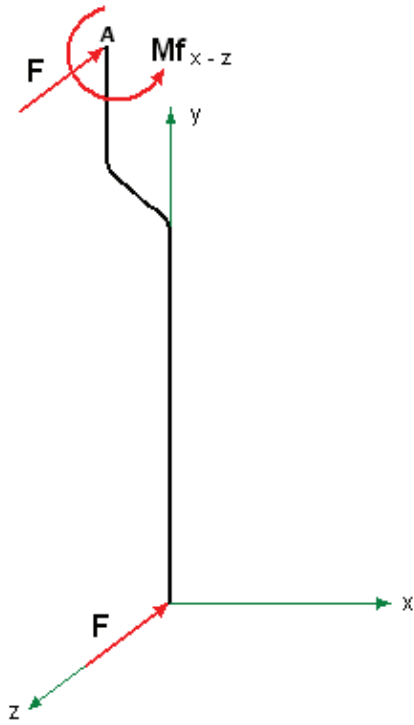


Figura 20. Momento Flector Plano $x - z$.

$$Mf_{x-z} = F * d$$

$$Mf_{x-z} = 310 \text{ N} * 0.0135 \text{ m}$$

$$Mf_{x-z} = 4.2 \text{ N} - \text{m}$$

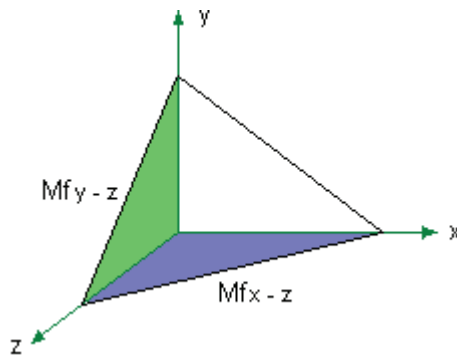


Figura 21. Momento Flector Resultante.

$$Mf_R = \sqrt{(Mf_{x-z})^2 + (Mf_{y-z})^2} \quad \text{Ec. (3.35)}$$

$$Mf_R = \sqrt{(4.2)^2 + (43.4)^2}$$

$$Mf_R = 43.6 \text{ N} - \text{m}$$

3.8.4. Esfuerzos Generados.

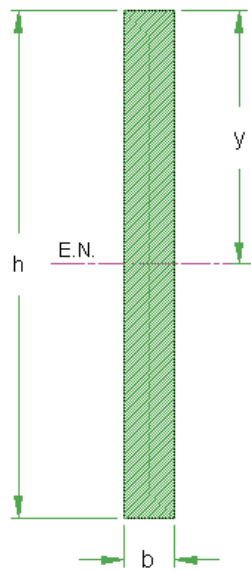


Figura 22. Sección A – A.

Datos:

$$F_{\text{máx.}} = 310 \text{ N}$$

$$F_{\text{mín.}} = 0 \text{ N}$$

$$h = 70 \text{ mm}$$

$$b = 7 \text{ mm}$$

Momento de Inercia de la Sección A – A.

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad \text{Ec. (3.36)}$$

$$I = \frac{0.007 * 0.07^3}{12} = 2 \times 10^{-7} m^4$$

$$\text{Esfuerzo M\u00e1ximo: } \sigma_{max} = \frac{Mf_R * y}{I} = \frac{43.6 N - m * 0.035m}{2 \times 10^{-7} m^4} = 7.63 MPa$$

$$\text{Esfuerzo M\u00ednimo: } \sigma_{mix} = \frac{Mf_R * y}{I} = 0 MPa \quad \text{Ec. (3.37)}$$

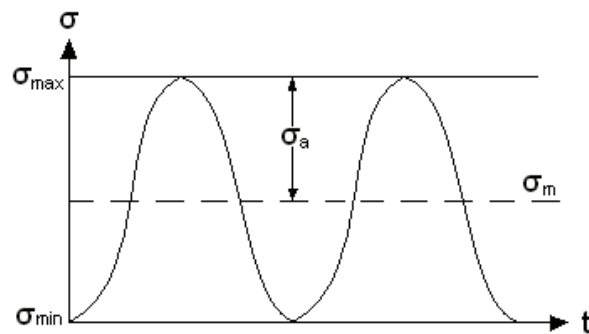


Figura 23. Diagrama Tiempo vs Esfuerzo.

$$\sigma_a = \sigma_m = \frac{\sigma_{max}}{2} = \frac{7.63 MPa}{2} = 3.82 MPa$$

3.8.5. Límite a la Fatiga.

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_g * S'_e \quad \text{Ec. (3.38)}$$

Donde:

K_a : Factor de acabado a la superficie ([13], pág. 274).

K_b : Factor de tamaño ([13], pág. 275).

K_c : Factor de confiabilidad ([13], pág. 275).

K_d : Factor de temperatura ([13], pág. 276).

K_e : Factor de concentración de esfuerzos ([13], pág. 271).

K_g : Factor efectos varios ([13], pág. 276).

S'_e : Resistencia a la fatiga ([13], pág. 268).

$$K_a = eSut^f \quad \text{Ec. (3.39)}$$

Donde:

e y f : Coeficientes. ([13], pág. 274).

Sut : Resistencia a la rotura. ([13], pág. 899).

$$Sut = 395 \text{ MPa}, \quad \text{para acero AISI 1020}$$

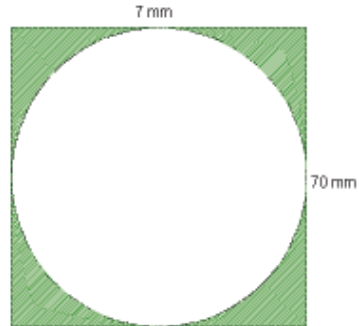
$$K_a = eSut^f = 4.51 * 395^{-0.265} = 0.92$$

$$Kb = 1.189d^{-0.112} \quad \text{Ec. (3.40)}$$

Área equivalente, ([13], pág. 275).

$$A_{Rect.} = b * h$$

$$A_{Cir.} = \frac{\pi d^2}{4}$$



$$d = \sqrt{\frac{A_{Rect.} * 4}{\pi}} = \sqrt{\frac{70 * 7 * 4}{\pi}} = 25 \text{ mm}$$

$$Kb = 1.189 * 25^{-0.112} = 0.82$$

$$Kc = 0.89 \quad \rightarrow \quad \text{Para una confiabilidad del 90 \%}$$

$$kd = 1 \quad \rightarrow \quad \text{recomendado}$$

$$Ke = \frac{1}{Kf} \quad \text{Ec. (3.41)}$$

Donde:

Kf: Factor de sensibilidad a la muesca. ([13], pág. 271).

$$Kf = 1.7 \text{ Recomendado}$$

$$Ke = \frac{1}{1.7} = 0.58$$

$$k_g = 1 \rightarrow \text{recomendado}$$

$$S'_e = 0.5 * S_{ut} = 0.5 * 395 \approx 197 \text{ MPa} \quad \text{Ec. (3.42)}$$

$$S_e = 0.92 * 0.82 * 0.89 * 1 * 0.58 * 1 * 197 \text{ MPa}$$

$$S_e = 76.7 \text{ MPa}$$

3.8.6. Criterio de Diseño de Goodman.

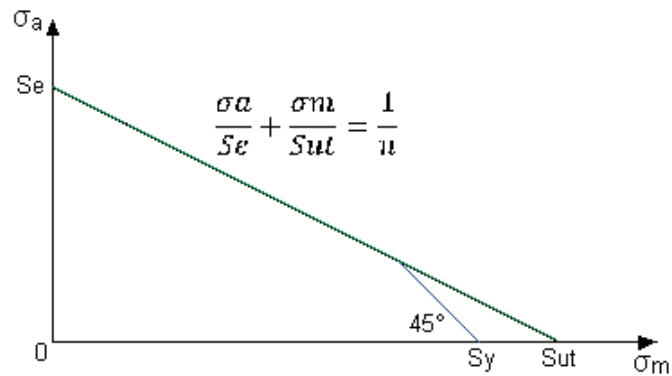


Figura 24. Diagrama de Goodman.

$$\frac{3.82}{76.7} + \frac{3.82}{395} = \frac{1}{n} \quad \text{Ec. (3.43)}$$

$$n = 16.66 \quad \text{OK!!}$$

3.8.7. Análisis de Esfuerzos Mediante Software.

Se realizó el análisis de esfuerzos de tensión, desplazamiento y deformaciones unitarias; Mediante la utilización del software SolidWorks bajo la extensión del COSMOSWORKS. Los resultados obtenidos se indican en la siguiente figura.

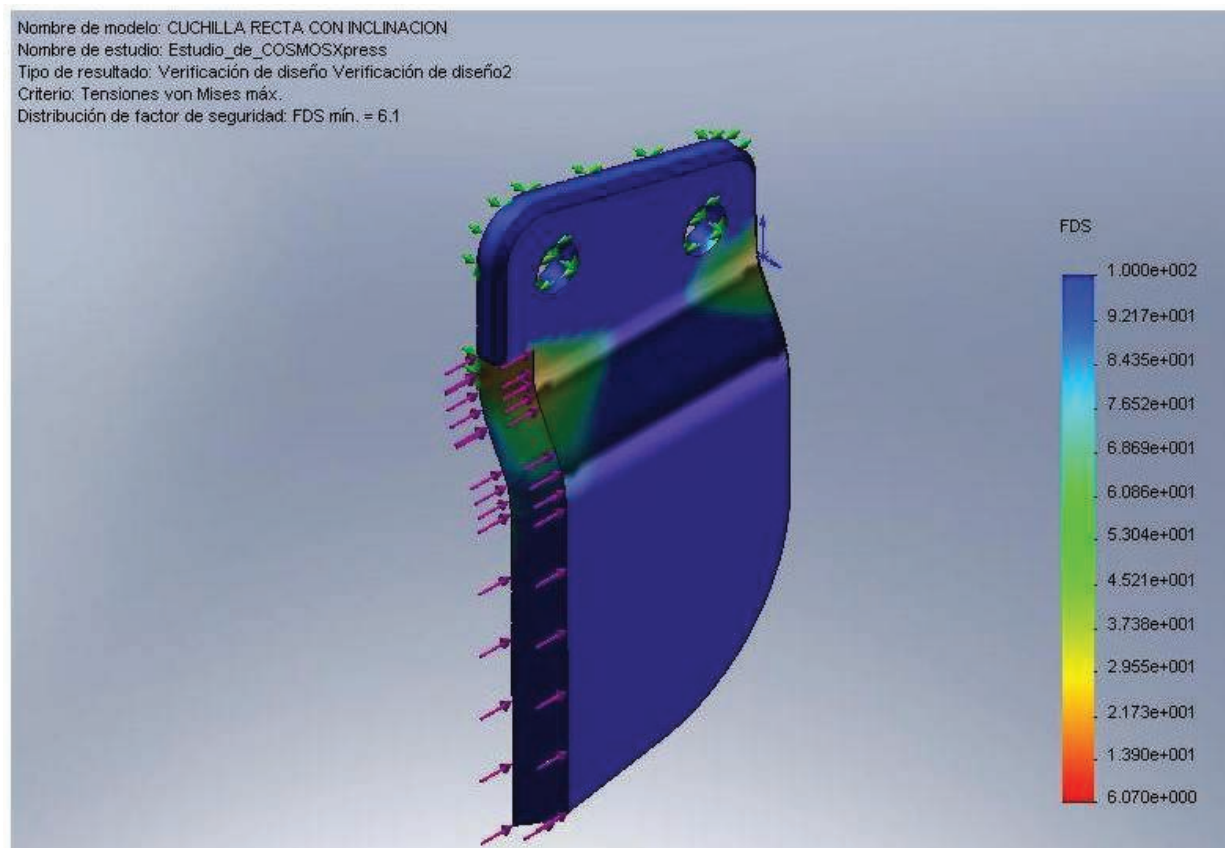


Figura 25. Simulación de Esfuerzos.

3.8.8. Conclusión.

En el cálculo realizado el factor de seguridad nos resulto elevado, pero este valor se justifica debido a que la herramienta estará sometida a la abrasión y el desgaste producidos por objetos extraños a la superficie de trabajo tales como: piedras, palos, entre otros.

3.9. SELECCIÓN DE LA TRANSMISIÓN.

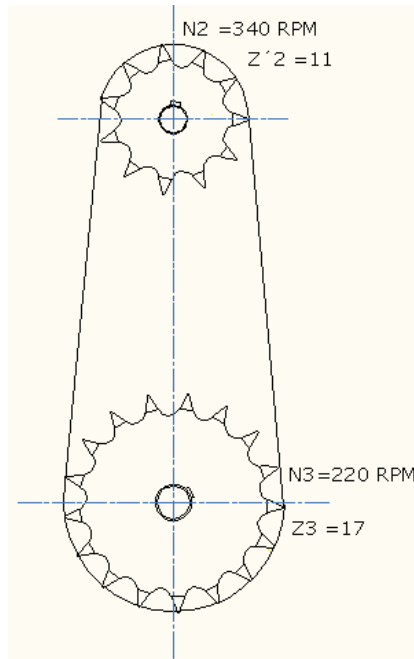


Figura26. Diagrama Cinemática de la Transmisión.

3.9.1. Potencia Corregida.

$$DHP = HP * SF \quad \text{Ec. (3.44)}$$

Donde:

HP: Potencia.

SF: Factor de servicio. ([14], pág. 6)

Datos:

HP = 23 Hp

SF = 1.3 Recomendado.

$$DHP = 23 * 1.3 = 30 \text{ Hp}$$

3.9.2. Determinación del Número de Cadena y Tamaño de la Catalina Motriz.

Con la potencia corregida (DHP) y las rpm de la catalina motriz (N1), determinamos el número de la cadena, el tamaño de la catalina motriz, el tipo de lubricación que se debe emplear y también el máximo diámetro del agujero (con chavetero) que se puede tener en dicha catalina ([14], pág. A-41).

- Se requiere una cadena AISI 100 de 1^{1/4} inch Pitch.
- Número de Hileras = 1.
- Catalina Conductora N° 100A11, ([14], pág. 393).
- Número de dientes (Z) = 11.
- Diámetro máximo del agujero = 3 inch.
- Tipo B de lubricación: por baño o inmersión de aceite.
- Lubricante recomendado: SAE 40 a 38 °C. ([14], pág. 10).

3.9.3. Relación de Transmisión.

$$K = \frac{N1}{N2} = \frac{Z2}{Z1} \quad \text{Ec. (3.45)}$$

Donde:

N1: RPM de la catalina conductora.

N2: RPM de la catalina conducida.

Z1: Número de dientes de la rueda conductora.

Z2: Número de dientes de la rueda conducida.

