



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN
SISTEMA DE PASTOREO ROTACIONAL MEDIANTE
LOGO! 230 RC PARA INCREMENTAR LA LECHE DEL
GANADO BOVINO CON EL OBJETIVO DE AUMENTAR
LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN LA FINCA LAS
SILVANITAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**

**ACOSTA VALDEZ ALDO MARIO
OLIVO MALLIQUINGA ALEX OMAR**

PROYECTO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTOS TÉCNICOS

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**Riobamba–Ecuador
2017**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2016-09-09

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

ACOSTA VALDEZ ALDO MARIO

Titulado:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PASTOREO ROTACIONAL MEDIANTE LOGO! 230 RC PARA
INCREMENTAR LA LECHE DEL GANADO BOVINO CON EL OBJETIVO
DE AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN LA FINCA LAS
SILVANITAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:
INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Jesús Román Brito Carvajal
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2016-09-09

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

OLIVO MALLIQUINGA ALEX OMAR

Titulado:

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
PASTOREO ROTACIONAL MEDIANTE LOGO! 230 RC PARA
INCREMENTAR LA LECHE DEL GANADO BOVINO CON EL OBJETIVO
DE AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN LA FINCA LAS
SILVANITAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”**

Sea aceptada como total complementación de los requerimientos para el Título de:
INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Jesús Román Brito Carvajal
ASESOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ACOSTA VALDEZ ALDO MARIO

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE PASTOREO ROTACIONAL MEDIANTE LOGO 230! RC PARA INCREMENTAR LA LECHE DEL GANADO BOVINO CON EL OBJETIVO DE AUMENTAR LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN LA FINCA LAS SILVANITAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

Fecha de Examinación: 2017-07-19

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos DIRECTOR			
Ing. Jesús Román Brito Carvajal ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Homero Almendariz Puente
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: OLIVO MALLIQUINGA ALEX OMAR

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE PASTOREO ROTACIONAL MEDIANTE LOGO 230! RC PARA INCREMENTAR LA LECHE DEL GANADO BOVINO CON EL OBJETIVO DE AUMENTAR LA PRODUCCION DE QUESO EN LA FINCA LAS SILVANITAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA”

Fecha de Examinación: 2017-07-19

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos DIRECTOR			
Ing. Jesús Román Brito Carvajal ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Homero Almendariz Puente
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, ACOSTA VALDEZ ALDO MARIO y OLIVO MALLIQUINGA ALEX OMAR, egresados de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autores del proyecto de titulación denominado “**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE PASTOREO ROTACIONAL MEDIANTE LOGO 230! RC PARA INCREMENTAR LA LECHE DEL GANADO BOVINO CON EL OBJETIVO DE AUMENTAR LA PRODUCCION DE QUESOS EN LA FINCA LAS SILVANITAS EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA**”, nos responsabilizamos en su totalidad del contenido en su parte intelectual y técnica, y me someto a cualquier disposición legal en caso de no cumplir con este precepto.

Acosta Valdez Aldo Mario

Cédula de Identidad: 150065854-5

Olivo Malliquinga Alex Omar

Cédula de Identidad: 210098215-2

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Acosta Valdez Aldo Mario Y Olivo Malliquinga Alex Omar, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Acosta Valdez Aldo Mario

Cédula de Identidad: 150065854-5

Olivo Malliquinga Alex Omar

Cédula de Identidad: 210098215-2

DEDICATORIA

Dedico mi tesis de manera especial a mi madre Lorena pues ella fue el pilar principal para la construcción de mi vida profesional, sentó en mi las bases de responsabilidad y deseos de superación, en ella tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarla cada día mas. Agradezco a Dios por concederme los mejores hermanos Amy y Alejo, dedico de manera especial a mi Abuelita que desde el cielo siempre me estará cuidando, a mi novia cumi que ha sido un apoyo incondicional en esta etapa.

Familia, Amigos y persona especiales en mi vida, no son nada más y nada menos que un solo conjunto, seres queridos que suponen benefactores de importancia inimaginable en mis circunstancias de humano. No podría sentirme más ameno con la confianza puesta sobre mi persona, especialmente cuando he contado con su mejor apoyo desde que siquiera tenga memoria.

Este nuevo logro es en gran parte a ustedes: he logrado concluir con éxito un proyecto que en un principio podría parecer tarea titánica e interminable. Quisiera dedicar mi tesis a ustedes, personas de bien, seres que ofrecen amor, bienestar, y los finos deleites de la vida.

Acosta Valdez Aldo Mario

El presente trabajo lo dedico a mi gran amiga, mi madre Luz Malliquinga por ser el pilar incondicional en mi vida, por ser mi ejemplo de lucha y fortaleza para afrontar los retos de la vida.

A mi hermana Reveca por confiar en mí y motivarme en la perseverancia por cumplir mis objetivos como hombre y estudiante, a mis hermanos Maria y Danilo por sus consejos, buenos deseos y ser un gran apoyo para mi mamá en mis momentos de ausencia. Y a todas las personas que han formado gran parte de mi vida, que han llegado a ser especiales para mí brindándome su amistad, ayuda, compañía, cariño y muchos otros valores les estoy agradecido infinitamente.

Olivo Malliquinga Alex Omar

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a mi familia por apoyarme en cada decisión y proyecto, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa y justa que puede llegar a ser, gracias a mi madre que ha sido el pilar fundamental para conseguir este éxito, a mi novia, amigos y colegas que estuvieron presentes en cada paso de este proyecto, el camino no ha sido sencillo hasta ahora, pero gracias a sus aportes, su amor, confianza, bondad y apoyo lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos, gracias a mi gran amigo y colega de tesis que estuvo presente en los momentos más duros de este camino, les agradezco y hago presente mi gran afecto hacia ustedes.

Acosta Valdez Aldo Mario

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Mecánica y a mi querida Escuela de Ingeniería Industrial gracias por haberme permitido formarme en lo que tanto me apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso de aprendizaje y de manera especial al Ing. Jhonny Orozco, director de tesis y al Ing. Jesús Brito, asesor de tesis los mismos que han contribuido con sus conocimientos para la conformación de este trabajo de titulación, que consolida la culminación de mi paso por la Universidad

Olivo Malliquinga Alex Omar

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION.	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación	3
1.3.1 <i>Justificación teórica.</i>	3
1.3.2 <i>Justificación metodológica.</i>	4
1.3.3 <i>Justificación práctica.</i>	4
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 <i>Objetivo general.</i>	4
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Pastoreo.....	6
2.1.1 <i>Pasto.</i>	6
2.1.2 <i>Carga animal.</i>	6
2.2 Factores que influyen en el pastoreo.....	6
2.2.1 <i>Disponibilidad de forraje.</i>	6
2.2.2 <i>Selectividad.</i>	7
2.2.3 <i>Grado de defoliación.</i>	7
2.2.4 <i>Frecuencia de pastoreo.</i>	7
2.2.5 <i>Pisoteo.</i>	7
2.3 Aforo de pasto.....	7
2.3.1 <i>Aforo en cruz o en forma de x.</i>	8
2.3.2 <i>Aforo en zigzag o en forma de Z.</i>	8
2.3.3 <i>Cada submuestra se pesa con una balanza de kilos y gramos</i>	8
2.3.4 <i>Aforo por doble muestreo.</i>	8
2.4 Sistemas de pastoreo	8
2.4.1 <i>Pastoreo continuo o extensivo.</i>	9
2.4.2 <i>Pastoreo alternado.</i>	9
2.4.3 <i>Pastoreo diferido.</i>	10
2.4.4 <i>Pastoreo rotacional.</i>	10
2.5 Cercas de ganado	11
2.5.1 <i>Tipos de cercas.</i>	12
2.5.2 <i>Elementos de una cerca</i>	12
2.5.3 <i>Sistema de avances de la línea de división</i>	13
2.6 Producción de leche bovina	15
2.6.1 <i>Destino de la producción de leche</i>	16
2.7 Fabricación de queso	16
2.7.1 <i>Proceso de elaboración.</i>	17
2.8 Automatización de procesos	20
2.8.1 <i>Un sistema automatizado consta de dos partes principales</i>	20
2.8.2 <i>Objetivos de la automatización</i>	21
2.8.3 <i>Elementos para la automatización industrial.</i>	22
3. DISEÑO DEL SISTEMA DE PASTOREO ROTACIONAL	
3.1 Identificación del área	28