$K \leq 6$ para mayor duración de la cadena.

$$K = \frac{17}{11} = 1.55, \text{ OK!}$$

$$N1 = K * N2 = 1.55 * 220 = 340 \text{ RPM}$$

3.9.4. Determinación de los Parámetros de la Catalina Conducida.

Con el número de dientes de la catalina motriz y la relación de transmisión K, determinamos los parámetros mencionados. ([14], pág. A-42).

- Número de dientes de la catalina conducida: 17
- Distancia entre centros: 7.9 pasos.
- Longitud de la cadena: 30 pasos.
- Catalina Conducida N° 100A17, ([14], pág. 393).

3.9.5. Capacidad de Potencia Transmisibile (Pb).

Con el número de dientes de la catalina motriz (Z1) y sus RPM (N2), se encuentra la prestación de potencia transmisibile. ([14], pág. A-49).

- Potencia transmisibile (Pb) = 20 Hp.

3.9.6. Número de Cordones.

$$N^{\circ} \text{ de cordones} = \frac{DHP}{Pb} \quad \text{Ec. (3.46)}$$

$$N^{\circ} \text{ de cordones} = \frac{30}{20} = 1.5$$

$$N^{\circ} \text{ de cordones} = 1 \quad \text{OK!}$$

3.9.7. Conclusión.

El recálculo del sistema de transmisión del rotavator con la cuchilla recta resulto similar al original por lo que la máquina trabajaría sin inconveniente bajo las mismas condiciones de trabajo.

3.10. DISEÑO DEL EJE DEL ROTAVATOR.

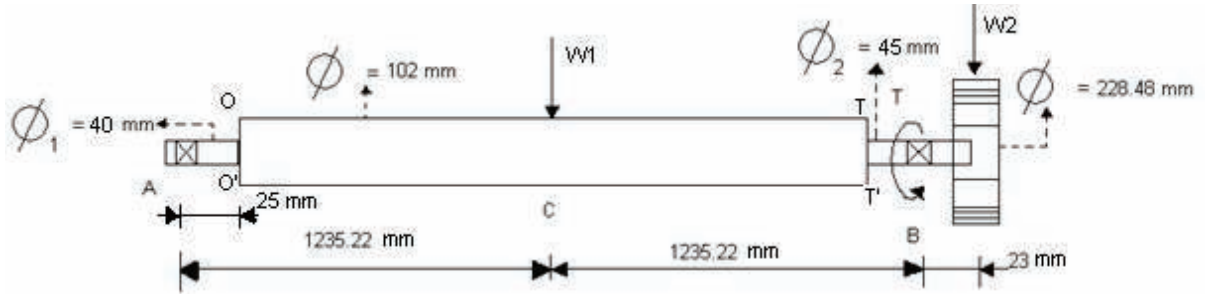


Figura 27. Diagrama de Fuerzas en el Eje del Rotavator.

Datos:

$$T = 744.8 \text{ N-m.}$$

$$W_1 = 735 \text{ N}$$

$$W_2 = 14.7 \text{ N}$$

Material = Acero AISI 1050

$$S_{ut} = 690 \text{ MPa, } S_y = 530 \text{ MPa}$$

3.10.1. Momentos Generados.

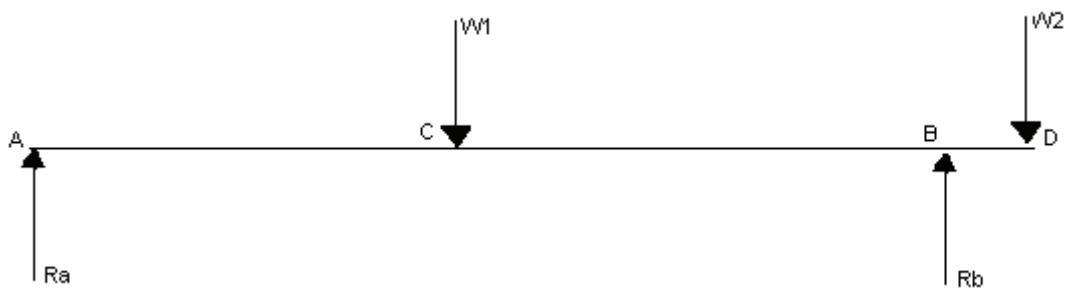


Figura 28. Momento Flector Plano x - y.

$$\sum M_A + \curvearrowright = 0$$

$$-(735 * 1.235) + (R_B * 2.47) + (14.7 * 2.49) = 0$$

$$R_B = \frac{(735 * 1.235) - (14.7 * 2.49)}{2.47} \rightarrow R_B = 382N$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - 735 + 382 - 14.7 = 0 \rightarrow R_A = 367N$$

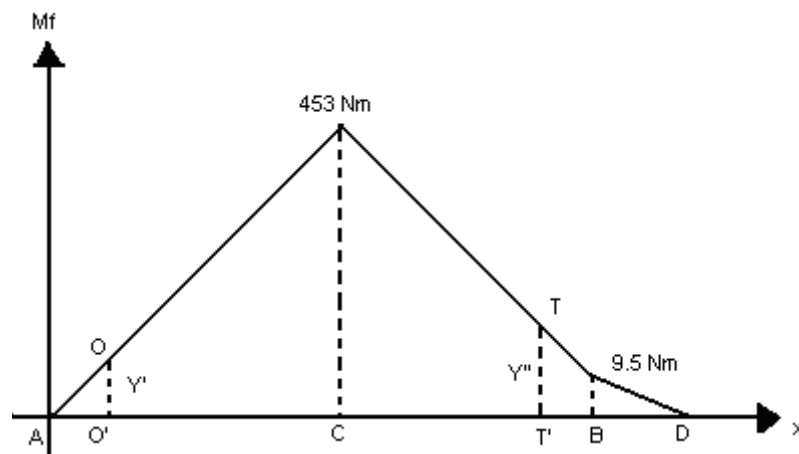


Figura 29. Diagrama de Momento Flector.

Para encontrar Y' y Y'' utilizamos la semejanza de triángulos:

$$\Delta AOO'$$

$$\frac{Y'}{453} = \frac{0.025}{1.235} \rightarrow Y' = \sigma_{max} = 9 Nm$$

$\Delta ATT'$

$$\frac{Y''}{474} = \frac{0.025}{1.235} \rightarrow Y'' = 8.9 \text{ Nm}$$

$$Y''_{\text{Total}} = \sigma_{\text{max}} = 8.9 + 9.5 = 18.4 \text{ Nm}$$

3.10.2. Esfuerzos en la Sección OO'.

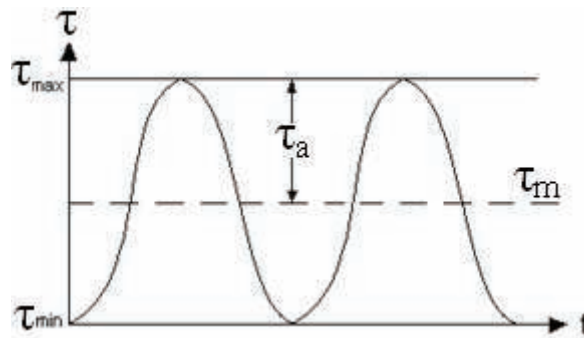


Figura 30. Diagrama Esfuerzo Fluctuante τ vs t .

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{\max} + \tau_{\min}}{2} = \frac{\tau_{\max} + 0}{2} = \frac{16 * T}{2\pi(d)^3} \quad \text{Ec. (3.47)}$$

Donde:

τ_a = Esfuerzo amplitud debido a la torsión [MPa].

τ_m = Esfuerzo medio debido a la torsión [MPa].

T = Torque [N-m].

d = Diámetro del eje [m].

$$\tau_a = \tau_m = \frac{16 * \tau}{\pi(d)^3} = \frac{16 * 744.8 \text{ N} - \text{m}}{2\pi(0.04)^3} = 29.6 \text{ MPa}$$

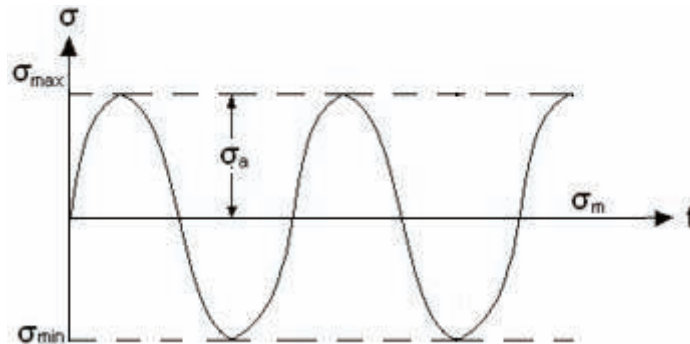


Figura 31. Diagrama Esfuerzo Fluctuante σ vs t .

$$\sigma_a = \frac{32 * Mf_{max}}{\pi(d)^3} \quad \sigma_m = 0 \quad \text{Ec. (3.48)}$$

Donde:

σ_a = Esfuerzo amplitud debido a la flexión [MPa].

Mf_{max} = Memento flector máximo [N-m].

d = Diámetro del eje [m].

$$\sigma_a = \frac{32 * Mf_{max}}{\pi(d)^3} = \frac{32 * 9 \text{ N} - \text{m}}{\pi(0.04)^3} = 1.4 \text{ MPa}$$

3.10.3. Límite de Fatiga en la Sección OO'.

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_g * S'_e$$

Donde:

Ka: Factor de acabado a la superficie ([13], pág. 274).

Kb: Factor de tamaño ([13], pág. 275).

Kc: Factor de confiabilidad ([13], pág. 275).

Kd: Factor de temperatura ([13], pág. 276).

Ke: Factor de concentración de esfuerzos ([13], pág. 271).

Kg: Factor efectos varios ([13], pág. 276).

S'_e : Resistencia a la fatiga ([13], pág. 268).

$$Ka = eSut^f$$

Donde:

e y f: Coeficientes. ([13], pág. 274).

Sut: Resistencia a la rotura. ([13], pág. 899).

$$Sut = 690 \text{ MPa}, \quad \text{para acero AISI 1060}$$

$$Ka = eSut^f = 4.51 * 690^{-0.265} = 0.8$$

$$Kb = 1.189d^{-0.112}$$

$$Kb = 1.189 * 40^{-0.112} = 0.8$$

$K_c = 0.89 \rightarrow$ Para una confiabilidad del 90 %

$k_d = 1 \rightarrow$ recomendado

$$K_e = \frac{1}{K_f}$$

Donde:

K_f : Factor de sensibilidad a la muesca. ([13], pág. 271).

$$K_f = q(k_t - 1) + 1$$

$$K_f = 0.85(1.5 - 1) + 1 = 1.425$$

$$K_e = \frac{1}{1.425} = 0.7$$

$k_g = 1 \rightarrow$ recomendado

$$S'_e = 0.5 * S_{ut} = 0.5 * 690 \approx 345 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.8 * 0.8 * 0.89 * 1 * 0.7 * 1 * 345 \text{ MPa}$$

$$S_e = 137.56 \text{ MPa}$$

3.10.4. Esfuerzos Equivalentes.

$$\sigma_{eq,a} = \sqrt{(\sigma_a)^2 + 3(\tau_a)^2} = \sqrt{(1.4)^2 + 3(29.6)^2} = 51.28 \text{ MPa} \quad \text{Ec. (3.49)}$$

$$\sigma_{eq,m} = \sqrt{(\sigma_m)^2 + 3(\tau_m)^2} = \sqrt{3(29.6)^2} = 51.26 \text{ MPa}$$

3.10.5. Criterio de Diseño de Goodman:

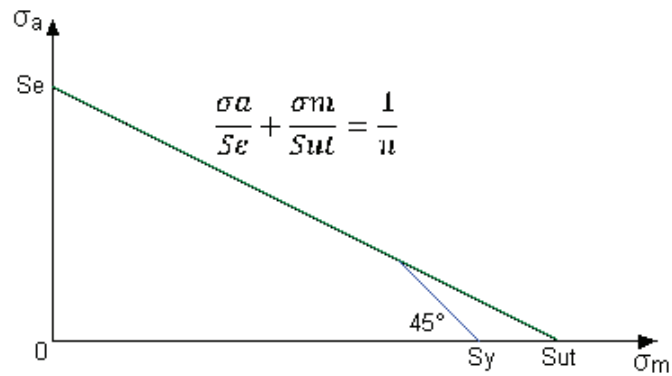


Figura 32. Diagrama de Goodman.

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{51.28}{137.56} + \frac{51.26}{690} = \frac{1}{n}$$

$$\underline{n = 2.2 \text{ OK!!}}$$

3.10.6. Análisis a Fatiga en la Sección TT'.

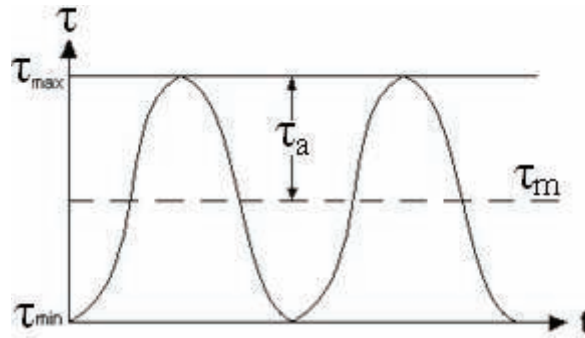


Figura 33. Diagrama Esfuerzo Fluctuante τ vs t .

$$\tau_a = \tau_m = \frac{16 * \tau_a}{\pi(d)^3} = \frac{16 * 372.4 \text{ MPa}}{\pi(0.045)^3} = 20.81 \text{ MPa}$$

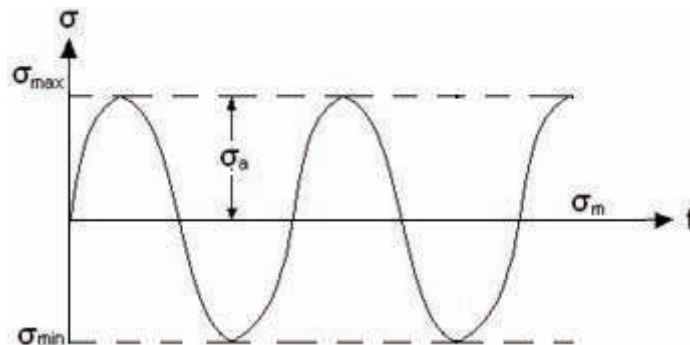


Figura 34. Diagrama Esfuerzo Fluctuante σ vs t .

$$\sigma_a = \frac{32 * \sigma_a}{\pi(d)^3} = \frac{32 * 18.4 \text{ MPa}}{\pi(0.045)^3} = 2.06 \text{ MPa} \quad \sigma_m = 0$$

3.10.7. Límite de Fatiga en la Sección TT'.

$$S_e = K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_g * S'_e$$

$$K_a = eS_{ut}^f$$

$S_{ut} = 690 \text{ MPa}$, para acero AISI 1050

$$K_a = eS_{ut}^f = 4.51 * 690^{-0.265} = 0.8$$

$$K_b = 1.189d^{-0.112}$$

$$K_b = 1.189 * 45^{-0.112} = 0.77$$

$K_c = 0.89 \rightarrow$ Para una confiabilidad del 90 %

$k_d = 1 \rightarrow$ recomendado

$$K_e = \frac{1}{K_f} ; K_f = q(k_t - 1) + 1$$

$$K_f = 0.85(1.5 - 1) + 1 = 1.425$$

$$K_e = \frac{1}{1.425} = 0.7$$

$k_g = 1 \rightarrow$ recomendado

$$S'_e = 0.5 * S_{ut} = 0.5 * 690 \approx 345 \text{ MPa}$$

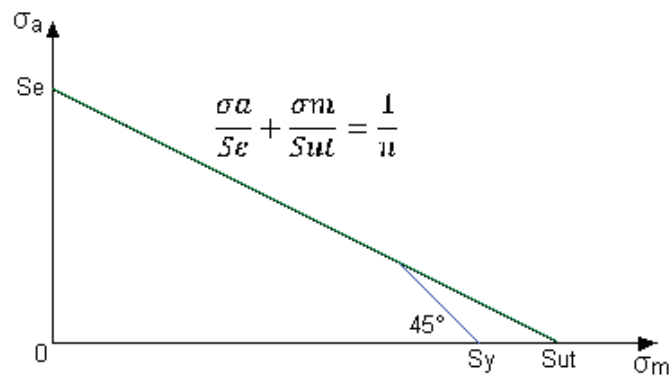
$$S_e = 0.8 * 0.77 * 0.89 * 1 * 0.7 * 1 * 345 \text{ MPa} = 132.4 \text{ MPa}$$

3.10.8. Esfuerzos Equivalentes.

$$\sigma_{eq.a} = \sqrt{(\sigma_a)^2 + 3(\tau_a)^2} = \sqrt{(2.06)^2 + 3(20.81)^2} = 36.1 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{eq.m} = \sqrt{(\sigma_m)^2 + 3(\tau_m)^2} = \sqrt{3(20.81)^2} = 36.04 \text{ MPa}$$

3.10.9. Criterio de Diseño de Goodman:



$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

$$\frac{36.1}{132.4} + \frac{36.04}{690} = \frac{1}{n}$$

$$\underline{n = 3.0 \text{ OK!!}}$$

Los resultados obtenidos en el cálculo son satisfactorios puesto que el factor de seguridad es aceptable por lo tanto las dimensiones del eje se mantienen.

3.11. SELECCIÓN DE RODAMIENTOS.

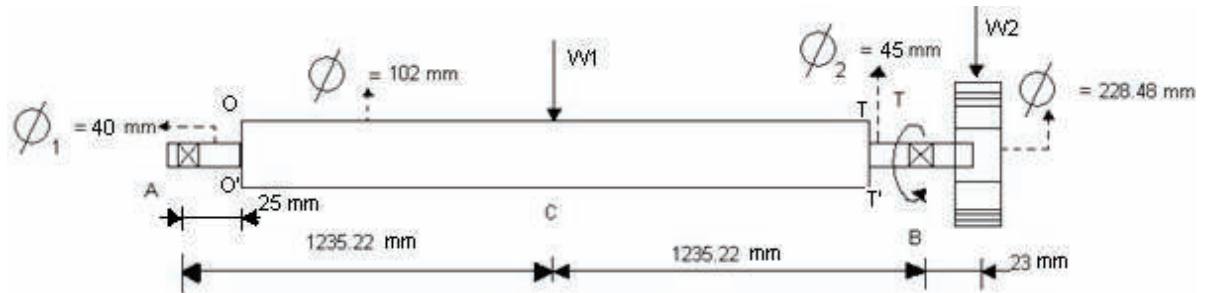


Figura 35. Diagrama de Fuerzas en el Eje del Rotavator.

$$P = T * W \quad \text{Ec. (3.50)}$$

$$T = F_t * r \quad \text{Ec. (3.51)}$$

Donde:

W1 = Peso del eje en Newton.

W2 = Peso de la catalina en Newton.

P = Potencia requerida para que se requiere para que trabaje la máquina en [HP].

N = Revoluciones a la cual trabaja la máquina [RPM].

Ft = Fuerza tangencial en Newton.

Datos:

W1 = 75 Kg. = 735 N.

W2 = 1.5 Kg. = 14.7 N.

P = 23 HP.

N = 220 rpm.

$$T = \frac{P}{W} = \frac{23 \text{ HP} * 76.04 \text{ kg} - \text{m} * \text{min} * 1 \text{ rev} * 60 \text{ seg}}{1 \text{ HP} * \text{seg} * 220 \text{ rev} * 2\pi \text{ rad} * 1 \text{ min}} = 75.91 \text{ kg} - \text{m}.$$

$$T = F_t * r \quad \rightarrow \quad F_t = \frac{75.91 \text{ kg} - \text{m} * 9.81 \text{ N}}{1 \text{ kgf} * 0.11 \text{ m}} = 6.77 \text{ kN}$$

3.11.1. Momentos Generados.

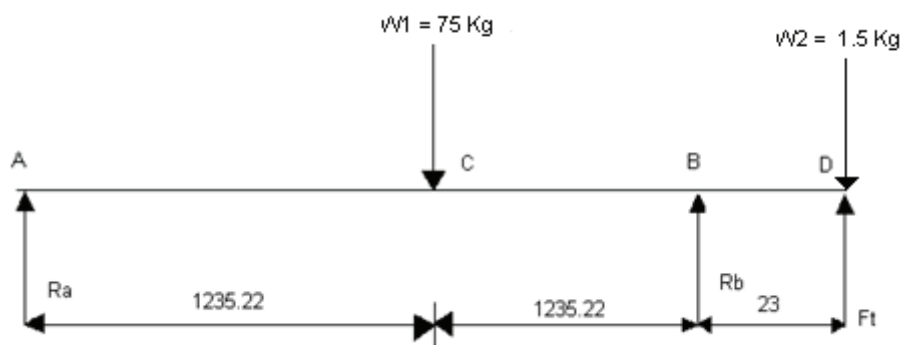


Figura 36. Momento Flector Plano x - y.

$$\sum M_A + \curvearrowright = 0$$

$$-(0.735 * 1.235) + (R_B * 2.47) + (6.77 * 2.49) - (0.014 * 2.49) = 0$$

$$R_B = \frac{(0.735 * 1.235) - (6.77 * 2.49) + (0.014 * 2.49)}{2.47} = -6.44 \text{ kN} = 6.44 \text{ kN} \downarrow$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - 0.735 - 6.44 + 6.77 - 0.014 = 0$$

$$R_A = 0.42 \text{ kN}$$

3.11.2. Solicitado Dinámicamente.

$$P = XF_r + YF_a \quad \text{Ec. (3.52)}$$

Donde:

P = Carga dinámica equivalente.

X = Factor radial = 1, recomendado ([15], pág. 5).

F_r = Carga radial (KN).

Y = Factor axial.

F_a = Carga axial (KN).

$$F_a = 0 \quad ; \quad X = 1$$

$$P = XF_a = 0 \quad \text{Ec. (3.53)}$$

➤ Para "A".

$$F_r = R_A = 0.42 \text{ kN}$$

$$P = 1 * 0.42 = 0.42 \text{ kN}$$

➤ Para "B".

$$F_r = R_B = 6.44 \text{ kN}$$

$$P = 1 * 6.44 = 6.44 \text{ kN}$$

Para las cargas que tenemos en el eje vamos a seleccionar los rodamientos rígidos de bolas.

➤ Para “A”.

$$C = \frac{f_l}{f_n} * P \quad \text{Ec. (3.54)}$$

Donde:

C = Capacidad de carga dinámica ([15], pág. 5).

f_l = Factor de esfuerzos dinámicos ([15], pág. 5).

f_n = Factor de velocidad ([15], pág. 5).

P = Carga dinámica equivalente ([15], pág. 5).

Tomamos los valores según las tablas de los rodamientos de la FAG. ([15], pág.12).

$f_l = 2.71$ para una duración de 10000 horas.

$f_n = 0.533$ para 220 revoluciones por minuto.

$$C = \frac{2.71}{0.533} * 0.42 \text{ kN} = 2.14 \text{ kN}$$

➤ Para “B”.

$$C = \frac{f_l}{f_n} * P$$

Donde:

C = Capacidad de carga dinámica ([15], pág. 5).

f_l = Factor de esfuerzos dinámicos ([15], pág. 5).

f_n = Factor de velocidad ([15], pág. 5).

P = Carga dinámica equivalente ([15], pág.5).

Tomamos los valores según las tablas de los rodamientos de la FAG ([15], pág.12).

$f_l = 2.71$ para una duración de 10000 horas.

$f_n = 0.533$ para 220 revoluciones por minuto.

$$C = \frac{2.71}{0.533} * 6.44 \text{ kN} = 32.74 \text{ kN}$$

Ahora verificamos si los rodamientos seleccionados cumplen satisfactoriamente las siguientes condiciones.

➤ Para “A”.

Para un diámetro de 40 mm tenemos las siguientes cargas dinámica disponible (C_D) y estática (C_o) ([15], pág. 63).

$$C_D = 4.15 \text{ kN} \quad ; \quad C_o = 3.6 \text{ kN} \quad ; \quad C_R = 2.14 \text{ kN}$$

$$C_D > C_R$$

$$4.15 > 2.14 \text{ OK!!}$$

Por lo tanto seleccionamos: **FAG Serie: 61808**

➤ Para “B”.

Para un diámetro de 45 mm tenemos las siguientes cargas dinámica disponible (C_D) y estática (C_o) ([15], pág. 64).

$$C_D = 40.5 \text{ kN} \quad ; \quad C_o = 30 \text{ kN} \quad ; \quad C_R = 32.74 \text{ kN}$$

$$C_D > C_R$$

$$40.5 > 32.74 \text{ OK!!}$$

Por lo tanto seleccionamos: **FAG Serie: 6309**

3.11.3. Chequeo Estático.

➤ Para “A”.

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

Donde:

P_o = Carga estática equivalente.

X_o = Factor radial = 1, recomendado ([15], pág. 5).

F_r = Carga radial (KN).

Y_o = Factor axial.

F_a = Carga axial (KN).

$$F_a = 0 \quad ; \quad X_o = 1$$

$$F_r = R_A = 0.42 \text{ kN}$$

$$P_o = X_o F_r = 1 * 0.42 = 0.42 \text{ kN}$$

Verificamos la condición estática ([15], pág. 5).

$$f_s = 1.2 \text{ exigencia normal}$$

$$C_{oD} = 6.95 \text{ kN}$$

$$C_{oR} = f_s * P_o = 1.2 * 0.42 \text{ kN} = 0.50 \text{ kN} \quad \text{Ec. (3.55)}$$

$$C_{oD} \gg C_{oR}$$

$$3.6 \text{ kN} \gg 0.50 \text{ kN} \quad \text{OK!!}$$

➤ Para "B".

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

Donde:

Po = Carga estática equivalente.

Xo = Factor radial = 1, recomendado ([15], pág. 5).

Fr = Carga radial (KN).

Yo = Factor axial.

Fa = Carga axial (KN).

$$F_a = 0 \quad ; \quad X_o = 1$$

$$F_r = R_B = 6.44 \text{ kN}$$

$$P_o = X_o F_r = 1 * 6.44 = 6.44 \text{ kN}$$

Verificamos la condición estática ([15], pág. 5).

$$f_s = 1.2 \text{ exigencia normal}$$

$$C_{oD} = 30 \text{ kN}$$

$$C_{oR} = f_s * P_o = 1.2 * 6.44 \text{ kN} = 7.73 \text{ kN}$$

$$C_{oD} \gg C_{oR}$$

$$30 \text{ kN} \gg 7.73 \text{ kN} \text{ OK!!}$$

3.11.4. Conclusión.

Los rodamientos seleccionados satisfacen los requerimientos de la máquina, demostrados en el cálculo anterior.

3.12. CÁLCULO DE DOSIFICACIÓN.

La cantidad de semilla dosificada en una vuelta del cilindro depende del volumen útil de los canales; este, a su vez, depende de su sección transversal y de la longitud de la generatriz en contacto con la semilla. Esta última variable es la que se modifica para variar la dosis.

En las sembradoras de rodillo acanalado, el diámetro exterior varía entre 40 y 50 mm, mientras que el radio de las canaladuras oscila entre 5 y 8 mm. La longitud activa máxima alcanza los 35 o 45 mm [16].

La cantidad de semilla distribuida por rodillo en la unidad de tiempo es:

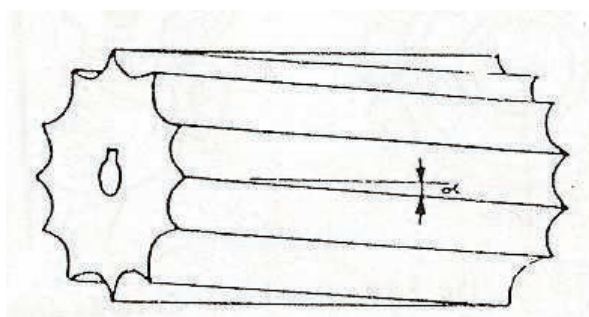


Figura 37. Rodillo Acanalado.

$$Q = \delta * V * n_r * \eta_v \quad \left[\frac{g}{min} \right] \quad \text{Ec. (3.56)}$$

Donde:

δ = Densidad de semilla [g/cm³].

V = Volumen de los alveolos del rodillo [cm³/rev].

n_r = Velocidad de rotación del rodillo. Valor oscila entre (30-50) [rev/min], ([16], pág. 287).

η_v = Coeficiente de llenado que varía entre 0.6 – 0.85, ([16], pág. 287).

Datos:

$$\delta = 0.45 \text{ [g/cm}^3\text{]}.$$

$$V = 17.67 \text{ cm}^3/\text{rev}.$$

$$n_r = 45 \text{ rev/min}.$$

$$\eta_v = 0.75.$$

$$Q = \frac{0.45g}{\text{cm}^3} * \frac{17.67\text{cm}^3}{\text{rev}} * \frac{45\text{rev}}{\text{min}} * 0.75 = 268.36 \frac{g}{\text{min}}$$

Dosis distribuida por hectárea:

$$D = \frac{0.6 * Q * Z_0}{A * v} \quad \left[\frac{Kg}{Ha} \right] \quad \text{Ec. (3.57)}$$

Donde:

Q = Cantidad de semilla distribuida por rodillo [Kg/Hr].