3.2	Situación actual	29
3.3	Ventajas de la tecnificación de pastoreo rotacional.....	30
3.3.1	<i>Determinación de parámetros para la implementación de pastoreo rotacional intensivo tecnificado.</i>	30
3.3.2	<i>Ley de reposo.</i>	30
3.3.3	<i>Ley de ocupación.</i>	30
3.3.4	<i>Ley de requerimientos máximos.</i>	30
3.3.5	<i>Ley de rendimientos regulares.</i>	31
3.3.6	<i>Trabajo de campo.</i>	31
3.4	Calculo de capacidad de carga del potrero	32
3.4.1	<i>Calificación cualitativa de pasto.</i>	32
3.4.2	<i>Ubicar puntos para muestreo.</i>	33
3.4.3	<i>Colocar marco de aforo y delimitar área de muestreo.</i>	33
3.4.4	<i>Corte de muestra.</i>	34
3.4.5	<i>Pesar las muestras.</i>	34
3.4.6	<i>Ponderación de valores para establecer un solo valor de aforo promedio.</i>	36
3.4.7	<i>Calculo del consumo diario de pasto.</i>	36
3.4.8	<i>Función principal del sistema de pastoreo automático.</i>	37
3.4.9	División de potreros.	38
3.5	Diseño del sistema automatizado de pastoreo rotacional.....	39
3.5.1	<i>Método de selección.</i>	39
3.6	Diseño del sistema de pastoreo rotacional mediante cables y poleas.....	40
3.6.1	<i>Diseño de la estructura.</i>	41
3.7	Selección de componentes.....	44
3.7.1	<i>Selección del módulo lógico programable.</i>	44
3.7.2	<i>Selección de Logo.</i>	45
3.7.3	<i>Selección de motor.</i>	46
3.7.4	<i>Selección de fuente de poder.</i>	47
3.7.5	<i>Selección de temporizador analógico multirango.</i>	48
3.7.6	<i>Selección de temporizador digital.</i>	49
3.7.7	<i>Selección de polea.</i>	50
3.7.8	<i>Selección de alambre.</i>	52
3.7.9	<i>Selección de chumacera.</i>	54
3.8	Diseño de la caja de control.....	55
3.9	Construcción del sistema de pastoreo rotacional.....	55
3.9.1	<i>Estructura.</i>	55
3.9.2	<i>Construcción de la caja de control.</i>	56
3.9.3	<i>Conexiones eléctricas.</i>	57
3.9.4	<i>Programación logo 230 RC.</i>	58
3.9.5	<i>Programación temporizador analógico.</i>	59
3.10	Descripción del funcionamiento del sistema de pastoreo rotacional automatizado.....	59
3.10.1	<i>Estudio de cargas en el sistema final.</i>	62
3.11	Funcionamiento del electrificador.....	63
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE PASTOREO ROTACIONAL, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.	
4.1	Implementación del sistema de pastoreo rotacional automatizado.....	66
4.2	Pruebas de funcionamiento.....	69
4.2.1	<i>Prueba de funcionamiento con carga animal.</i>	70
4.2.2	<i>Pruebas de voltaje.</i>	71
4.3	Análisis en la producción de leche con sistemas de pastoreo rotacional manual y automático.....	71
4.3.1	<i>Producción con el sistema de pastoreo implementado.</i>	72
4.3.2	<i>Resultados.</i>	73

4.3.3	<i>Análisis de producción de quesos.</i>	74
4.4	Capacitación sobre uso del sistema.	75
4.5	Manual de operación y mantenimiento del sistema de pastoreo rotacional automatizado.	75
4.5.1	<i>Sistema de pastoreo rotacional automatizado.</i>	75
4.5.2	<i>Ventajas del pastoreo rotacional automatizado.</i>	76
4.5.3	<i>Mantenimiento.</i>	77
4.5.4	<i>Indicaciones.</i>	78
5.	COSTOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL SISTEMA.	
5.1	Costos directos	80
5.2	Costos indirectos	80
5.3	Costo total	81
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones	82
6.2	Recomendaciones	82

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-3. Uso actual de suelo en la parroquia Cebadas.	28
Tabla 2-3. Necesidades nutritivas de las vacas lecheras.....	31
Tabla 3-3. Necesidades nutritivas de las vacas lecheras.....	32
Tabla 4-3. Necesidades de nutrientes	35
Tabla 5-3. Calculo de necesidades de nutirentes	36
Tabla 6-3. Calculo de aforo promedio.....	36
Tabla 7-3. Formulación de dietas con Ray Grass, Pasto azul y trébol.	37
Tabla 8-3. Cuadro de ponderación.....	39
Tabla 9-3. Cuadro de selección.....	40
Tabla 10-3. Selección de la mejor alternativa.....	45
Tabla 11-3. Características Logo 230 RC.....	46
Tabla 12-3. Tabla de Selección de motor.	47
Tabla 13-3. Características fuente de poder	48
Tabla 14-3. Tabla de selección.	48
Tabla 15-3. Características temporizador analógico AH3.....	49
Tabla 16-3. Selección de la mejor alternativa.....	49
Tabla 17-3. Características temporizador TP8A16.....	50
Tabla 18-3. Avance del alambre de división	52
Tabla 19-3. Tabla de selección	52
Tabla 20-3. Características del alambre.....	53
Tabla 21-3. Efectos fisiológicos.	64
Tabla 22-3. Características electrificador raptor.....	64
Tabla 1-4. Tabla de funcionamiento	69
Tabla 2-4. Producción de leche, sistema de pastoreo rotacional manual.....	72
Tabla 3-4. Producción de leche, sistema de pastoreo rotacional automatizado.....	72
Tabla 1-5. Costos directos.	80
Tabla 2-5. Costos Indirectos.	80
Tabla 3-5. Costos totales.....	81

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1-2. Pastoreo	6
Figura 2-2. Sistemas de pastoreo	9
Figura 3-2. Pastoreo rotacional	10
Figura 4-2. Cercas	11
Figura 5-2. Postes de madera	12
Figura 6-2. Alambre liso	13
Figura 7-2. Tensores	13
Figura 8-2. Movimiento con eje y polea	14
Figura 9-2. Sistema de rieles	14
Figura 10-2. Sistema de poleas y cables.	15
Figura 11-2. Producción de leche	15
Figura 12-2. Destino de la producción de leche	16
Figura 13-2. Proceso de elaboración del queso.	19
Figura 14-2. Automatización en la industria alimenticia.	20
Figura 15-2. Partes principales de un sistema automatizado.	21
Figura 16-2. Temporizador.	22
Figura 17-2. Actuador lineal y rotativo.	23
Figura 18-2. Controladores	24
Figura 19-2. Logo	24
Figura 20-2. Logo 230 RC	25
Figura 21-2. PLC 230 RC	25
Figura 22-2. Motor asincrónico	26
Figura 23-2. Estructura del motor sincrónico	26
Figura 24-2. Servomotor Dc/ sin escobillas.	27
Figura 1-3. Pastoreo rotacional actual.	29
Figura 2-3. Área diaria de consumo de pasto	31
Figura 3-3. Identificación del nivel de crecimiento de pasto.	32
Figura 4-3. Identificación de puntos de muestra.	33
Figura 5-3. Marco de madera.	33
Figura 6-3. Colocación de marco de aforo.	34
Figura 7-3. Corte de pasto.	34
Figura 8-3. Pesado de muestras.	34
Figura 9-3. Avance de ganado	38
Figura 10-3. Sistema de pastoreo.	39
Figura 11-3. Área de pastoreo.	41
Figura 12-3. Estructura	42
Figura 13-3. Fuerza aplicada a la estructura	42
Figura 14-3. Resultado obtenido en el análisis de cargas.	43
Figura 15-3. Factor de seguridad	43

Figura 16-3. Estructura de rodillos conductores.....	44
Figura 17-3. Logo 230RC.....	46
Figura 18-3. Motor limpiaparabrisas.....	47
Figura 19-3. Fuente de poder.....	48
Figura 20-3. Temporizador analógico AH3.....	49
Figura 21-3. Temporizador TP8A16.....	50
Figura 22-3. Perímetro requerido.....	51
Figura 23-3. Polea de aluminio.....	51
Figura 24-3. Alambre de acero galvanizado.....	53
Figura 25-3. Fuerza aplicada.....	53
Figura 26-3. Deformación del cable seleccionado.....	54
Figura 27-3. Factor de seguridad.....	54
Figura 28-3. Chumacera SKF E2.....	55
Figura 29-3. Diseño caja de control.....	55
Figura 30-3. Estructura terminada.....	56
Figura 31-3. Montaje de logo en el riel.....	57
Figura 32-3. Circuito de mando.....	57
Figura 33-3. Circuito de potencia.....	58
Figura 34-3. Logo 230 RC.....	58
Figura 35-3. Programación básica logo.....	59
Figura 36-3. Programación temporizador analógico AH3.....	59
Figura 37-3. Diagrama de funcionamiento.....	60
Figura 38-3. Ensamble del sistema.....	61
Figura 39-3. Vista superior.....	61
Figura 40-3. Resultado del análisis.....	62
Figura 41-3. Factor de seguridad.....	63
Figura 42-3. Electrificador del sistema de pastoreo.....	64
Figura 1-4. Medición del terreno.....	66
Figura 2-4. Implementación de estructuras.....	66
Figura 3-4. Alturas recomendadas para cercas eléctricas.....	67
Figura 4-4. Montaje de alambres.....	67
Figura 5-4. Implementación del sistema automático.....	68
Figura 6-4. Caja de recubrimiento de motores.....	68
Figura 7-4. Varillas colocadas.....	70
Figura 8-4. Pruebas con carga animal.....	70
Figura 9-4. Pruebas de voltaje.....	71
Figura 10-4. Pastoreo rotacional automatizado.....	76
Figura 11-4. Mantenimiento en chumaceras.....	77
Figura 12-4. Poleas alineadas.....	77
Figura 13-4. Alambre en mal estado.....	78
Figura 14-4. Interruptor final de carrera.....	78

LISTA DE ABREVIACIONES

EMBRAPA	Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria
CNPML	Centro Nacional de Producción Más Limpia
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología en Hidrología
UFL	Unidades Forrajeras de Leche
PDI	Proteína Digestible Intestinal
UI	Unidades Internacionales
DIN	Instituto Alemán de Normalización
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional

LISTA DE ANEXOS

- A** Planos de la estructura
- B** Normas de instalación de cercas eléctricas

RESUMEN

El presente proyecto busca incrementar la producción de leche con el objetivo de aumentar la elaboración de quesos en la finca LAS SILVANITAS, mejorando el método de alimentación del ganado mediante el diseño y automatización de un sistema de pastoreo rotacional utilizando un módulo programable. Se diseñó una estructura donde se acoplan poleas y motores, estas estructuras se colocan en las esquinas del terreno, para delimitar el área de pastoreo se montan cables en las poleas y un alambre de división electrificado que se coloca perpendicularmente a los alambres colocados en las poleas. El transformador enviará un voltaje de salida para energizar al módulo programable, como se ingresó con anterioridad la programación cuando se active el tiempo programado se activarán los motores y las poleas girarán haciendo que el alambre de división avance 30 cm cada dos horas 5 veces por día, de esta manera el ganado se trasladará a un nuevo potrero. Para cubrir otra área de pastoreo todo el sistema se trasladará a un nuevo potrero y se iniciará todo el proceso antes descrito. Se realizó una comparación con datos estadísticos de producción mensual de leche proporcionados por la finca y datos recogidos en la implementación del sistema, se produjo un incremento de 50 litros mensuales que representan un aumento de 13 unidades de quesos de 600 gr, estos resultados fueron evidenciados a corto plazo y muestran que el sistema implementado ayuda al incremento de producción lechera en la finca “LAS SILVANITAS”. El sistema implementado permitió evidenciar una recuperación más rápida de las pasturas evitando que el ganado coma el rebrote. Se realizará tomas periódicas de voltaje en la cerca eléctrica, siempre el voltaje debe ser mayor a 3000 v si este voltaje es menor no se producirá ningún estímulo al animal.

PALABRAS CLAVES: <PASTOREO ROTACIONAL>, < CARGA ANIMAL>, < SISTEMAS AUTOMATIZADOS>, < MODULO PROGRAMABLE >, <GANADO BOBINO (BOVINAE)>

ABSTRAC

The aim of this research project was to increase cheese production via increasing milk production at LAS SILVANITAS farm. The variable tested was the improvement of the livestock feeding method by designing and automating a rotational grazing system using a programmable module. A structure was designed where pulleys and motors are coupled together, these structures were placed in the corners of a paddock, to mark out the boundaries of the grazing area, cables were mounted on the pulleys and an electrified division wire was placed perpendicular to the wires placed on the pulleys. The transformer will send an output voltage to energize the programmable module (previously programmed), when the programed time occurs, the motors will be activated and the pulleys will rotate causing the division wire to advance 30 cm every two hours, 5 times a day, so that the cattle will be gradually transferred to a new paddock. To cover a different grazing area, the entire system is moved to a new paddock and the entire process outlined above will start over. A statistical comparison was made between monthly milk production provided by the farm and data collected during the implementation of the system. The results demonstrated an increase of 50 liters per month, representing an increase of 13 units of 600 g cheese per month. These were short-term results and demonstrated that the implemented system helped to increase dairy production in LAS SILVANITAS farm. The implemented system also demonstrated faster pasture recovery as it stopped cattle from grazing on regrowth. Periodic shots of voltage charge the electric fence, the voltage must always be greater than 3000 V, if the voltage is any lower it will not affect the animals.

KEYWORDS: <ROTATIONAL PASTURES>, <ANIMAL LOAD>, <AUTOMATED SYSTEMS>, <PROGRAMMABLE MODULE>, <CATTLE (BOVINAЕ)>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCION.

1.1 Antecedentes

En el campo de la producción industrial, la automatización ha pasado de ser una herramienta de trabajo anhelada a una herramienta sumamente indispensable para lidiar en el mercado.

La capacidad intelectual del ser humano ha hecho posible encontrar soluciones prácticas a los problemas que el camino a la modernización ha presentado en las distintas etapas de avance tecnológico y que han marcado los registros históricos de los procesos industriales. (ING. RUEDA, Carlos. Automatización industrial: Áreas de aplicación de la ingeniería., 2011)

Los ganaderos aportan una gran parte al mercado alimenticio nacional, es un trabajo que requiere tiempo y dedicación, esto abarca una gran variedad de mercados, desde micro mercados hasta grandes comercializadoras. La finca LAS SILVANITAS se dedica a la producción de leche desde sus inicios.

Las exigencias del mercado actual, rigen a las empresas a buscar métodos de producción cada vez más rápidos, eficientes y que superen las expectativas de calidad del cliente, la automatización de procesos es la herramienta para que los sectores industriales mejoren su productividad, junto con estrategias administrativas y ventas. (GARCÍA, 2005)

La automatización de procesos consiente en aumentar la productividad de la empresa que esté dispuesta a invertir en ella, una maquinaria automatizada puede trabajar con mayor precisión y rapidez que una persona entrenada en alguna actividad determinada. (GARCÍA, 2005)

Con el pasar de los años la automatización se ha visto beneficiada con avances tecnológicos que facilitan y amplían su alcance y campo de aplicación, así maquinaria construida hace una década con tecnología de vanguardia para aquella época, hoy en día resulta obsoleta siendo necesaria una repotenciación y actualización. (GARCÍA, 2005)

Gran parte de este desarrollo está fundamentado en la evolución de la demanda por parte de unos clientes exigentes a los que los fabricantes intentan satisfacer con nuevos productos de mayor calidad y mejores especificaciones técnicas. Debido a esto la industria en general se vuelve más competitiva, por lo tanto, las empresas deben diseñar sus productos con tecnología mejorada para lograr sobresalir en un mercado global cada vez más competitivo. La ciencia y la tecnología han avanzado, desarrollando técnicas e instrumentos que se unen para lograr este objetivo de competitividad. (GARCÍA, 2005)

1.2 Planteamiento del problema

Alrededor de 150 millones de hogares en todo el mundo se dedican a la producción de leche. En la mayoría de los países en desarrollo, la leche es extraída por pequeños agricultores y la producción lechera contribuye a los medios de vida, la seguridad alimentaria y la nutrición de los hogares. La leche produce ganancias relativamente rápidas para los pequeños productores y es una fuente importante de ingresos en efectivo. (fao, 2010)

Según datos del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (Magap), actualmente se producen a diario unos 5,4 millones de litros de leche en Ecuador. De este monto, 4 millones de litros son comercializados en los distintos mercados; 2,8 millones de litros son transformados por industrias formales que procesan derivados; y 1,2 millones de litros son vendidos informalmente para elaborar quesos artesanales. A su vez, se conoce que unos 1,4 millones de litros quedarían en las haciendas para autoconsumo y para alimentación de terneros (telegrafo, 2016)

La provincia de Chimborazo por su clima y ubicación gran número de personas se dedican a la ganadería, en todos los cantones de la Provincia se produce más de 430.000 litros diarios de leche cruda, que representa un 8% de la producción nacional diaria, con un rendimiento de 6,7 litros por vaca y por día la finca LAS SILVANITAS está dedicada a la producción de leche que se utiliza casi en su totalidad en la fabricación de quesos que son comercializados en distintos lugares de la Provincia, cuenta con un sistema de pastoreo no tecnificado que funciona de forma manual, lo que dificulta la alimentación del ganado bovino a la hora adecuada y por ende la producción de quesos debido a que la leche es la materia prima fundamental, el sistema de pastoreo rotacional debe ejecutarse

cada dos horas y muchas veces el operario a cargo no lo realiza por diferentes factores, este sistema cuenta con un mecanismo tradicional de cavos que limitan el área de alimentación del ganado bovino, estos cavos están conectados mediante varias estacas que se encuentran enterradas al piso pero que pueden ser removidos en caso de que se necesite cambiar de lugar, además no se tiene registros para comprobar si la cantidad de pasto es suficiente para la carga animal que se encuentra en el área depastoreo.

En conjunto el sistema presenta problemas en la alimentación del ganado y una incorrecta productividad de leche en comparación a diseños modernos para el mismo fin, haciendo necesario la automatización del sistema de pastoreo, en la finca LAS SILVANITAS realiza la gestión para este fin, gestión que será de beneficio para las partes y en pro de la formación de profesionales. (ING. RUEDA, Carlos. Automatización industrial: Áreas de aplicación de la ingeniería., 2011)

1.3 Justificación

1.3.1 *Justificación teórica.* Según estudios realizados por instituciones nacionales de ganadería, en el Ecuador los manejos de pastoreo casi en su totalidad son continuos, el ganado permanece en un periodo prolongado en el mismo potrero, esto trae como consecuencia que el pasto sea pisoteado continuamente y además se mezcle con el excremento, debido a esto el ganado se alimenta con un forraje no adecuado y presenta como consecuencia una baja producción de leche.

La información y conocimientos atesorados de nuevas técnicas a través de la innovación tecnológica y el conocimiento recolectado por años de experiencia de autores, añadiendo a esto, el conocimiento generado en experiencias desarrolladas en el mismo campo de aplicación, es así que se exhibe la información necesaria de forma clara y concisa, que sirve de aporte para el desarrollo de las bases teóricas del presente trabajo e interés de nuevos conocimientos y técnicas aplicables. (OJEDA MERA, y otros, 2016)

Para la implementación del sistema automático que permite el control de los mecanismos se utiliza un autómata programable (LOGO) mediante el uso de lenguajes de programación y una interfaz PC – LOGO para desarrollar un ciclo repetitivo con el propósito de minimizar la intervención humana. (OJEDA MERA, y otros, 2016)

1.3.2 *Justificación metodológica.* Conocimientos generales sobre Automatización de Procesos e Investigación Operativa adquiridos a lo largo del, son inferidos a las necesidades del corral vacuno.

Las fases del trabajo de titulación permiten llevar las actividades planteadas en un orden lógico y ordenado, de tal manera, que no se podrá pasar a la siguiente actividad de la metodología mientras no se haya culminado con éxito la actividad antepuesta, esto permite llevar a cabo el proyecto de una manera metódica y mantener un índice del nivel de avance del mismo. (OJEDA MERA, y otros, 2016)

1.3.3 *Justificación práctica.* Con la implementación de un sistema automatizado de pastoreo rotacional se aumentará la producción de leche en la FINCA LAS SILVANITAS.

Se contará con un sistema de alimentación del ganado que permita que el pasto tenga su tiempo de descanso que es clave para recuperar la totalidad de sus nutrientes, el beneficio de este incremento se verá reflejado en la producción de un número mayor de quesos y en el reemplazo del trabajo manual del trabajador por un sistema automático mediante un módulo programable.

El diseño del sistema es funcional, se puede trasladar a cualquier área de la Finca. Toda persona, previo a una pequeña capacitación puede operar este sistema sin ningún problema.

1.4 **Objetivos**

1.4.1 *Objetivo general.* Diseñar, construir y automatizar un sistema de pastoreo rotacional mediante logo 230! RC para incrementar la leche del ganado bovino con el objetivo de aumentar la producción de quesos en la finca las Silvanitas en la ciudad de Riobamba.

1.4.2 *Objetivos específicos:*

- Analizar la situación actual del sistema de pastoreo rotacional que sirve para la alimentación del ganado bovino.

- Seleccionar la mejor alternativa para el control automático.
- Seleccionar los diferentes elementos mecánicos y electrónicos para la implementación del sistema de pastoreo rotacional automatizado.
- Implementar el sistema de pastoreo rotacional automático para que el ganado se alimente a la hora adecuada.
- Realizar pruebas del funcionamiento del sistema de pastoreo rotacional.
- Elaborar un manual de operación y mantenimiento del sistema de pastoreo rotacional automatizado.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Pastoreo

El pastoreo es el consumo directo de pasto por el ganado desde el campo, se considera el sistema más habitual de alimentación del ganado.

Figura 1-2. Pastoreo



Fuente: Autores

2.1.1 *Pasto.* Es toda planta que se cultiva con el fin de ser alimento para los animales debe cumplir características básicas como ser nutritiva, ser agradable para el consumo, además de ser de fácil manipulación para el hombre.

2.1.2 *Carga animal.* Se define como el número de animales que puede soportar una hectárea de forraje, esto puede variar según la época del año en verano se podrá sostener un menor número de ganado a diferencia de invierno donde la hectárea soportará a un número mayor. En cuanto a la cantidad de número de animales dependerá de la producción de pasto.

2.2 Factores que influyen en el pastoreo

2.2.1 *Disponibilidad de forraje.* Es la cantidad de forraje que está expuesto y destinado al pastoreo, se expresa en Kg de forraje por unidad de área. Intensidad de pastoreo: relaciona el estado de desarrollo y la disponibilidad de forraje de la pastura con la defoliación por parte de los animales, puede ser expresada en términos de carga animal, es decir el número de animales por unidad de área, o en términos de presión de pastoreo, indicándose esta en cantidad de forraje disponible por animal.

2.2.2 *Selectividad.* Grado de afinidad que tiene el animal hacia una especie específica o una parte de ella, tendencia a elegir qué es lo que va a consumir.

2.2.3 *Grado de defoliación.* Condición de la pradera luego de ser pastoreada, esta se ve afectada por la intensidad y frecuencia de pastoreo; a mayor intensidad de pastoreo habrá un mayor grado de defoliación de la pradera, afectando así la capacidad de rebrote que se verá reflejada en el siguiente pastoreo.

2.2.4 *Frecuencia de pastoreo.* Es el periodo de tiempo entre defoliaciones de una pradera, depende de la carga animal y el periodo de recuperación de la pastura y está directamente ligado a la intensidad del pastoreo.

2.2.5 *Pisoteo.* Es ocasionado por el tránsito del animal en la pradera y tiene dos efectos sobre esta: produce laceraciones y cortes en los tejidos vegetales del pasto, y hace que el suelo se compacte; además cuando el suelo está muy húmedo por efectos del mismo pisoteo el pasto se empantana.

2.3 Aforo de pasto

En una forma muy resumida se define el aforo de pastos como la cantidad de forraje por unidad de área expresada en Kg/m². Pero, debido a que la finalidad de un aforo de pastos es poder contar con una base más objetiva, si bien no puede ser considerada como una medida precisa pero si más confiable, para determinar la carga animal o capacidad de carga animal de un predio en uso ganadero y entendiendo que esta carga animal se expresa a su vez como unidades gran ganado o unidades de ganado mayor por hectárea de suelo (UA/Ha o UGM/Ha), y que el aforo es apenas una pequeña muestra de lo que un predio ganadero produce en su totalidad, el aforo luego es extrapolado a la expresión Kg/Ha, para que con base en la cantidad de pasto producida en una hectárea de suelo se determine la carga animal de esa misma área (M, 2010).

Existen tres tipos de métodos para realizar un aforo estos son:

- Aforo en cruz o en forma de x.
- Aforo en sig. zaga o en forma de Z.
- Aforo por doble muestreo.

2.3.1 *Aforo en cruz o en forma de x.* (o aforo en forma de X), que consiste en ubicar las 4 esquinas del potrero “relativamente equidistantes” y recorrerlo de una esquina a otra en línea diagonal y luego en la diagonal perpendicular u opuesta (31). Cada 5 pasos se descarga el marco de aforo de 1 m² de área sobre el piso, se corta una submuestra (todo el pasto que queda dentro del marco), y se pesa con una balanza de kilos y gramos. Al final se suman los pesos de todas las submuestras y se divide por el número total de submuestras que se tomaron para obtener el “promedio aritmético” en Kg/m² (M, 2010).

2.3.2 *Aforo en zigzag o en forma de Z.* Que es igual al que se implementa comúnmente para muestreo de suelos (18), y que consiste en tomar con el mismo marco de 1 m² unas 15 ó 20 submuestras por cada 10 hectáreas de extensión del pastizal recorriendo el terreno a lo largo y ancho en forma de zigzag o de Z. Los puntos donde se toma cada submuestra los elige quien esté realizando este procedimiento y lo hace aleatoriamente, es decir, sin seguir un orden o patrón para no sesgar la muestra, pues se trata que la muestra sea representativa y no el resultado de una elección a gusto, capricho o conveniencia de quien las toma.

2.3.3 *Cada submuestra se pesa con una balanza de kilos y gramos.* Los pesos de las submuestras tomadas se suman y se divide por el número de submuestras tomadas para determinar el “promedio aritmético” en Km/m² (M, 2010).

2.3.4 *Aforo por doble muestreo.* El método más común, el más implementado, es el aforo mediante doble muestreo por rango visual (6, 9, 17, 33) que consiste en tomar mínimo tres submuestras (mientras más submuestras se tomen menos error en el resultado) en tres o más puntos diferentes de la pastura que se eligen visualmente con base en las diferentes alturas de crecimiento del pasto (alto, medio y bajo) que se está aforando, se pesa cada submuestra que representa a cada nivel de altura con una balanza de kilos y gramos, y finalmente se suman los pesos de las tres o más submuestras obtenidas y se divide por el número de submuestras tomadas para determinar el “promedio aritmético” en Kg/m² (M, 2010).

2.4 **Sistemas de pastoreo**

Existen 4 tipos principales de sistemas de pastoreo de estos existen varias modificaciones y combinaciones:

- Pastoreo continuo o extensivo
- Pastoreo alternado
- Pastoreo diferido
- Pastoreo rotacional o intensivo

Figura 2-2. Sistemas de pastoreo



Fuente: <https://goo.gl/JaQOfd>

2.4.1 *Pastoreo continuo o extensivo.* Llamamos pastoreo continuo a aquel sistema en el cual las pasturas son utilizadas ininterrumpidamente durante todo el año, con carga fija o variable, sin llegar a decir que los animales pastorean las mismas plantas de forma continua.

En este tipo de pastoreo, los animales escogen donde y que comer, y es por este motivo que algunos investigadores afirman que este sistema es más saludable para el rebaño. Según, Ana Primavesi, “este sistema impide la continuidad de una pecuaria prospera” (Nadai, 2004)

2.4.2 *Pastoreo alternado.* Considerado uno de los métodos más simples de realizar, ya que requiere de un manejo mínimo de las pasturas. Consiste en reservar dos campos o Pastos Para cada lote de animales, donde deberán pastorear alternadamente, o sea se utiliza uno de los pastos por un periodo adecuado para la especie, mientras el otro está en reposo.

Con la adopción de este sistema ya notamos una disminución de los daños causado por el pastoreo continuo, pues como citamos anteriormente, las plantas necesitan de un periodo de descanso para reponer energías y rehacer su periodo radicular (Nadai, 2004)

2.4.3 Pastoreo diferido. El pastoreo diferido consiste en vedar la entrada de los animales en determinadas áreas al final de la estación de crecimiento, reservando el exceso de pasturas en forma de heno en pie, para pastoreo directo durante la época seca.