Z_0 = Número de dosificadores de la máquina.

v = Velocidad de trabajo [m/Hr].

A = Anchura de trabajo [m].

Datos:

$$Q = 16.1 \text{ Kg/Hr.}$$

$$Z_0 = 13.$$

$$v = 6984 \text{ m/Hr.}$$

$$A = 2.03 \text{ m.}$$

$$D = \frac{0.6 * 16.1 * 13}{2.03 * 6984} * 10000 = 88.58 \frac{Kg}{Ha}$$

El resultado obtenido en el cálculo anterior es satisfactorio, ya que se aproxima a los parámetros recomendados en tablas del manual del INIAP. Anexo I.

3.13. CALIBRACIÓN DEL SISTEMA DOSIFICADOR.

Para una mejor comprensión del procedimiento que se sigue para la calibración de la sembradora, se desarrollaran los siguientes pasos y el cálculo tipo.

1^{er}. Paso: Verifique la relación de piñones.

2^{do}. Paso: Coloque suficiente semilla sobre la tolva, de tal manera que abarque todos los conductos.

3^{er}. Paso: Bloquee la máquina en tal forma que pueda hacer girar la rueda motriz libremente con la mano.

4^{to}. Paso: Haga girar la rueda algunas vueltas hasta que empiece a salir semilla por el ducto de descarga, es decir hasta que todo el sistema este completo con semilla, a fin de evitar errores con los cálculos.

5^{to}. Paso: A partir de este momento recoja toda la semilla que descargue cada chorro durante 10 vueltas de la rueda. Se seleccionan 10 vueltas para hacer los cálculos más exactos y facilitar las operaciones. En nuestro caso se peso y resultado: 31.1 gramos por ducto.

6^{to}. Paso: En este paso se calcula el área de descarga como si la máquina hubiera recorrido 10 vueltas.

(13ductos x 15 cm entre ductos) x 10 vueltas x perímetro de la rueda (diámetro x π).

$$13 \times 15 \times 10 \times 53 \times 3.14 = 324519 \text{ cm}^2$$

$$\text{Área de descarga en 10 vueltas} = 32.45 \text{ m}^2$$

7^{mo}. Paso: Calcular la descarga en kilogramos en esa área de 32.45 m². Si un ducto bota 0.0311 Kg (31.1 g), en las 10 vueltas, al multiplicar por el número total de ductos (13), arroja la cantidad de semilla en estas 10 vueltas.

$$0.0311 \text{ Kg} \times 13 \text{ ductos} = 0.40 \text{ Kg.}$$

8^{avo}. Paso: Se averigua la cantidad de semilla en Kg/Ha, así:

Si en 32.45 m² bota 0.40 Kg, ¿Cuánto botaría en 10000 m² (superficie de una hectárea)?.

$$x = \frac{10000m^2 * 0.40Kg}{32.45m^2} = 123.26 Kg/Ha$$

Dependiendo de la densidad de siembra que se requiera para un área determinada es conveniente aumentar o reducir las revoluciones por minuto del eje del piñón de descarga o en caso contrario abrir o cerrar más las compuertas de salida de la semilla. Esto se realiza por el sistema de ensayo y error hasta obtener la densidad deseada [16].

CAPÍTULO IV

PRUEBAS DE CAMPO Y RESULTADOS

4.1. MATERIALES Y MÉTODOS.

- Terreno.
- Tractor de 100 HP.
- Sembradora y Rotavator Howard 445.
- Cuchillas rectas “I”.
- Cuchillas en “L”.
- Dos llaves de corona de $\frac{3}{4}$ de pulgada.
- Un quintal de semilla de Pasto.
- Cinta métrica.
- Filmadora.
- Penetrómetro de cono.
- Lupa.
- Piolas.
- Estacas.

4.2. FACTORES EN ESTUDIO.

4.2.1. Tipos de Cuchillas (A).

- A1 = Cuchilla en forma de “L”.
- A2 = Cuchilla en forma recta “I”.

4.2.2. Profundidad de Siembra (B).

- B1 = Profundidad a valores de 2 cm. bajo el suelo.
- B2 = Profundidad a valores de 4 cm. bajo el suelo.
- B3 = Profundidad a valores de 6 cm. bajo el suelo.

4.2.3. Porcentaje (%) Cubrimiento de Semilla.

Se realizara mediante observación y toma de datos.

4.2.4. Eficiencia o Rendimiento de la Máquina Expresada en Ha/hr.

Se efectuara mediante el tiempo requerido para cubrir una distancia determinada de siembra.

4.3. UNIDAD EXPERIMENTAL.

Estará constituida por una parcela de terreno con un área estimada de: 7 m. ancho por 11 m. de longitud, que equivale a 77 m^2 y la parcela neta de siembra será de 6 m. x 10 m. que nos da un área de: 60 m^2 .

4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

4.4.1. Diseño Experimental.

Se implementara un Diseño de Bloques Completos al Azar con un arreglo de Parcelas Divididas 2 x 3 como se indica en la siguiente tabla [17].

Tabla IX. Bloques Completos al Azar con Arreglo de Parcelas Divididas.

BLOQUE I					
Cuchilla en Forma de "L" (A 1)			Cuchilla en Forma recta "I" (A 2)		
B 1	B 2	B 3	B 2	B 3	B 1
BLOQUE II					
Cuchilla en forma recta "I" (A 2)			Cuchilla en forma de "L" (A 1)		
B 3	B 2	B 1	B 1	B 3	B 2
BLOQUE III					
Cuchilla en Forma de "L" (A 1)			Cuchilla en Forma recta "I" (A 2)		
B 2	B 1	B 3	B 3	B 1	B 2

4.4.2. Número de Repeticiones.

Se realizaran tres repeticiones, expresadas en bloques aleatorios.

4.4.3. Características de la Unidad Experimental.

- Número de hileras: 3
- Número de semillas por hilera: 3960 semillas.
- Área Subparcela: 20 m².
- Área Parcela: 60 m².

4.4.4. Esquema de ADEVA.

El análisis de la varianza (ADEVA), para las variables del experimento se presenta en la siguiente tabla [17].

Tabla X. Esquema del ADEVA.

FUENTES DE VARAIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Total	17
Tratamientos	5
Tipos de Cuchillas (A)	1
Profundidad de siembra (B)	2
A vs B	2
Error	12

4.4.5. Análisis Funcional.

El análisis funcional se realizara si en las fuentes de variabilidad se detectan diferencias estadísticas significativas o altamente significativas.

Así para las profundidades, tipos de cuchillas y las interacciones se utilizara la prueba de Tukey 5% [17].

4.5. CARACTERÍSTICAS DE LAS PRUEBAS.

4.5.1. Ubicación.

Provincia: Chimborazo.

Cantón: Riobamba.

Sitio: Instalaciones de la ESPOCH.

Altitud: 2820 m.s.n.m. ([18], pág. 6).

Latitud: 1° 38' S. ([18], pág. 6).

Longitud: 78° 40' O. ([18], pág. 6).

4.5.2. Características Climáticas de la Zona.

Se tomaron datos de los registros de la Estación Meteorológica de la Facultad de Ingeniería Agronómica:

Precipitación media anual: 142.1 mm.

Temperatura media anual: 13.03 °C.

Humedad relativa: 64.13 %.

Heliofanía anual 2036.4 horas.

4.5.3. Características Edafológicas.

Según los análisis realizados en el departamento de suelos de la ESPOCH fueron los siguientes:

Textura: Franco Arenoso.

Estructura: Suelta

PH: 7.07 Neutro.

Materia Orgánica: 2.2% Bajo.

Porosidad: Alto contenido de Macroporo.

Consistencia: No plástico no adherente.

Estabilidad Estructural: Alta.

4.6. MANEJO DEL EXPERIMENTO DE CAMPO.

4.6.1. Análisis del Suelo.

Se verificara la estructura e índice de cono del mismo.

4.6.2. Preparación del Terreno.

Se inspeccionara el terreno, que esté libre de troncos y piedras que dificulte la correcta operación de la máquina de labranza mínima, ya que ésta lo realiza en una sola pasada.

4.6.3. Delimitación y Trazado de Repeticiones y Unidades Experimentales.

Con la ayuda de piolas y estacas, se trazaran los recuadros de las parcelas y subparcelas donde serán ubicadas las unidades experimentales.

4.6.4. Toma de Datos.

La toma de datos se realizara en el mismo momento de la prueba.

4.7. VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN.

4.7.1. Porcentaje de Cubrimiento de la Semilla.

Se evaluó mediante observación la semilla no cubierta en un área de un metro cuadrado, utilizando una lupa para tener más precisión al identificar el grano, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla XI. Esquema de la Cantidad de Semilla no Cubierta.

TRATAMIENTOS		BLOQUES		
Tipo de Cuchilla	Profundidad de Siembra (cm)	I (unidad)	II (unidad)	III (unidad)
"L"	2	12,00	15,00	11,00
	4	11,00	13,00	11,00
	6	9,00	12,00	10,00
"I"	2	10,00	11,00	10,00
	4	11,00	9,00	8,00
	6	8,00	10,00	9,00

4.7.1.1. Cálculo Tipo del Porcentaje de Cubrimiento de Semilla.

En una distancia de 1 m. de ancho de terreno tenemos seis tubos conductores de semilla los cuales depositan un promedio de 54 semillas cada uno, que multiplicados por la distancia que recorre la rueda motriz en una revolución nos da un total de 324 semillas.

$$324 \text{ semillas} \rightarrow 1.66 \text{ m}^2$$

$$x \rightarrow 1 \text{ m}^2$$

$$x = 195 \text{ granos en un m}^2$$

Para saber el porcentaje total de semillas cubiertas en la subparcela de 20 m² realizamos la siguiente regla de tres.

$$195 \text{ semillas} \rightarrow 1 \text{ m}^2$$

$$x \rightarrow 20 \text{ m}^2$$

$$x = 3900 \text{ granos en veinte m}^2$$

Según lo observado en las pruebas tenemos que en la subparcela de 20 m^2 . Sembrada a 2 cm. de profundidad con la cuchilla en "L", contamos 12 semillas sin cubrir.

$$1\text{ m}^2 \rightarrow 12\text{ semillas}$$

$$20\text{ m}^2 \rightarrow x$$

$$x = 240\text{ semillas sin cubrir en una subparcela.}$$

Entonces el valor de x representado en % será:

$$3900\text{ semillas} \rightarrow 100\%$$

$$240\text{ semillas} \rightarrow x$$

$$x = 6.15\% \text{ de semillas sin cubrir.}$$

Por lo tanto el porcentaje de cubrimiento será: 93.85 %.

En el siguiente esquema tabulamos los datos del porcentaje de cubrimiento.

Tabla XII. Esquema del Porcentaje (%) de Cubrimiento de la Semilla.

TRATAMIENTOS		BLOQUES			TRATAMIENTO	
Tipo de Cuchilla	Profundidad de Siembra (cm)	I (%)	II (%)	III (%)	Totales (Tt)	Medias (xt)
"L"	2	93,85	92,31	94,36	280,52	93,51
	4	94,36	93,33	94,36	282,05	94,02
	6	95,38	93,90	94,87	284,15	94,72
Totales de las Parcelas Principales (Tpp)		283,59	279,54	283,59	846,72	94,08
"I"	2	94,87	94,36	94,87	284,10	94,70
	4	94,36	95,38	95,89	285,63	95,21
	6	95,89	94,87	95,38	286,14	95,38
Totales de las Parcelas Principales (Tpp)		285,12	284,61	286,14	855,87	95,10
Totales del Bloque (Tb)		568,71	564,15	569,73	1702,59	94,59

4.7.2. Rendimiento.

Se evaluó el rendimiento en Ha/hrs. de siembra con la utilización de un cronometro se tomo el tiempo que tarda la máquina en recorrer 35 m y los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XIII. Esquema de Tiempos Empleados a Diferentes Profundidades de Trabajo.

TRATAMIENTOS		BLOQUES		
Tipo de Cuchilla	Profundidad de Siembra (cm)	I (minutos)	II (minutos)	III (minutos)
"L"	2	2,11	2,07	2,13
	4	2,18	2,41	2,35
	6	3,04	3,07	2,58
"I"	2	2,08	2,01	2,10
	4	2,25	2,36	2,31
	6	2,55	3,01	2,49

4.7.2.1. Cálculo Tipo del Rendimiento en Ha/hr.

Se considero una distancia de 35 metros de largo por 2 metros de ancho, para realizar la toma del tiempo que tardo en cubrir el área de 70 m^2 .

$$70 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad 2.11 \text{ min.}$$

$$10000 \text{ m}^2 \quad \rightarrow \quad x$$

$$x = 301.43 \text{ minutos en una hectarea.}$$

$x = 5.02$ horas en una hectarea.

$$\text{Rendimiento} = \frac{1\text{Ha}}{5.02\text{Hr}} = 0.2 \frac{\text{Ha}}{\text{Hr}} \quad \text{Ec. (4.1)}$$

En el siguiente esquema tabulamos los datos del rendimiento.

Tabla XIV. Esquema del Rendimiento en Ha/hrs.

TRATAMIENTOS		BLOQUES			TRATAMIENTO	
Tipo de Cuchilla	Profundidad de Siembra (cm)	I (Ha/Hr)	II (Ha/Hr)	III (Ha/Hr)	Totales (T _t)	Medias (x _t)
"L"	2	0,20	0,20	0,19	0,58	0,19
	4	0,19	0,17	0,17	0,53	0,18
	6	0,13	0,13	0,16	0,42	0,14
Totales de las Parcelas Principales (Tpp)		0,51	0,50	0,52	1,53	0,17
"I"	2	0,20	0,20	0,20	0,60	0,20
	4	0,18	0,17	0,18	0,53	0,18
	6	0,16	0,14	0,17	0,47	0,16
Totales de las Parcelas Principales (Tpp)		0,54	0,51	0,55	1,60	0,18
Totales del Bloque (Tb)		1,05	1,01	1,07	3,13	0,17

4.8. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

4.8.1. Porcentaje de Cubrimiento de Semilla con la Cuchilla en "L".

Con los resultados tabulados anteriormente obtenemos la gráfica del porcentaje de cubrimiento de semilla mostrado en la siguiente figura.

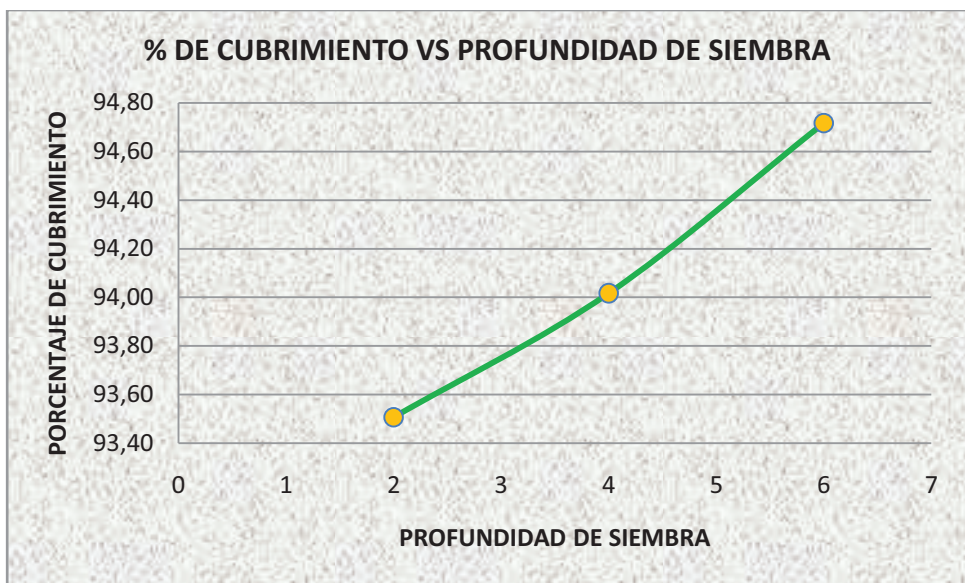


Figura 38. Gráfica: % de Cubrimiento vs Profundidad de Siembra con Cuchilla en “L”.

En la gráfica mostrada se puede ver que el porcentaje de cubrimiento de semilla se incrementa cuanto mayor sea la profundidad, lo cual no es beneficioso puesto que a mayor profundidad el grano tiende a ahogarse y no germinar adecuadamente.

4.8.2. Porcentaje de Cubrimiento de Semilla con la Cuchilla recta “I”.

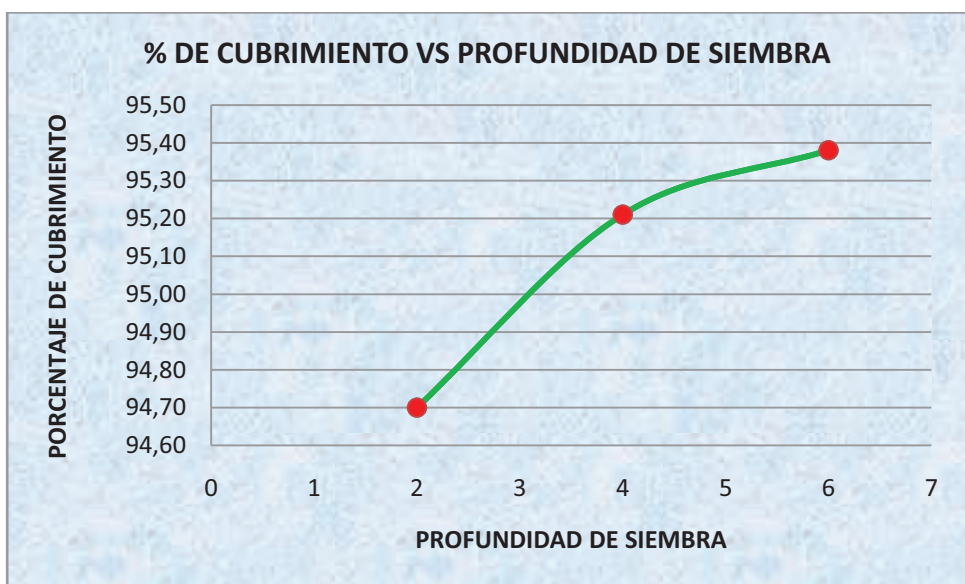


Figura 39. Gráfica: % de Cubrimiento vs Profundidad de Siembra con Cuchilla “I”.

En esta gráfica observamos que a mayor profundidad de labranza el porcentaje de cubrimiento de semilla no varía significativamente ya que la curva tiende a estabilizarse. Esto significa una gran ventaja, ya que los granos tienen mayor capacidad de germinación y menos probabilidad de ahogarse.

4.8.3. Rendimiento en Ha/hr de la Cuchilla en “L”.

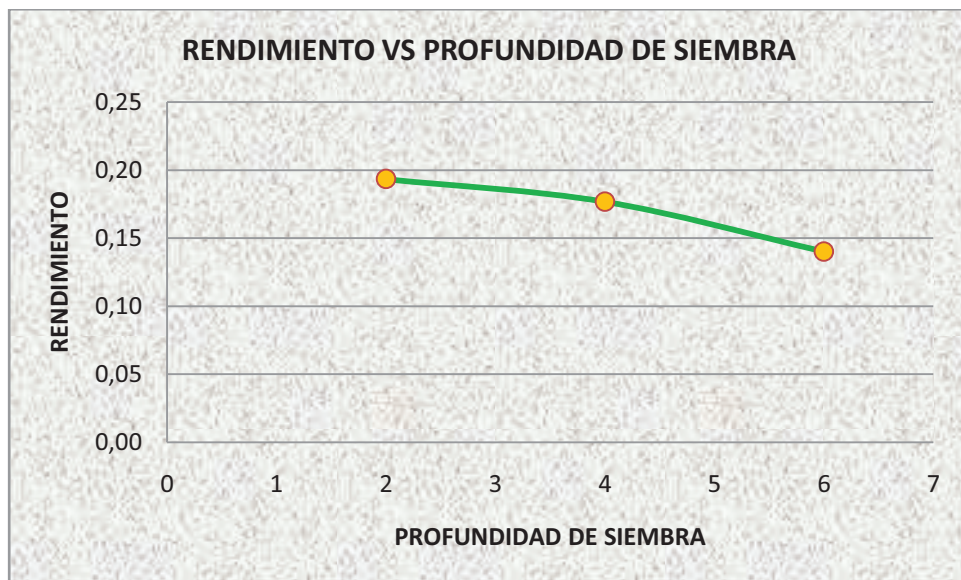


Figura 40. Gráfica: Rendimiento vs Profundidad de Siembra con Cuchilla en “L”.

La gráfica mostrada nos indica que el rendimiento tiende a caer progresivamente cuando la profundidad de siembra aumenta esto significa un aumento de tiempo en un área menor de trabajo.

4.8.4. Rendimiento en Ha/hr de la Cuchilla Recta “I”.

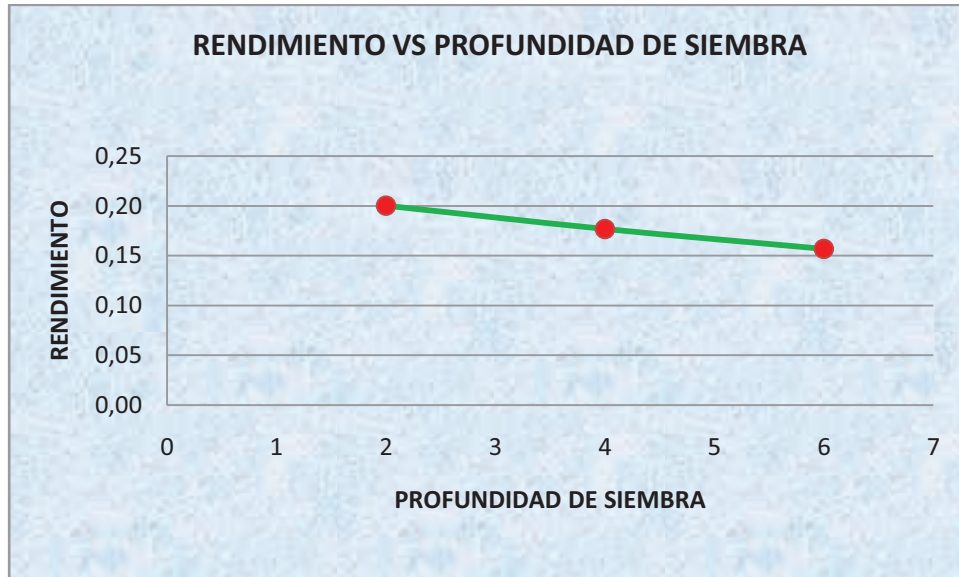


Figura 41. Gráfica: Rendimiento vs Profundidad de Siembra con Cuchilla “I”.

La curva presente en la gráfica manifiesta una pendiente menor a la curva de la cuchilla en “L”, esto nos indica que a mayor profundidad de trabajo el rendimiento no disminuye significativamente con lo cual tenemos una mayor área de siembra en el mismo tiempo de trabajo.

4.9. ANÁLISIS DE COSTO - BENFICIO.

Mediante los respectivos cálculos de costos de los siguientes sistemas: convencional (arado, rastra y siembra), sistema de labranza mínima con la cuchilla en forma de “L” y con la cuchilla en forma recta “I”, obtenemos los siguientes resultados representados en la presente tabla.

Estos valores fueron tomados para una hora de trabajo con cada uno de los sistemas de labranza.

Tabla XV. Esquema de Costo de los Distintos Sistemas de Labranzas.

SISTEMA DE LABRANZA	COSTO * HORA (\$)	RENDIMIENTO (Ha/Hr)
Convencional	60	0,12
Labranza Mínima "L"	20	0,17
Labranza Mínima "I"	20	0,18

Como podemos notar en la tabla anterior existe un significativo beneficio utilizando el sistema de labranza mínima con la cuchilla recta "I" respecto al sistema convencional obteniendo un ahorro de \$ 40 dólares por hora de labor, cubriendo una mayor área de labranza en el mismo tiempo de trabajo (0.18 Ha/Hr).

CAPÍTULO V

RECONSTRUCCIÓN Y COSTOS

5.1. ORGANIZACIÓN DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA RESEMBRADORA.

5.1.1. Partes Constitutivas de la Máquina.

Tabla XVI. Partes Constitutivas de la Máquina.

SISTEMA	ELEMENTO	CANTIDAD	MATERIAL/MODELO
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	Cardan o Propulsor.	1	Acero AISI 8620
	Disco de Embrague	1	Acero AISI 1045
	Engranaje Cónico	2	Acero AISI 8620
	Engranaje Rectos	2	Acero AISI 8620
	Eje de Transmisión	1	Acero AISI 1045
	Cadena	1	Normalizado
	Catalinas de Transmisión	2	Acero AISI 8620
SISTEMA SURCADOR	Cuchillas	27	Acero AISI 1020
	Rotor	1	Acero AISI 1045
	Rodamiento	1	FAG 6309
	Rodamiento	1	FAG 61808
	Pernos	54	DIN 7990
SISTEMA DE SIEMBRA	Tolva	1	Tool Galvanizado
	Rueda Motriz	1	Estandarizado
	Engranaje Cónico	3	Acero AISI 8620
	Engranaje Rectos	1	Acero AISI 8620
	Eje de Transmisión	1	Acero AISI 1045
	Bastidor	1	Acero AISI 1045
	Rodillo Acanalado	13	Plástico
	Compuertas de Descarga	13	Plástico
	Manguera Conductora de Semilla	13	Plástico
	Tubos Dosificadores	13	Acero AISI 1040
	Rodillo Cubridor de Semilla	1	Acero AISI 1040
Reguladores de Presión	1	Acero AISI 1040	
SISTEMA ESTRUCTURAL	Carcasa del Rotavator	1	Acero AISI 1020
	Soporte de la Tolva	2	Acero AISI 1020
	Enganches para el Tractor	3	Acero AISI 1020
	Tapa Protección de Cadena	1	Tool Galvanizado

5.1.2. Cursograma de la Reconstrucción.

En el proceso de reconstrucción y montaje de la máquina sembradora de pasturas se desarrollaron las siguientes operaciones mecánicas

Tabla XVII. Operaciones Ejecutadas en la Reconstrucción

SISTEMA	ELEMENTO	Nº	OPERACIONES	TIEMPO (horas)
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	Cardan o Propulsor.	1	Desmontaje	0,25
		2	Cortado	0,5
		3	Soldado	0,5
		4	Torneado	0,5
		5	Montaje	0,25
	Engranaje Cónico	6	Desmontaje	0,25
		7	Limpieza	0,5
		8	Montaje	0,25
		9	Lubricación	0,25
	Engranaje Rectos	10	Desmontaje	0,25
		11	Limpieza	0,5
		12	Montaje	0,25
		13	Lubricación	0,25
	Cadena	14	Desmontaje	0,75
		15	Limpieza	0,25
		16	Montaje	0,75
		17	Lubricación	0,25
	Catalinas de Transmisión	18	Desmontaje	0,25
		19	Limpieza	0,25
		20	Montaje	0,25
		21	Lubricación	0,25
SISTEMA SURCADOR	Cuchillas	22	Desmontaje	2
		23	Modelado	2
		24	Corte (sierra)	4
		25	Limado	3
		26	Taladrado	1
		27	Montaje	1,5
	Rotor	28	Desmontaje	0,5
		29	Limpieza	0,5
		30	Montaje	0,5

		31	Desmontaje	0,5
	Rodamiento	32	Engrasar	0,25
		33	Montaje (nuevos)	0,5
SISTEMA DE SIEMBRA	Tolva	34	Desmontaje	0,5
		35	Limpieza	1
		36	Lubricación	0,25
		37	Montaje	0,5
	Rueda Motriz	38	Readecuación	3
		39	Montaje	0,5
	Engranaje	40	Desmontaje	0,25
		41	Limpieza	0,5
		42	Montaje	0,25
		43	Lubricación	0,25
	Rodillo Acanalado	44	Desmontaje	1
		45	Montaje (nuevos)	1
	Manguera Conductora de Semilla	46	Desmontaje	0,5
		47	Readecuación	1
		48	Montaje	0,5
	Rodillo Cubridor de Semilla	49	Desmontaje	0,25
		50	Readecuación	0,5
		51	Montaje	0,25
	Reguladores de Presión	52	Desmontaje	0,25
		53	Limpieza	0,5
54		Montaje	0,25	
55		Engrasado	0,25	
SISTEMA ESTRUCTURAL	Carcasa del Rotavator	56	Desmontaje	0,5
		57	Readecuación	0,5
		58	Montaje	0,5
	Soporte de la Tolva	59	Desmontaje	0,5
		60	Readecuación	0,5
		61	Montaje	0,5
	Tapa Protección de Cadena	62	Desmontaje	0,25
		63	Readecuación	0,25
64		Montaje	0,25	
TOTAL				40,75