Se recomienda que esta práctica solo es recomendada para regiones de invierno seco, pues las lluvias ocasionan que la masa se pudra.

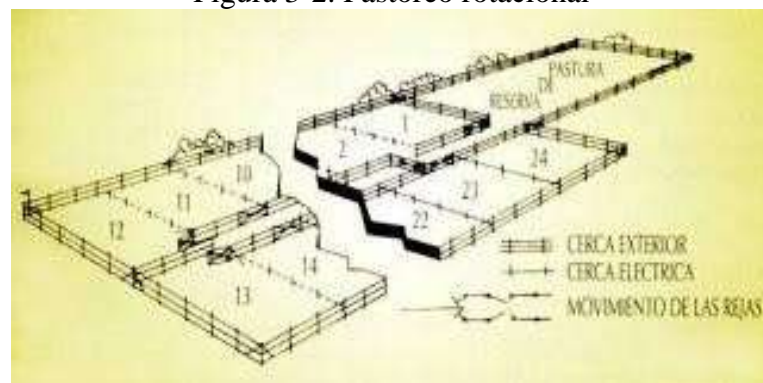
Recalcamos que, a pesar de realizar el manejo correcto con esas pasturas, ellas presentan un bajo valor nutritivo a pesar de la alta disponibilidad de forraje. Por lo tanto, este sistema de manejo debe ser asociado a algún tipo de suplementario alimenticia, con sal mineral con urea, mezcla mineral múltiple y concentrado energético proteico (Nadai, 2004)

2.4.4 Pastoreo rotacional. Se trata de una adaptación tropical del método Voisin, inicialmente desarrollado por investigadores de la EMBRAPA – CNPGL en coronel Pacheco – MG y la Esalq – Usp de Piracicaba – SP. Adaptado para las condiciones tropicales de Brasil (Barcellos, 1996)

El sistema consiste en dividir el pasto en diversas áreas para que el ganado se alimente de forma secuencial, así el área es aprovechada en su totalidad además de descansar las áreas que no se estén alimentando al ganado.

El objetivo del sistema rotacional consiste en cargas altas por periodos cortos de permanencia para que el ganado no tenga oportunidad de escoger su pasto que está comiendo, así se aprovecha toda la pastura.

Figura 3-2. Pastoreo rotacional



Fuente: <https://goo.gl/mytDi4>

2.4.4.1 *Tipos de pastoreo rotacional.* Existen diversos tipos de pastoreos rotacionales entre los más importantes están:

- Alterno
- Circular
- En franjas
- Lateral
- Carril central

2.4.4.2 *Beneficios del pastoreo rotacional*

- Caminan menos los animales
- Menor cantidad de malezas
- Mayor cantidad de alimento
- Recuperación del pasto
- Mejor distribución de heces y orina
- El animal come pasto de mejor calidad

2.5 Cercas de ganado

Es una barrera psicológica para el ganado bovino, que luego de experimentar un choque el animal no ejerce ninguna carga física contra la cerca, la cerca sirve para un adecuado cerramiento de la parcela además de servir para mantener en buen resguardo al ganado en tiempos periódicos.

Figura 4-2. Cercas



Fuente: Autores

2.5.1 *Tipos de cercas.* Existen diferentes tipos de cercas las más importantes son:

- Cercas vegetales
- Cercas de alambre de espino
- Cercas de alambre liso
- Cercas eléctricas.

2.5.2 *Elementos de una cerca*

2.5.2.1 *Postes.* Es el elemento que da sostén al alambrado, los materiales de fabricación van a depender de su uso, los postes de madera y de granito se suelen fijar en suelo con tierra o arena, los metálicos se fijan con hormigón.

En terrenos blandos los metálicos o de madera tratada se suelen colocar clavándolos directamente al suelo, esto no es aconsejable en postes de metal debido al exceso de humedad que puede causar oxidación en su estructura.

La profundidad a que se entierra el extremo es de 30 a 60 cm.

Figura 5-2. Postes de madera



Fuente: <https://goo.gl/tOU1iy>

2.5.2.2 *Alambre.* Es el elemento que determina el área de la cerca, sirven para contener al ganado.

Deben ser resistentes debido a que estarán sometidos a altas tensiones, además de ser fáciles de instalar y manejar.

Figura 6-2. Alambre liso



Fuente: <https://goo.gl/oYBrFR>

2.5.2.3 *Separadores.* Sirven para mantener la tensión entre poste y portes suelen ser fabricados de madera o de metal dulce o de varillas.

2.5.2.4 *Tensores.* Son elementos que dan tensión a los alambres, existen de diferentes tipos como: tensores de simple carraca, doble carraca, se diferencian por la capacidad de enrollamiento, otros tensores ampliamente utilizados son las de husillo a rosca.

Figura 7-2. Tensores



Fuente: <https://goo.gl/tCKQiy>

2.5.2.5 *Grapas.* Sujetan al alambre en los postes, se pueden encontrar en cajas de 3,5 kg por caja, existen de varios tipos como los elementos anteriores su tipo dependerá de su aplicación y del tipo de poste.

2.5.3 *Sistema de avances de la línea de división*

2.5.3.1 *Sistema de desplazamiento mediante eje y polea.* Este sistema esta propuesto para que la línea de división sea transportada mediante dos poleas que se desplazaran individualmente en un eje, el movimiento estará accionado por un motor y un mecanismo de cadenas.

Figura 8-2. Movimiento con eje y polea

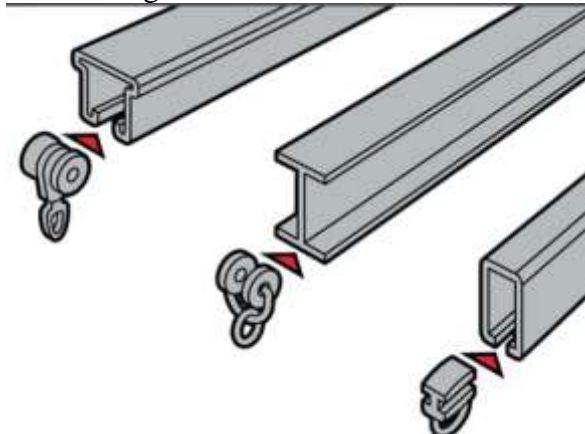


Fuente: <https://goo.gl/V7Dxf4>

Para este sistema se necesitan materiales que sean resistentes a las condiciones climatológicas del lugar.

2.5.3.2 *Sistema de rieles.* Es un sistema similar al sistema de puente grúa, con dos ruedas colocadas a un costado que se guían mediante rieles laterales, el sistema se moverá con el accionamiento de un motor.

Figura 9-2. Sistema de rieles



Fuente: <https://goo.gl/FpeMDR>

Este sistema presenta un límite en la distancia de desplazamiento, al ser un material altamente costoso.

2.5.3.3 *Poleas y cables.* En esta propuesta el alambre de división será transportado mediante cables que se colocaran en poleas y su movimiento será accionado por dos motores.

A medida que las poleas giren el cable de división se desplazará la distancia correcta para que el ganado se desplace a un nuevo potrero, el sistema estará automatizado mediante un módulo programado.

Las poleas y motores estarán colocadas en una estructura de altura regulable.

Figura 10-2. Sistema de poleas y cables.



Fuente: Autores

2.6 Producción de leche bovina

Los bovinos son capaces de producir leche en grandes cantidades, como toda actividad económica el objetivo es producir más a menor costo, esto en el campo de la producción de leche se refiere a producir la mayor cantidad de leche de buena calidad por hectárea a menor costo posible (CONCELLÓN, 1995)

Para producir leche de buena calidad se necesita de cuatro factores básicos: alimentación, animales de calidad, buen manejo y estricta sanidad.

Figura 11-2. Producción de leche



Fuente: <https://goo.gl/7CmAAe>

2.6.1 *Destino de la producción de leche*

2.6.1.1 *Autoconsumo.* Fracción de la producción de leche destinada al consumo del grupo familiar, dada a los trabajadores como forma de pago o regalada.

2.6.1.2 *Fabricación de queso en finca.* Fracción de la producción de leche destinada a la manufactura de queso en instalaciones de la unidad de producción agrícola (UPA) sin cambio de propiedad del producto comercial.

2.6.1.3 *Receptoría.* Centro de acopio de producción ubicado en las zonas ganaderas que luego cumple la función de distribución de la leche hacia plantas industriales o fabricación de quesos.

2.6.1.4 *Planta industrial.* Fracción de la producción de leche vendida a establecimientos dedicados a la pasteurización, esterilización y/o pulverización.

2.6.1.5 *Quesera.* Fracción de la producción de leche vendida por el productor a una planta industrial de quesos, la cual recibe el producto de varias unidades de producción agrícola (UPA) para satisfacer su demanda de materia prima.