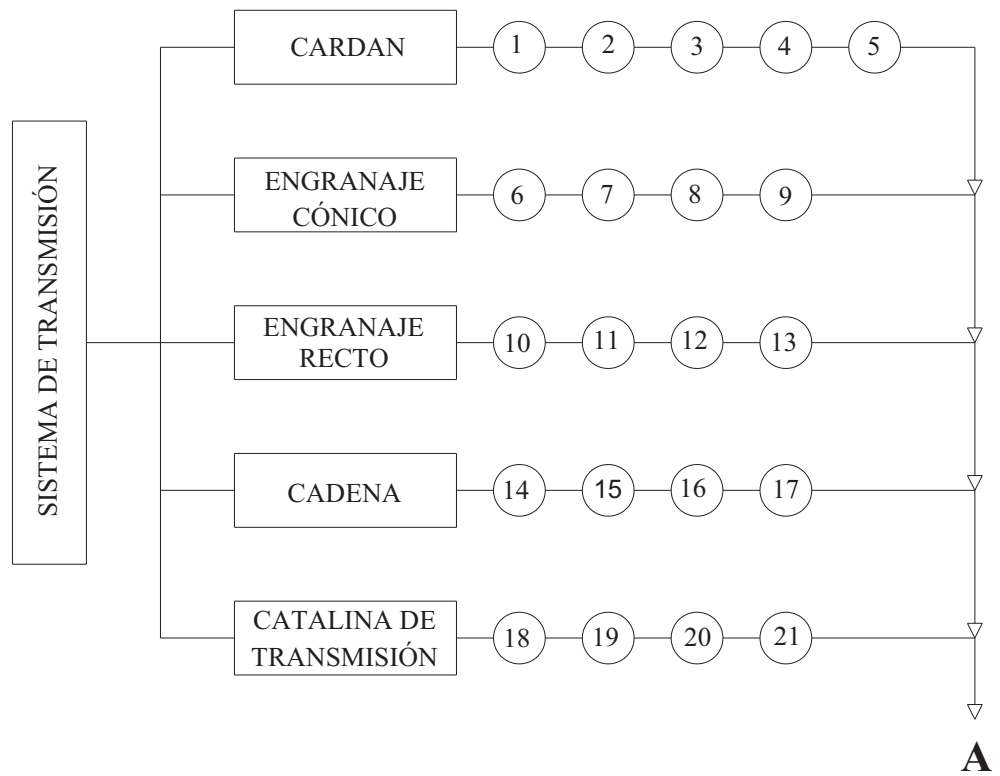


Figura 42. Diagrama de Operaciones del Sistema de Transmisión.

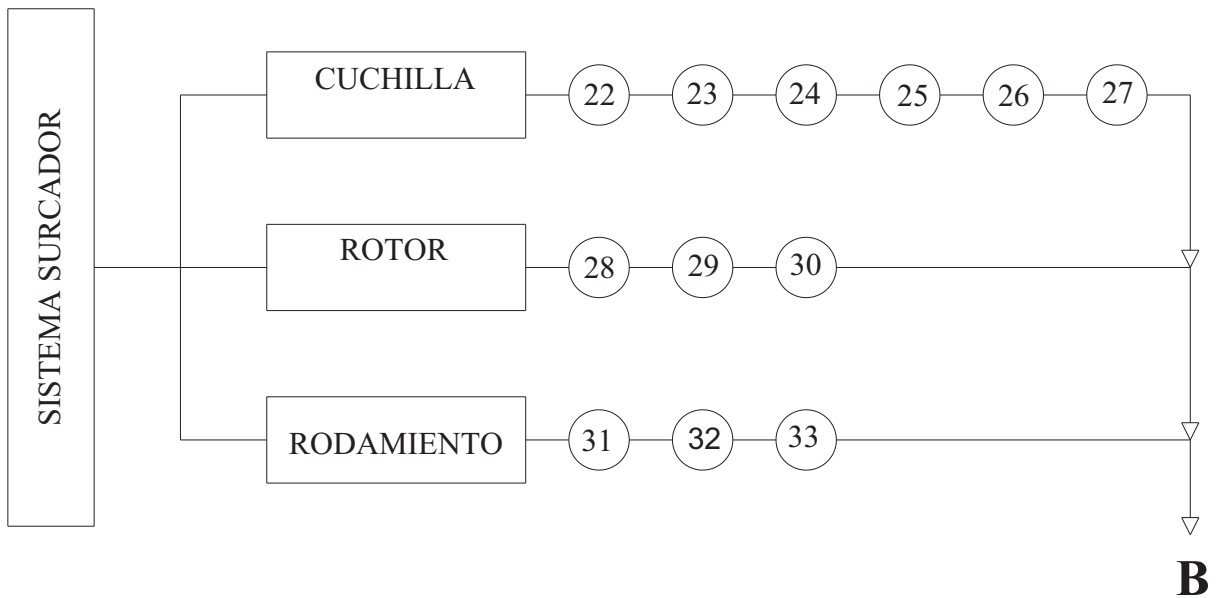


Figura 43. Diagrama de Operaciones del Sistema Surcador.

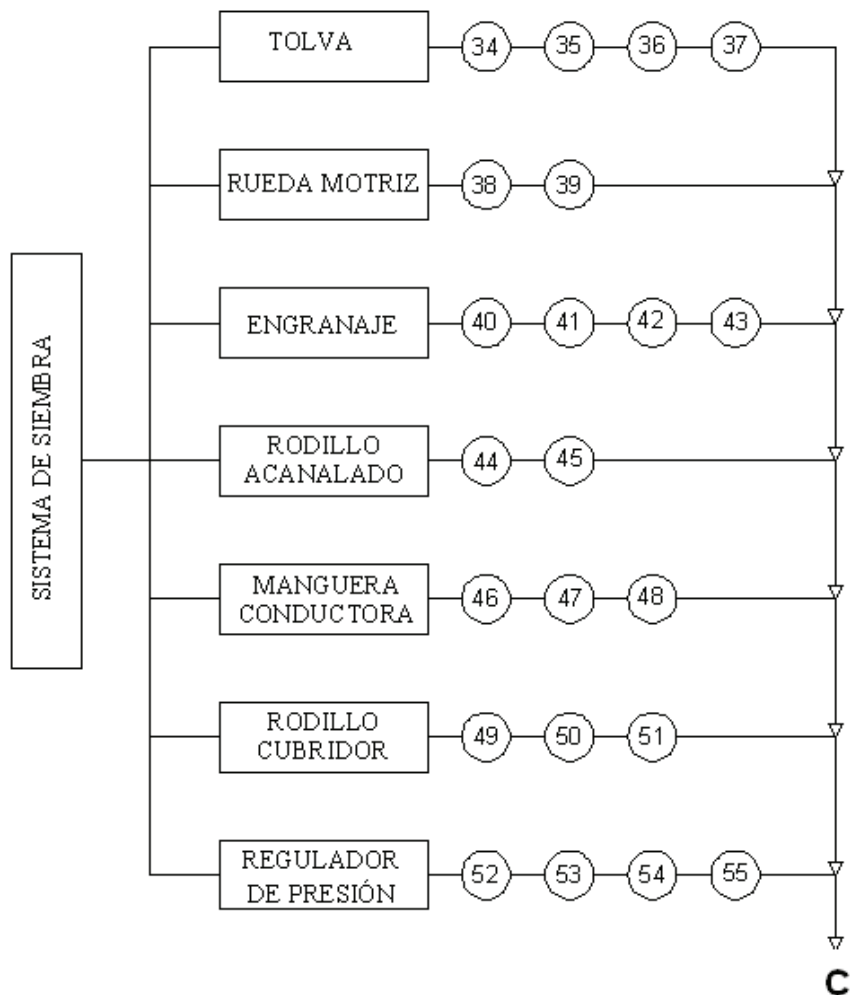


Figura 44. Diagrama de Operaciones del Sistema Surcador.

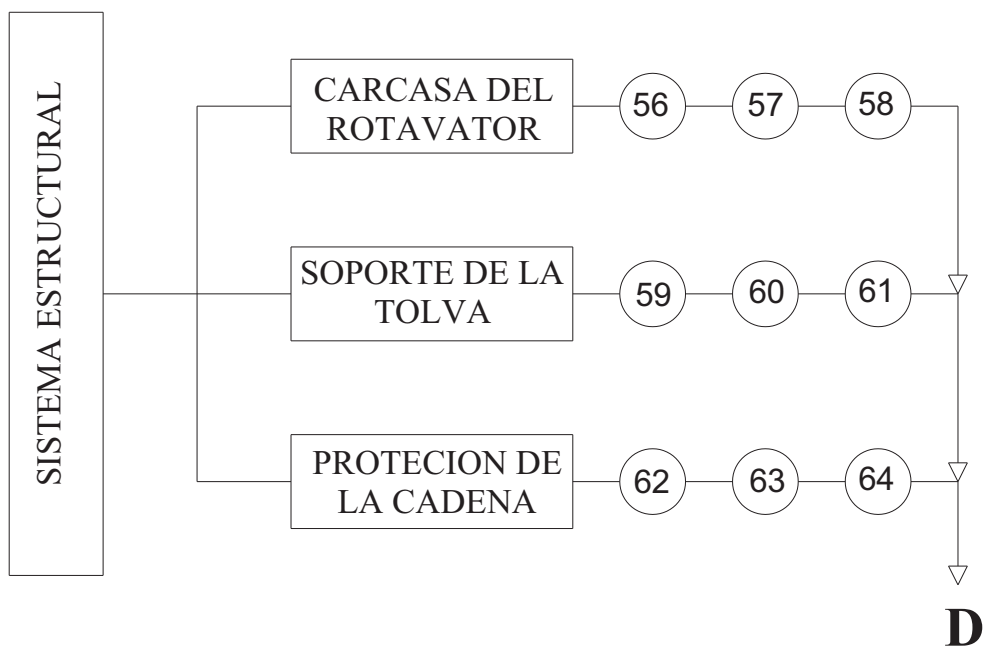


Figura 45. Diagrama de Operaciones del Sistema Surcador.

5.1.3. Montaje.

Los tiempos utilizados durante el montaje de la máquina son los que se indican a continuación:

Tabla XVIII. Montaje del Sistema de Transmisión.

MONTAJE SISTEMA DE TRANSMISIÓN		
OPERACIÓN	SIMBOLO	TIEMPO (horas)
Traslado de Elementos al Sitio de Trabajo	M1	1
Montaje del Cardan	M2	0,5
Montaje de Engranajes Rectos	M3	0,25
Montaje de Engranajes Cónicos	M4	0,25
Montaje de la Cadena	M5	0,75
Montaje de la Catalina	M6	0,25
Ajuste de Pernos	M7	0,25
TOTAL		3,25

Tabla XIX. Montaje del Sistema Surcador.

MONTAJE SISTEMA SURCADOR		
OPERACIÓN	SIMBOLO	TIEMPO (horas)
Traslado de Elementos al Sitio de Trabajo	M8	1
Montaje del Rotor	M9	0,5
Montaje de los Rodamientos	M10	0,25
Montaje de las Cuchillas	M11	1,5
Reajuste de Pernos	M12	0,5
TOTAL		3,75

Tabla XX. Montaje del Sistema de Siembra.

MONTAJE DEL SISTEMA DE SIEMBRA		
OPERACIÓN	SÍMBOLO	TIEMPO (horas)
Traslado de Elementos al Sitio de Trabajo	M13	1
Montaje de la Tolva	M14	0,5
Montaje de Engranaje	M15	0,25
Montaje de la Rueda Motriz	M16	0,5
Montaje de Rodillo Acanalado	M17	1
Montaje de Manguera Conductora de Semilla	M18	0,5
Montaje de Rodillo Cubridor de Semilla	M19	0,25
Montaje de Reguladores de Presión	M20	0,25
TOTAL		4,25

Tabla XXI. Montaje del Sistema Estructural.

MONTAJE DEL SISTEMA ESTRUCTURAL		
OPERACIÓN	SÍMBOLO	TIEMPO (horas)
Traslado de Elementos al Sitio de Trabajo	M21	1
Montaje de la Carcasa del Rotavator	M22	0,5
Montaje del Soporte de la Tolva	M23	0,5
Montaje de la Tapa Protectora de la Cadena	M24	0,25
TOTAL		2,25

Tabla XXII. Montaje Final.

MONTAJE FINAL		
OPERACIÓN	SÍMBOLO	TIEMPO (horas)
Sistema de Transmisión - Sistema Surcador	M25	1
Sistema de Siembra - Sistema Estructural	M26	1
TOTAL		2

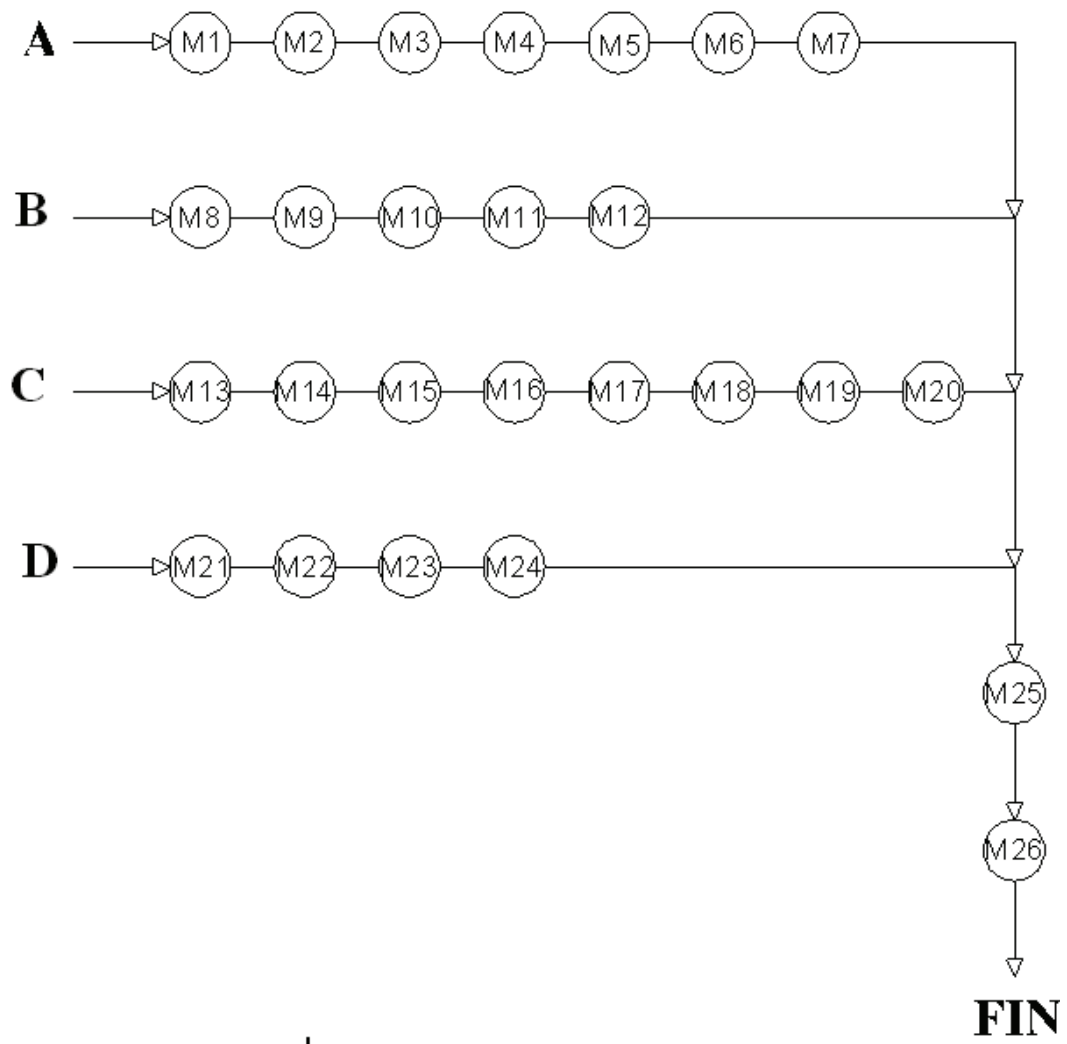


Figura 46. Cursograma de la Reconstrucción.

5.2. COSTOS DIRECTOS.

Tabla XXIII. Costos de Materiales.

COSTOS DIRECTOS					
MATERIALES					
SISTEMA	ELEMENTO	CANTIDAD	Unidad	Precio Unit.	Total (\$)
SISTEMA DE TRANSMISIÓN	Cardan o Propulsor.	1	U	320	320
	Pernos de Sujeción 5/16"	35	U	0,4	14
	Tuercas de Presión	35	U	0,2	7
	Anillos de Presión	35	U	0,05	1,75
	Papel de Empaque	1	U	12	12
	Brochas	2	U	0,6	1,2
	Grasa	1	Kg	2,8	2,8
	Aceite Lubricante	1	Gl	15	15
	Guaípe	10	U	0,2	2
	Gasolina	1	Gl	1,48	1,48
SUBTOTAL					377,23
SISTEMA SURCADOR	Platina de Acero 2,5"x1/4"	2	m	14	28
	Arco de Sierra	1	U	5,8	5,8
	Sierra	2	U	1,7	3,4
	Lima Gruesa	1	U	5,2	5,2
	Broca 1/4"	1	U	0,75	0,75
	Broca 3/4"	1	U	1,6	1,6
	Pernos de Sujeción 3/4"	54	U	0,4	21,6
	Tuercas de Presión	54	U	0,3	16,2
	Anillos de Presión	54	U	0,05	2,7
	Rodamiento FAG Serie: 61808	1	U	13,6	13,6
	Rodamiento FAG Serie: 6309	1	U	20,3	20,3
SUBTOTAL					119,15
SISTEMA DE SIEMBRA	Pernos de 1/4"	8	U	0,2	1,6
	Tuercas 1/4"	8	U	0,1	0,8
	Rodelas	8	U	0,05	0,4
	Correa de Caucho	0,5	m	1	1
	Pernos de 7/8"	4	U	0,9	3,6
	Tuerca de Copa de 7/8"	4	U	1,4	5,6
	Eje de Transmisión de 1"	0,25	m	2	2
	Grasa	1	Kg	2,8	2,8

	Rodillos Acanalados	13	U	2,8	36,4
	Type	2	U	0,6	1,2
	Pernos de 3/4"	4	U	0,4	1,6
	Tuercas 3/4"	4	U	0,3	1,2
	Rodelas	4	U	0,05	0,2
	Tubos	4	U	4,8	19,2
	Pines	4	U	2,5	10
SUBTOTAL					87,6
SISTEMA ESTRUCTURAL	Pernos de 3/4"	16	U	0,4	6,4
	Tuercas 3/4"	16	U	0,3	4,8
	Rodelas	16	U	0,05	0,8
	Platina de 2"x1/4"	0,5	m	6	6
	Varilla liza de 1/2"	1	m	1,2	2,4
	Electrodos 7018	2	Lb	3,6	7,2
SUBTOTAL					27,6

COSTO TOTAL DE MATERIALES					611,58
----------------------------------	--	--	--	--	---------------

Tabla XXIV. Costos de Mano de Obra.

MANO DE OBRA				
Descripción (categoría)	Cantidad	Valor/Hora	Rendimiento	Valor Total (\$)
Maestro Tornero	1	3,13	65	203,45
Maestro Metal-Mecánico	1	2,50	75	187,50
Ayudante Metal - Mecánico	2	1,78	40	142,40
TOTAL				533.35

Tabla XXV. Costos de Herramientas Manuales.

HERRAMIENTAS MANUALES	
5% (Mano de Obra)	26.67
TOTAL	26.67

Tabla XXVI. Costos de Transporte.

TRANSPORTE	
Transporte de los Materiales y Equipos	230
TOTAL	230

Tabla XXVII. Costo Total Directo.

COSTOS DIRECTOS	
MATERIALES	611,58
MANO DE OBRA	533.35
HERRAMIENTAS MANUALES	26.67
TRANSPORTE	230
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS	1401.60

5.3. COSTOS INDIRECTOS.

5.3.1. Costos Ingenieriles.

Tabla XXVIII. Costos Ingenieriles.

COSTOS INGENIERILES	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Supervisión	40	Hora	5	200
Diseño	30	Hora	5	150
SUBTOTAL				350

5.3.2. Costos de Documentación.

Tabla XXIX. Costos de Documentación.

ACTIVIDAD	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
Impresión de texto	725	Hoja	0,03	21,75
Ploteado de planos	40	Formato	0,6	24
Empastado de tesis	5	U	8	40
SUBTOTAL				85,75

5.3.3. Costo Total Indirecto.

Tabla XXX. Costo Total Indirecto.

COSTOS	PRECIO TOTAL (USD)
Ingenieriles	350
Documentación	85,75
Utilidad	0
TOTAL	435,75

5.4. COSTO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA.

Tabla XXXI. Costos de la Reconstrucción de la Máquina.

COSTO DE LA RECONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA	
COSTOS DIRECTOS	1401.60
COSTOS INDIRECTOS	435.75
SUBTOTAL	1837.35

5.5. COSTO TOTAL.

Tabla XXXII. Costo Total.

SUBTOTAL	1837.35
12% IVA	220.48
COSTO TOTAL	2057.83

5.6. RECOMENDACIONES PARA EL FUNCIONAMIENTO.



Figura 47. Resembradora Reconstruida.

5.6.1. Secuencia de Operación.

Es esencial que los siguientes procedimientos sean hechos siempre antes de cualquier intento de operar la máquina.

1. Verifique y complete los niveles indicados con aceite SAE 140.
 - En la caja de engranajes (capacidad 2 litros).
 - En la caja de transmisión vertical (capacidad 1,25 litros).
 - En el cojinete derecho / central del rotor.

2. Lubrique con grasa a base de litio los siguientes puntos:
 - Crucetas del conjunto eje universal (cardán).
 - Engranajes cónicos de transmisión en la rueda motriz.
 - Reguladores de presión del rodillo cubridor de semilla.

3. Separe las dos partes del conjunto eje universal (cardán) y lubrique con grasa a base de bisulfuro de molibdeno (o Litio si así lo desea).

4. Una vez concluido los puntos anteriores puede encender el tractor con seguridad y empezar la operación [19].

5.6.2. Seguridad.

Siempre que vayan a utilizar este equipo, su operación deberá estar a cargo de personal capacitado, pues debido a que se trabaja con una máquina de gran tamaño y peso, para lo cual se recomiendan las siguientes advertencias.

- ! **No ejecute** ningún trabajo abajo del ROTAVATOR cuando esté suspenso por el levante hidráulico del tractor.
- ! **Nunca** permita que alguien quede detrás de la máquina, cuando esté en movimiento.
- ! **Nunca** intente ajustar o tocar alguna parte de la máquina con la toma de fuerza encendida o con el ROTAVATOR en movimiento.
- ! Apriete todos los tornillos y tuercas (reajuste después de una hora de trabajo, dando particular atención a los tornillos de las cuchillas y a los soportes de enganches del tractor) [19].

5.6.3. Recomendaciones para el Mantenimiento.

La Resembradora de pasturas fue proyectado para soportar severas condiciones de trabajo; sin embargo, una lubricación y mantenimiento periódico es esencial para asegurar una larga vida a la máquina. Siga fielmente el programa a continuación.

Lubricantes recomendados:

- ◆ Grasa a base de litio: En los engrasadores de lubricación de cojinete antifricción (incluyendo crucetas y cardán).
- ◆ Grasa a base de grafito, bisulfuro de molibdeno o litio: En los demás engrasadores y eje cardán.
- ◆ Aceite SAE 140: En las cajas de engranajes simple, transmisión vertical, en el cojinete derecho y central del rotor, en las bisagras y tornillos articulados [20].

5.6.3.1. Diariamente o Cada 8 horas de Trabajo.

Mantenimiento.

- ◆ Apretar todos los tornillos de las cuchillas.
- ◆ Apretar todos los tornillos sueltos de la máquina.

Lubricación.

- ◆ Pernos engrasadores de las crucetas del cardán [20].

5.6.3.2. Semanalmente o cada 50 horas de Trabajo.

Mantenimiento.

- ◆ Verifique el nivel del aceite de la caja de transmisión; cojinete derecho y central del rotor; completar en su caso.
- ◆ Verifique el nivel del aceite de la caja de transmisión vertical; completar en su caso. El tapón del nivel de aceite está en la parte trasera, cerca del suelo.

Lubricación.

- ◆ Separar los dos segmentos de cardán (macho y hembra), limpiar cuidadosamente y engrasar las superficies deslizantes.
- ◆ Lubricar las bisagras de la antipara (falda), con aceite [20].

5.6.3.3. Semestralmente o cada 500 horas de Trabajo.

Mantenimiento.

- ◆ Verifique los cojinetes antifricción de aguja de las crucetas. Cambiar el conjunto de crucetas, en el caso que estén muy gastadas.

Lubricación.

- ◆ Drenar la caja de transmisión, sacar aceite y volver a llenar con aceite nuevo. SAE 140.
- ◆ Remover la tapa de la caja de transmisión vertical, sacar todo el aceite y volver a llenar con aceite nuevo. SAE 140 [20].

5.6.4. Problemas Comunes de Operación y sus Soluciones.

La maquina cuando esté en funcionamiento, podrá no presentar un rendimiento satisfactorio debido a regulaciones de adaptación. Presentaremos a continuación, una lista de los probables problemas en el orden en que deben verificarse y las soluciones por adoptarse, aisladamente o en conjunto, para superarlos [20].

Tabla XXXIII. Problemas Comunes de Operación y sus Soluciones.

PROBLEMA	POSIBLES CAUSAS	SOLUCIÓN
La Profundidad de Corte es Insuficiente	◆ Patines flojos.	◆ Ajuste los patines.
	◆ Marcha elevada	◆ Use marcha reducida en el tractor.
	◆ Brazos de conexión cortos	◆ Estire los brazos de conexión del sistema de levante hidráulico del tractor.
La Labor es Muy Fina	◆ La antipara muy baja.	◆ Levante la antipara trasera (falda).
	◆ Marchas Bajas.	◆ Use marcha más rápida en el tractor.
	◆ Cambios de velocidades en el trabajo.	◆ Conduzca con aceleración promedia
La Labor es Muy Gruesa	◆ Antipara elevada.	◆ Abaje la antipara trasera (falda).
	◆ Marchas elevadas.	◆ Use marcha más reducida en el tractor.
Las Cuchillas Forman Pelotas con la Tierra	◆ La antipara muy baja	◆ Levante la antipara trasera (falda).
	◆ Marchas bajas del Tractor.	◆ Use marcha reducida en el tractor
El Rotavator Vibra	◆ Algún elemento atorado entre las cuchillas.	◆ Verifique si hay algún obstáculo entre las cuchillas.
	◆ Mala posición de las cuchillas.	◆ Montar las cuchillas obedeciendo la configuración es decir la cara cortante hacia adelante.
	◆ El cardan en mala ubicación.	◆ Observe el montaje del cardán
Rotavator Cortando Mucho del lado Derecho	◆ Brazo derecho del hidráulico muy extendido	◆ Acorte el brazo derecho del hidráulico.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.

- ✓ Se realizó la evaluación de la cobertura de semilla con los dos sistemas de labranza mínima con las cuchillas en “L” y rectas “I” obteniendo un buen porcentaje de cubrimiento con la cuchilla recta a cuatro centímetros de profundidad, concluyendo de esta manera que es la más ideal puesto que la probabilidad de germinación del grano es mayor que a la profundidad de seis centímetros.
- ✓ Al realizar el análisis mediante la curva rendimiento vs. profundidad de trabajo se manifiesta una pendiente menor de la curva con la cuchilla recta “I” en comparación a la curva de la cuchilla en “L”, esto nos indica que a mayor profundidad de trabajo el rendimiento no disminuye significativamente con lo cual tenemos una mayor área de siembra en el mismo tiempo de trabajo.
- ✓ En el análisis de costo beneficio concluimos que existe un buen beneficio utilizando el sistema de labranza mínima con la cuchilla recta “I” respecto a los demás sistemas de labranza, debido a que se tiene un mayor rendimiento en hectárea por hora de trabajo lo que significa un ahorro para el agricultor.

- ✓ Con los resultados obtenidos en el rediseño, pruebas de campo y análisis de resultados, podemos concluir que la alternativa en estudio se ajusto a los requerimientos del ambiente de trabajo permitiendo validar y justificar su investigación.

- ✓ En base a las hipótesis establecidas en el capítulo uno aceptamos que la profundidad de 4 cm. Y cuchilla recta “I”. Tienen la mejor cobertura de semilla y descartamos la hipótesis nula.

- ✓ El rendimiento de la cuchilla en “L” no es mejor que el rendimiento de la cuchilla recta “I”. Lo cual está comprobado en el análisis de resultados descartando de esta manera la hipótesis nula.

- ✓ Con el nuevo rediseño de la cuchilla recta se pudo lograr una reducción del cincuenta por ciento de potencia requerida por la máquina con cuchilla en “L” lo cual representa una gran ventaja en el aspecto energético y económico.

- ✓ Se concluye que la máquina crea condiciones físicas ideales para la rápida descomposición de materia orgánica y la rápida germinación de la semilla.