Figura 12-2. Destino de la producción de leche



Fuente: <https://goo.gl/aLIF7R>

2.7 **Fabricación de queso**

El queso es el producto elaborado obtenido por coagulación y separación de cualquiera de los siguientes productos: leche, nata, leche desnatada (total o parcialmente), suero de mantequilla o de una mezcla de cualquiera de ellos. Así, podemos ver que el principal ingrediente para elaborar queso hecho a mano, es contar con una buena calidad de la leche (Biomanantial)

2.7.1 *Proceso de elaboración.*

2.7.1.1 *Recepción de materia prima.* Tarea en que la leche se higieniza con el fin de eliminar las impurezas, esta operación se realiza con un tanque de recepción en acero inoxidable, equipado con coladores muy finos. Homogenización de la leche. Se homogeniza si se quiere tenga parámetros específicos de materia grasa, para ello se utilizan desnatadoras que por acción centrífuga separan la grasa láctea. En el caso de no realizar el tratamiento de homogenización, el queso se fabrica con leche entera.

2.7.1.2 *Almacenamiento.* Posteriormente, si la leche no va a ser sometida al proceso de fabricación en ese mismo momento, se enfría a 3-4°, que es la temperatura óptima de conservación incluida su transporte. (emprendedor, 2014)

2.7.1.3 *Pasteurización.* Tratamientos térmicos de la leche. Antes de iniciar la fabricación del queso, con leche recién ordeñada, o con leche refrigerada, almacenada, la leche se puede someter a un proceso térmico a 70/80° durante 20/40 segundos, a este proceso se le denomina pasterización, su objetivo es eliminar microbios patógenos de la leche. Cuando este proceso no se aplica se dice que el queso está fabricado con leche cruda. (emprendedor, 2014)

El queso fabricado con leche cruda, es sabrosísimo, y se le puede consumir sin ningún problema, siempre que tengan más de 60 días de curación, o bien con una maduración inferior si la leche procede de tambos higienizados y con buenas prácticas de producción (Biomantial)

2.7.1.4 *Tanqueado.* Llenado del Tanque/cuba y adición de fermentos. Una vez leche tratada térmicamente, o cruda, esta se vierte en un tanque/cuba, llevándose a cabo un proceso de calentamiento hasta 25-30° de temperatura, en la que se añaden los cultivos de bacterias lácticas, y fermentos, mohos cuya misión es que crezcan y aporten aromas y sabores a desarrollarse en todo el proceso de la maduración. (emprendedor, 2014)

2.7.1.5 *Coagulación de la leche.* En acto seguido, se añade el Cuajo en las proporciones indicadas por el fabricante y dependiendo el tipo de queso, es en este momento cuando la leche pasa a transformarse en queso, puesto que la caseína (la más

importante proteína de la leche) es coagulada a unos 30/32°, las formulaciones para la fabricación conforme al queso van entre los 30°/35°.

Otra técnica de coagulación es mediante la acidificación de la leche, ésta se deja a temperatura ambiente y su acidez va subiendo hasta que adquiere un aspecto de cuajada o de “leche cortada”. Este sistema es utilizado para la fabricación de varios tipos de quesos. (emprendedor, 2014)

2.7.1.6 *Corte de la masa cuajada.* Cuando la coagulación ha terminado, convertida en masa cuajada, se procede a cortarla mediante cuchillas o liras, el objeto de cortar la masa es conseguir con granos/cuadritos de mayor o menor tamaño dependiendo del suero que se quiera retener, normalmente un queso más húmedo (quesos frescos) está formado por granos más grandes. (emprendedor, 2014)

2.7.1.7 *Calentamiento de la cuajada.* La masa o pasta cuajada, una vez haya sido cortada y desuerada, se procede a su calentamiento entre los 30/48°C, mientras es agitada para que los granos permanezcan separados y no se vuelvan a unir. Cuanto más se calientan los cuadritos/granos de la masa, más seca resultará debido al mayor desprendimiento de suero (emprendedor, 2014).

En función de la temperatura a la que se ha sido sometida la masa o pasta, hablamos de pasta/masa blanda, pasta/masa semicocida, pasta/masa cocida.

2.7.1.8 *El prensado del queso.* Finalizado el calentamiento, se procede al llenado de los moldes, que le darán la forma y el tamaño al queso. Los moldes pueden ser sometidos a una prensada. (emprendedor, 2014)

Esta presión produce una eliminación del suero y permite al queso, adoptar formas mucho más acentuadas. Así entonces hablamos de quesos de pasta/masa prensada y de quesos de masa/pasta no-prensada (emprendedor, 2014).

2.7.1.9 *Salación, el salado del queso.* Una vez el queso se haya prensado, se pasa a la fase de salado, ésta puede ser hecha en seco, aplicándola directamente sobre la masa, o por inmersión en agua con sal o salmuera. (emprendedor, 2014)

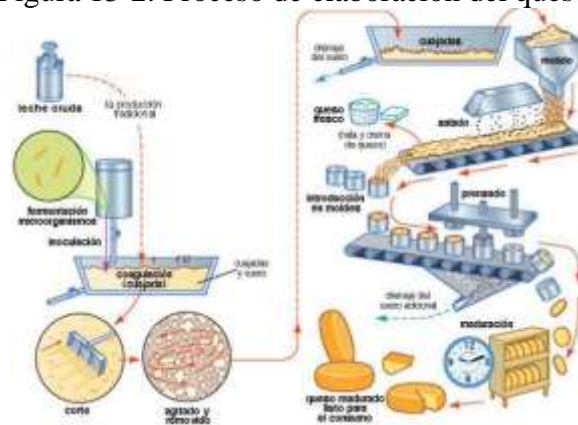
2.7.1.10 *Madurado.* La maduración es la última fase de la fabricación, ésta puede durar desde algunas horas, hasta varios meses, variando conforme con el tipo de queso que se quiere obtener. (emprendedor, 2014)

En este proceso de maduración se desarrollan una gran cantidad de aromas y sabores. La curación se lleva a cabo en zonas especialmente acondicionadas para ello, donde la temperatura y la humedad son las adecuadas para cada tipo de quesos, lo que implica adaptar o implementar instalaciones, con clima controlado, existiendo algunas regiones, incluso condiciones naturales de temperatura y humedad, dando un origen especial a sus quesos. (emprendedor, 2014)

Para elaborar queso se calienta la leche a unos 35-40°C y se añaden fermentos (estos son cultivos de bacterias lácticas, hongos y levaduras que serán los encargados de proporcionar su aroma y sabor al queso, así como de garantizar su conservación), siempre autorizados. Se le añade cuajo (puede ser animal o vegetal) y la leche empieza a coagular (en gran medida por la coagulación de la proteína caseína). La pasta que se forma debe ser separada del suero (la parte de la leche que no cuaja), se debe calentar y se dispone en moldes para ser prensada (emprendedor, 2014)

Se sala el queso y pasa a la sala de maduración donde perderá poco a poco agua y estará esperando hasta su consumo, dependiendo de la maduración el queso artesanal, puede ser queso fresco, tierno, oreado, curado, viejo y añejo y dependiendo de las prácticas que se usen en el resto de los procesos mencionados podremos tener la gran variedad de quesos que hay en el mercado. (emprendedor, 2014)

Figura 13-2. Proceso de elaboración del queso.



Fuente: <https://goo.gl/7H3WfX>

2.8 Automatización de procesos

La automatización de procesos es la sustitución de tareas tradicionalmente manuales por las mismas realizadas de manera automática por máquinas, robots o cualquier otro tipo de automatismo (Iñiguez, 2011)

La automatización tiene ventajas muy evidentes en los procesos industriales se mejora en costes, en servicio y en calidad, el trabajo es más rápido y no necesita de una cantidad determinada de operarios que antes eran necesarios, además se producen menos problemas de calidad por realizarse el trabajo de una manera más uniforme debido a las especificaciones dadas al automatismo.

La Automatización Industrial la encontramos en muchos sectores de la economía, como en la Fabricación de Alimentos, Productos Farmacéuticos, Productos Químicos, en la Industria Gráfica, Petrolera, Automotriz, Plásticos, Telecomunicaciones entre otros, sectores en los cuales generan grandes beneficios. No solo se aplica a maquinas o fabricación de productos, también se aplica la gestión de procesos, de servicios, a manejo de la información, a mejorar cualquier proceso que con lleven a un desempeño más eficiente, desde la instalación, mantenimiento, diseño, contratación e incluso la comercialización (Iñiguez, 2011).

Figura 14-2. Automatización en la industria alimenticia.



Fuente: <https://goo.gl/PnxBrt>

2.8.1 *Un sistema automatizado consta de dos partes principales:*

- Parte de mando
- Parte operativa

2.8.1.1 *La parte operativa.* Es la parte que actúa directamente sobre la máquina, son los elementos que hacen que la máquina realice la operación deseada, los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, entre otros. (Iñiguez, 2011)

2.8.1.2 *La parte de mando.* Suele ser un autómatas programable aunque hasta hace poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos. (Iñiguez, 2011)

En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable está en el centro del sistema, este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado. (Iñiguez, 2011)

Figura 15-2. Partes principales de un sistema automatizado.



Fuente: <https://goo.gl/iNl1Lz>

2.8.2 *Objetivos de la automatización*

- Incremento de la seguridad industrial al mejorar las condiciones de trabajo, suprimiendo trabajos de alto riesgo por procesos automatizados.
- Realizar las operaciones difíciles con gran exactitud que manualmente son imposibles de controlar. (Iñiguez, 2011)
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso. (Iñiguez, 2011)

- Integrar la gestión y producción.
- Incrementar la productividad
- Mejora la calidad del producto
- Reducir el tiempo de manufactura
- Reducción del proceso de inventarios (Iñiguez, 2011)

2.8.3 *Elementos para la automatización industrial.* Existen 3 elementos básicos para que la automatización industrial sea posible estos son: elementos sensores, temporizadores, actuadores y controladores.