- ✓ Por último se concluye que este tipo de máquina se puede emplear con facilidad para la siembra de pastos, avena, trigo, entre otro tipo de semillas por su facilidad de regulación y dosificación que presenta este tipo de máquina agrícola.

6.2. RECOMENDACIONES.

- ✓ Se recomienda la utilización de este tipo de máquina para un mejor rendimiento en terrenos planos sin irregularidad, puesto que no posee un sistema seguidor de superficie.
- ✓ Se recomienda regular de la mejor manera el rodillo apisonador de la semilla a fin de que la cobertura de semilla sea la más apropiada para tener una mayor germinación de granos.
- ✓ Cuando se tiene un terreno con mala hierba en abundancia se recomienda utilizar las cuchillas en “L” puesto que produce un mayor picado y desmenuzacion de la tierra.
- ✓ Se recomienda el uso de la cuchilla recta “I” para romper capas de suelos endurecidas o compactadas. Mientras que el uso de la cuchilla en forma de “L” en suelos de tipo arcilloso.
- ✓ La profundidad de siembra no debe exceder de seis centímetros para los granos de tipo cereal puesto que a una mayor profundidad se corre el riesgo de ahogamiento de la semilla.
- ✓ Por último se recomienda seguir los pasos e indicaciones de mantenimiento, lubricación y cuidados de la máquina expuestos en el capítulo cinco.

BIBLIOGRAFÍA.

- [3] JOHN DEERE, Informe de Campo, Nueva Tecnología de Forrajes y Pasturas para Aumentar Producción Vacuna y Lechera. Chile: 1990.

- [4] DELAFOSSE, R. Máquinas para la Siembra e Intersiembra de Pasturas. Santiago de Chile: FAO, 1991.

- [5] ONORATO, A. Máquinas para la Siembra e Intersiembra de Pasturas, Componentes y Técnicas Adecuadas de Uso. Santiago de Chile: FAO, 1991.

- [6] STANCANELLI, V. Intersiembra de Praderas, Agricultura de las Américas, N° 1. Argentina: 1990.

- [7] ASHBURNER, J. Elementos de Diseño del Tractor y Herramientas de Labranza. San José de Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 1984.

- [8] INIAP, Producción y Utilización de Pastizales en la Región interandina del Ecuador. Estación Experimental Santa Catalina, Quito: Manual N° 30 Gtz, 1995.

- [9] GOMEZ, E. El Proyecto Diseño en Ingeniería. 1^{ra} ed. México: Alfaomega, 2001.

- [10] CROSS, N. Métodos de Diseño, Estrategias para el diseño de Productos. 3^a ed. México: Limusa SA, 2003.
- [11] TERRAZAS, V. Metodología del Diseño Aplicada a la Obtención de una Máquina Agrícola Cortadora de Avena Forrajera. Lima: 2007.
- [12] JOHAN, D. Servicio de Ingeniería Agrícola Arados Rotativos, Fresadoras. Santiago de Chile: FAO, 1970.
- [13] HAMROCK, B. Elementos de Máquinas. 2^{da} Ed. México DF: McGraw-Hill, 2000.
- [14] NOVILLO, G. Apuntes de Diseño II. Facultad de Ingeniería Mecánica. Riobamba: Espoch, 2006.
- [15] FAG, K. Catálogo de Rodamientos 41500/2SA. Alemania: 1979.
- [16] ORTIZ C. Técnicas de Mecanización Agraria. Tomo I, 3^a ed. España: Mundi-Prensa, 1989.
- [17] LITTLE, T. Métodos estadísticos Para la Investigación en la Agricultura. 4^{ta} Ed. México: Trillas, 2002.
- [18] LUZURIAGA, P. Boletín Informativo de Agrometeorología. N° 28. Riobamba: Espoch, 1982.

LINKOGRAFÍA.

- [1] PRODUCCIÓN DE PASTIZALES?

www.iniap-ecuador.gov.ec.

2007 - 05 - 18.

- [2] SIEMBRA E INTERSIEMBRA DE PASTURAS?

www.fao.org.arg.

2007 – 06 – 20.

- [19] MANTENIMIENTO ROTAVATOR HOWARD?

<http://www.howard.es/recambios.htm>

2008 - 03 - 10.

- [20] CATÁLOGO ROTAVATOR HOWARD?

<http://www.serina.es/escaparate/catalogos.cgi?.idempresa.htm>

2008 - 03 - 15.

ANEXO 1.

CANTIDADES DE SEMILLAS RECOMENDADAS PARA GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS FORRAJERAS.

ALTERNATIVA		kg/ha
1.	R. grass perenne	25
	R. G. anual	15
	Trébol blanco	5
2.	R. grass perenne	40
	Trébol blanco	5
3.	R. grass perenne	32
	Trébol blanco	8
	Trébol rojo	5
4.	R. grass perenne	38
	R. grass anual	15
	Trébol blanco	4
	Trébol rojo	3
5.	R. grass perenne	20
	R. grass anual	10
	Trébol blanco	3
	Trébol rojo	2
	Pasto azul	15
6.	R. grass anual	10
	Pasto azul	20
	Alfalfa	15
7.	Pasto azul	20
	Alfalfa	10
8.	Festuca alta	25
	Trébol blanco	5
9.	Avicía forrajera	90
	Vicia	45

ANEXO 2.

CANTIDADES DE SEMILLAS NECESARIAS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS.

ESPECIE	Germinación %	Cantidad de semilla	
		En surcos	Al voleo
GRAMINEAS			
Rye grass anual	90	15	15-25
Rye grass perenne	90	15	15-25
Pasto azul	85	6-15	20
Bromus unioloides	90	20-30	40-50
Bromus catharticus	90	30-40	40-60
Festuca arundinacea	90	10-15	15-25
Festuca pratensis	90	10-15	15-25
Setaria	85	10	10-12
Phalaris tuberosa	80	5	5-10
Phalaris acuática	80	5	5-10
Maíz forrajero	90	25-35	50
Avena forrajera	90	60	90
LEGUMINOSAS			
Alfalfa	90	10-15	20-25
Trébol blanco	90	9	9-15
Trébol rojo	90	9	9-15
Trébol subterráneo	85	15	15-20
Vicia	85	45	45
Vicia atropurpurea	85	50	75

ANEXO 3.

PROPIEDADES FÍSICAS Y DATOS AGROTÉCNICOS DE DIFERENTES SEMILLAS.

Dimensiones Tipo de semillas	Longitud (mm)	Anchura (mm)	Espesor (mm)	Masa de 1.000 granos (g)	Densidad (kg/dm ³)	Número de granos por litro	Ángulo de rotación interno	Densidad de siemb. (kg/ha)	Distancia en la línea (cm)	Profund. de siemb. (cm)
Trigo (*)	5,0-8,6 (6,8)	1,6-4,6 (3,1)	1,5-3,5 (2,5)	25-50 (37,5)	0,72-0,80 (0,76)	17.400-22.200 (20.000)	30-38 (35)	100-200	3-10	2,5-5
Cebada	7,0-13,5 (10,2)	2,5-5,0 (3,8)	1,5-3,0 (2,3)	24-48 (36)	0,58-0,68 (0,64)	14.500-17.800 (16.000)	34-40 (37)	110-160	3-10	3-5
Avena	8,5-20 (14,3)	2,0-3,5 (2,8)	1,0-2,6 (1,8)	14-34 (24)	0,4-0,5 (0,45)	17.000-20.000 (18.500)	34-43 (38)	140-180	3-10	3-5
Centeno	5,0-10 (7,5)	1,5-3,5 (2,5)	1,5-3,0 (2,3)	26-50 (38)	0,68-0,74 (0,71)	17.700-22.800 (21.000)	32-36 (34)	100-180	3-10	2-3
Judías	10-18	8-12	5-12	300-1.200	0,75-0,84	—	32	—	—	—
Guisantes	6,6-8,6	5,6-7,9	4,7-7,3	78-560	0,74-0,84	8.000-12.000	28-34	20-280	20-35	3-8
Maíz	10-20	5-12	2-5	100-200	0,65-0,75	4.300	31	10-25	10-70	4-8
Alfalfa	1,7-2,8	1,2-2,0	0,8-2,8	1,4-2,8	0,80	430.000	33	6-25	15-30	1-2
Glómerulos de remolacha	6,5-8,5	5,5-8,0	5-7	15-30	0,65	5.000-10.000	45	3-20	40-50	1,5-4

(*) Los números entre paréntesis son valores medios.

ANEXO 4.

SISTEMA DE TRANSMISIÓN DEL ROTAVATOR



ANEXO 5.

CONSTRUCCIÓN DE LA CUCHILLA.



MONTAJE DE LA CUCHILLA.



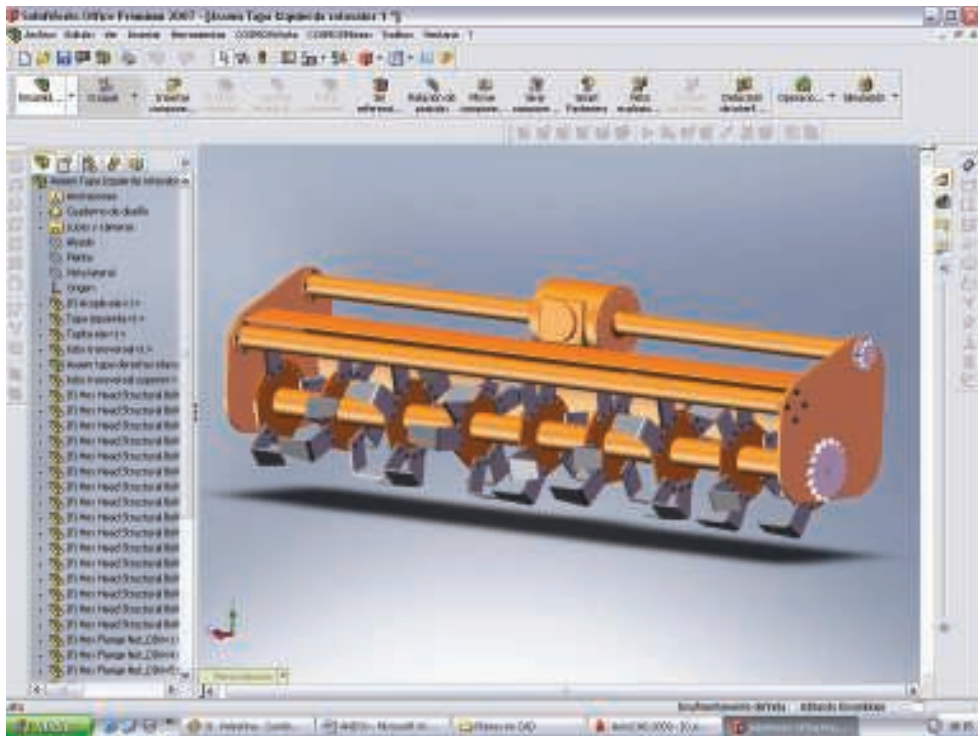
ANEXO 6.

TIPOS DE LUBRICANTES

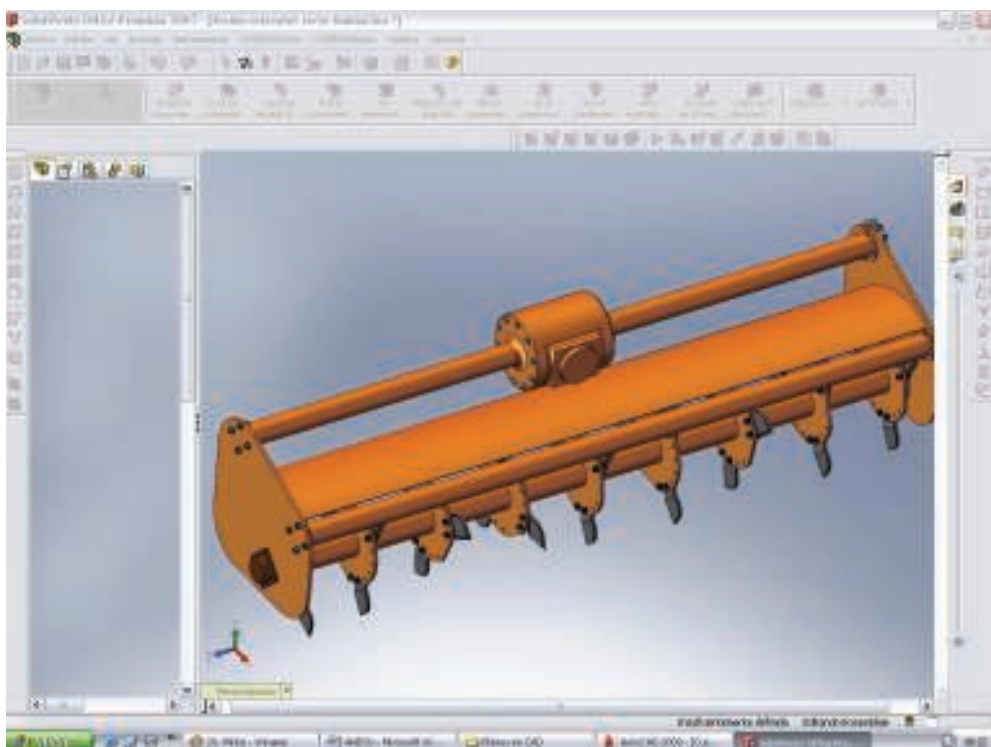
LOCAL	PETROBRÁS	CASTROL	SHELL	TEXACO	ESSO	ATLANTIC
CAJA DE ENGRANAJES	TRM-5 SAE-140	HIPOIDE B-140	SPIRAX HD-140	MULTIGEAR 140	GEAR GP 140	ULTRAGEAR 140
TRANSMISION VERTICAL Y COJINETE MOVIDO	TRM-5 SAE-140	HIPOIDE B-140	SPIRAX HD-140	MULTIGEAR 140	GEAR GP 140	ULTRAGEAR 140
ENGRASADOR DEL CARDAN	GSM-2	LM-3	RETNAX-AM	MOLITEX-2	BEACON Q-2	MOLITIC-2
MACHO DEL CARDAN	GSM-2	LM-3	RETNAX-AM	MOLITEX-2	BEACON Q-2	MOLITIC-2
DEMÁS ENGRASADORES	GSM-2	LM-2	ALVANIA R-12	MULTFAK-2	BEACON Q-2	LITHOLINE MC-2

ANEXO 7.

MODELACIÓN DEL ROTAVATOR CON CUCHILLA EN “L” EN SOLID WORKS.



MODELACIÓN DEL ROTAVATOR CON CUCHILLA EN “I” EN SOLID WORKS.



ANEXO 9.

MONTAJE DE LAS CUCHILLAS RECTAS.



PRUEBAS DE CAMPO.



PARCELAS DIVIDIDAS.