2.8.3.1 *Temporizadores.* Es un dispositivo con el que se puede programar la conexión o desconexión de un circuito eléctrico

Funciona mediante un contador binario, se encarga de medir los pulsos suministrados por un elemento oscilador con una base de tiempo ya conocido.

Los temporizadores en la conexión miden un tiempo, reciben la tensión hasta que liberan los contactos, a diferencia que en la desconexión donde deja de recibir tensión por un cierto tiempo y pasado un tiempo cierra el contacto.

Figura 16-2. Temporizador.



Fuente: <https://goo.gl/At5PTu>

Los temporizadores se dividen en 2 grupos que son:

- Digitales
- Analógicos

Los temporizadores digitales tienen una pantalla de programación, su uso se asimila aun reloj.

Los temporizadores analógicos tienen una perilla graduada con una escala donde se selecciona el rango de tiempo.

Figura 17-2. Actuador lineal y rotativo.



Fuente: <https://goo.gl/B5Fydc>

2.8.3.2 Controladores. Un controlador es un dispositivo de aplicación específicamente para el control de procesos industriales.

Los Controladores son máquinas secuenciales que ejecutan correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando unas órdenes o señales de mando a partir de las señales de entrada leídas de la planta (aplicación): al detectarse cambios en las señales, el autómata reacciona según el programa hasta obtener las órdenes de salida necesarias. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control actualizado del proceso. La secuencia básica de operación del autómata se puede dividir en tres fases principales: Lectura de señales desde la interfaz de entradas. Procesado del programa para obtención de las señales de control, escritura de señales en la interfaz de salidas a fin de optimizar el tiempo, la lectura y escritura de las señales se realiza a la vez para todas las entradas y salidas; entonces, las entradas leídas de los módulos de entrada se guardan en una memoria temporal (Imagen entradas), a esta acude la CPU en la ejecución del programa, y según se va obteniendo las salidas, se guardan en otra memoria temporal (imagen de salida), una vez ejecutado el programa completo, estas imágenes de salida se transfieren todas a la vez al módulo de salida. (PLC-CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE, 2016). (Cordova, 2006)

Figura 18-2. Controladores



Fuente: <https://goo.gl/39FYhO>

- **Logo.**

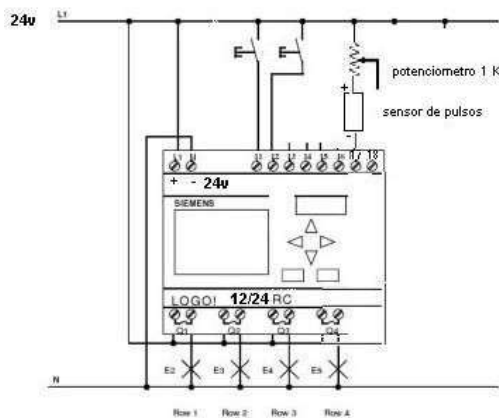
Es un módulo lógico, es decir, un controlador programable que permite que, sin intervención humana, las máquinas hagan un trabajo, pero la palabra clave e importante es programable, que no programado, por tanto, es necesario programar el LOGO, para que este haga una tarea ya que de por sí, no hace nada.

Básicamente funciona de la siguiente manera: al LOGO, le vas a dar como datos de entrada una serie de señales, las cuales van a ser procesadas en el programa, y el LOGO, va a dar unos datos de salida.

Esto en el mundo real se traduce en unos pulsadores, manetas, sensores etc. (datos de entrada), un procesamiento en el LOGO y una activación o no de salidas de relé (datos de salida).

Figura 19-2. Logo

Cableado de LOGO!



Fuente: <https://goo.gl/pRK3vo>

LOGO RC 230.

Es un módulo que controla equipos en instalaciones residenciales e industriales, cuenta con 6 entradas digitales y 4 salidas digitales por relé.

Figura 20-2. Logo 230 RC



Fuente: <https://goo.gl/qg0vAQ>

Modulo 230 RCO.

De características similares al módulo lógico programable RC 230, pero no cuenta con una pantalla ni reloj incorporado.

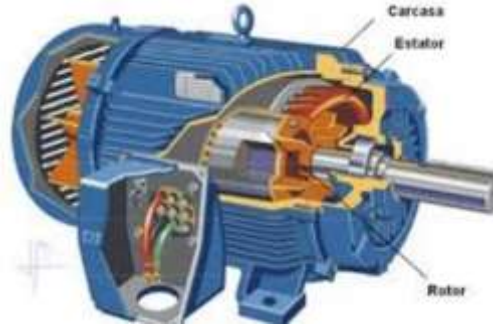
Figura 21-2. PLC 230 RC



Fuente: <https://goo.gl/VscFV6>

2.8.3.3 Motor asincrónico. Los motores asincrónicos generan un campo magnético giratorio debido a eso su nombre, porque la parte giratoria, el rotor y el campo magnético provocado por la parte fija, los estatores tienen velocidad desigual, a esta desigualdad de velocidad se le llama deslizamiento.

Figura 22-2. Motor asincrónico



Fuente: <https://goo.gl/Ua049q>

2.8.3.4 Motor sincrónico. El rotor tiene una variante, el devanado del campo del polo saliente que genera el campo magnético giratorio del entrehierro, tiene un devanado amortiguador constituido por barras circulares, las cuales están incrustadas en ranuras de las caras polares y están cortocircuitadas por una barra plana circular.

El devanado amortiguador tiene dos funciones: la primera es disminuir las oscilaciones del rotor, particularmente cuando las cargas están sometidas a variaciones bruscas y la segunda es generar un torque de partida para el arranque del motor síncrono (Benito, 1970).

Figura 23-2. Estructura del motor sincrónico

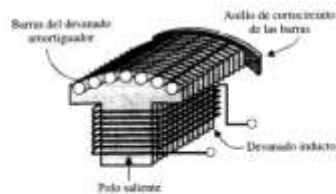
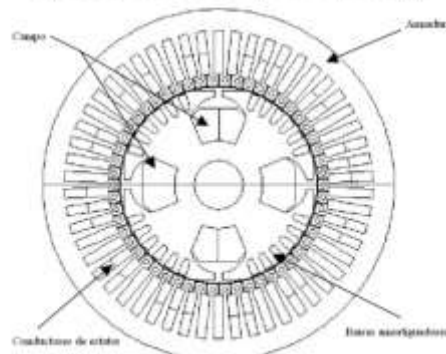


Figura 7.1. Estructura del devanado amortiguador [12]



Fuente: Benito, 1970

2.8.3.5 Servomotores. Se utilizan para dar movimientos controlados, son empleados en robótica y electrónica debido a su gran fuerza y precisión.

Figura 24-2. Servomotor Dc/ sin escobillas



Fuente: <https://goo.gl/tRWC3o>

CAPITULO III

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE PASTOREO ROTACIONAL

3.1 Identificación del área

La finca Silvanita está ubicada en la parroquia rural de Cebadas perteneciente al cantón Guamote de la Provincia de Chimborazo, se encuentra a 5,5 Km de la parroquia Cebadas vía a Macas a una altura de 3000 m.s.n.m, su temperatura media anual es de 13,7°C, constituyendo dos tipos de climas: Invierno húmedo frío en los meses de octubre a mayo y verano cálido, seco, ventoso de junio a septiembre; una humedad relativa del 96,8%, una nubosidad de 3,1 horas/día y una precipitación de 681 mm. Según datos de INAMHI 2014. (Brito, 2016)

La parroquia Cebadas se caracteriza por ser una zona productora de leche, esto lo demuestra la producción de 28450 litros que se produce cada día en toda la parroquia, proveniente de pequeños y medianos productores. Esta producción está sustentada en una población de 4894 vacas productoras de leche, mismas que tienen su soporte en una superficie de 7177 hectáreas de pastos naturales o establecidos. El 98% de la producción de leche día se dedica al mercado y apenas el 2% para autoconsumo (GAD Cebadas, 2015)

El uso de suelo en pastizales naturales y cultivados en la parroquia representa unas 7177,30 hectáreas que representa un 18,2%.

Tabla 1-3. Uso actual de suelo en la parroquia Cebadas.

TIPO DE USO	SUPERFICIE (ha)	%
Paramo	28733,0	72,9
Pastos	7177,3	18,2
Cultivos	2218,5	5,6
Bosques	671,0	1,7
Área Erosionada	85,0	0,2
Área abandonada	446,5	1,1
Vivienda	65,8	0,2
Total	39397,0	100

Fuente: Equipo técnico actualización del PD y OT, 2015

3.2 Situación actual

En la finca Silvanita en los 5 últimos años se ha venido dando mejoras para conseguir una mayor producción de leche específicamente en pastos y suplementos alimenticios para el ganado.

La finca cuenta con una extensión de 9 Ha de potrero, con 3 tipos de razas de vacas estas son: Holstein, Jersey F1 y vacas mestizas, su promedio diario de producción de leche es de 300 litros destinados en su gran mayoría a la elaboración de quesos.

El pasto está compuesto por Ray grass, trébol blanco, pasto azul, alfalfa entre los principales.

En la finca está implementado un sistema de pastoreo rotacional manual, el sistema funciona de la siguiente manera; el ganado se encuentra en el área de pastoreo cercado con un electrificador de 1200 V y de 0,9 amperios de salida.

Un trabajador es el encargado de mover el alambre 30 cm cada dos horas 5 veces al día para que el ganado avance según el pasto disponible. Este es el principal problema porque el trabajador debe estar siempre pendiente del ganado, pero por las múltiples ocupaciones de este trabajador, en ocasiones no puede supervisar continuamente este proceso, esto genera que los bovinos se acumulen frente al alambre y retrocedan en busca de pasto, esto afecta directamente en el consumo ideal de pasto y se refleja en la producción normal de leche.

Figura 1-3. Pastoreo rotacional actual.



Fuente: Autores

3.3 Ventajas de la tecnificación de pastoreo rotacional

El sistema de pastoreo rotacional tecnificado brinda periodos de descanso al pasto, este periodo hace que sus propiedades se regeneren para que los animales se alimenten con los mejores nutrientes, de esta forma se logra tener una producción ganadera más rentable.

Otra ventaja es el consumo más uniforme de pasto además permiten que las plantas produzcan semillas para asegurar su propagación. El sistema reemplaza la actividad del trabajador logrando que el tiempo que destinaba para esta actividad sea aprovechado en otro trabajo (M, 2010)

3.3.1 *Determinación de parámetros para la implementación de pastoreo rotacional intensivo tecnificado.* La eficiencia para la implementación de este sistema dependerá de la utilización de todos los conocimientos y herramientas existentes sobre este método, existen cuatro leyes fundamentales denominadas leyes UNIVERSALES, que pueden ser aplicadas en cualquier parte del mundo, en cualquier clima, en donde haya crecimiento de pasturas, por mínimo que este sea. De estas cuatro leyes, dos se refieren al pasto y dos al ganado (cualquier especie). Las Leyes Universales del Pastoreo Racional son las siguientes (Nadai, 2004).

3.3.2 *Ley de reposo.* Entre un corte y otro tiene que transcurrir un tiempo suficiente para que la planta acumule reservas nutricionales especialmente en la raíz, si la parte aérea de la planta es comida antes del tiempo necesario de rebrote el pasto va utilizando las reservas radicales hasta que la planta se deteriora o muere, eso es en resumen por qué debe haber un tiempo de reposo prudentemente largo. Los tiempos de crecimiento dependen del tipo de pasto.

3.3.3 *Ley de ocupación.* La ocupación del ganado en el pasto debe ser de máximo tres días, si son periodos más cortos es mejor, de reposo el tiempo ideal es de cuarenta a sesenta días para que el pasto pueda llegar hasta un punto de crecimiento en cantidad y calidad.

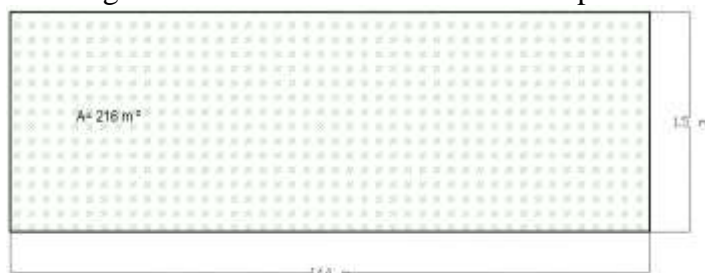
3.3.4 *Ley de requerimientos máximos.* El animal de más necesidad nutricional (vacas de alta producción) debe comer el mejor pasto para que tengan un mejor desempeño en sus funciones vitales como en su producción de leche y ganancia de peso.

3.3.5 Ley de rendimientos regulares. Cuando el animal entra en un nuevo potrero, este alcanza su máximo rendimiento en el primer día. El ganado como está comiendo permanentemente le gusta el pasto que se encuentra debajo del alambre de división y no regresa a comer los rebrotes.

3.3.6 Trabajo de campo. Se realizó un estudio de campo para determinar el área de pasto que el ganado consume diariamente. Se tomaron medidas desde el inicio de consumo de pasto hasta el final dando como resultado las siguientes dimensiones:

Ancho 1.5 m y largo 144 m, es decir el ganado al final del día avanza 1.5 m, el área total de consumo es 216 m².

Figura 2-3. Área diaria de consumo de pasto



Fuente; Autores

Para la implementación de este trabajo se cita datos de un estudio realizado en esta finca sobre los componentes nutricionales diarios de pasto y complementos alimenticios del ganado.

Tabla 2-3. Necesidades nutritivas de las vacas lecheras

ELEMENTOS	UNIDADES	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE PASTOS Y DEL COMPLEMENTO							
		RAY GRASS	PASTO AZUL	TRÉBOL	AFRECHILLO DE TRIGO	MAÍZ	HARINA DE ARROZ	MELAZA DE CAÑA	HARINA DE SOYA
PROTEINA CRUDA	(%)	5,700	5,000	4,500	16,800	8,100	7,000	2,000	51,983
ENERGÍA DIGESTIBLE	(Mcal/kg)	0,680	0,980	0,600	1,560	3,060	3,470	1,960	2,957
CALCIO	(%)	0,140	0,120	0,280	0,130	0,020	0,100	0,600	0,296
NDT	(%)	15,400	22,000	13,700	0,630	69,600	70,200	0,550	0,750
FÓSFORO	(%)	0,080	0,110	0,070	0,990	0,110	0,000	0,070	0,971
VARIABLE ASIGNADA		x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8

Fuente: Brito, 2016 (investigación de campo)

En la tabla se observa los tres principales pastos que se producen en el área de la finca con su respectiva composición nutricional.

Tabla 3-3. Necesidades nutritivas de las vacas lecheras

ELEMENTOS	UNIDADES	PRODUCCIÓN DE LECHE DIARIA			
		RAZA 1 (≤10lt)	RAZA 2 (10a14lt)	RAZA 3 (14a20lt)	RAZA 4 (≥20lt)
PROTEINA CRUDA	(%)	14,000	14,000	15,000	16,000
ENERGÍA DIGESTIBLE	(Mcal/kg)	2,360	2,560	2,710	2,890
CALCIO	(%)	0,430	0,480	0,540	0,540
NDT	(%)	63,000	67,000	71,000	75,000
FÓSFORO	(%)	0,310	0,310	0,380	0,410

Fuente: Brito, 2016 (investigación de campo)

El estudio también muestra las necesidades nutritivas diarias de las vacas lechera en base a la cantidad de leche producida diariamente.

3.4 Cálculo de capacidad de carga del potrero

Para tener un pastoreo tecnificado y que su aplicación tenga buenos resultados es necesario implementar este sistema paso a paso, se debe determinar con cuanto pasto se cuenta para saber los días específicos que un ganado puede permanecer en cierta área, para esto es necesario el cálculo de aforo. El método seleccionado será el aforo por doble muestreo por tener crecimiento irregular de pasto en el área que se implementará el proyecto.

3.4.1 Calificación cualitativa de pasto. Mediante inspección visual se determina panorámicamente el crecimiento irregular de pasto, después se califican de la siguiente manera; alto, medio y bajo, con su respectiva representación en porcentajes. El terreno presenta tres tipos de pasto que se cuantifican de la siguiente manera:

Se notó que el nivel más alto representa el 20% el medio 30% y el nivel más bajo el 50%.

Figura 3-3. Identificación del nivel de crecimiento de pasto



Fuente: Autores

3.4.2 *Ubicar puntos para muestreo.* Los puntos de muestra deben ser tomados aleatoriamente, en los diferentes niveles de pastos se elegirán por lo menos tres puntos diferentes y lo más alejados posibles, el número total de muestras es de 9.

Se realizaron tomas de muestra alrededor de todo el terreno.

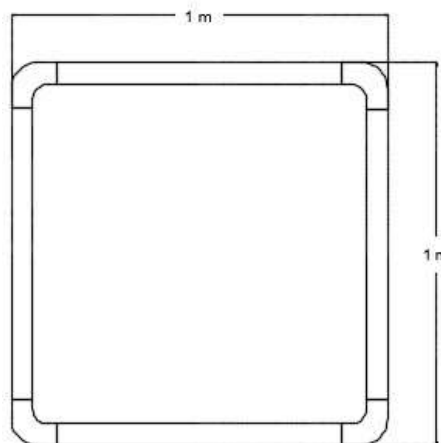
Figura 4-3. Identificación de puntos de muestra



Fuente: Autores

3.4.3 *Colocar marco de aforo y delimitar área de muestreo.* El marco está construido de madera de 1m de lado dando un total de 1m² de área.

Figura 5-3. Marco de madera



Fuente: Autores

El marco se deja caer en los puntos de muestra antes localizados y se limita de forma correcta con el pasto que solo se encuentra dentro del área del marco, si se observa que otras raíces o pasto traspasan el cuadro se retirará este exceso para no tener una sobreestimación en la muestra.

Figura 6-3. Colocación de marco de aforo.



Fuente: Autores

3.4.4 *Corte de muestra.* Se procede a cortar el pasto a ras del suelo producido dentro del marco, después el pasto se coloca dentro de un saco, este procedimiento se repetirá para las nueve muestras.

Figura 7-3. Corte de pasto



Fuente: Autores

3.4.5 *Pesar las muestras.* El último paso es pesar las muestras de pasto con ayuda de una balanza de ganchos y registrar las nueve muestras separándolas según su nivel de crecimiento.

Figura 8-3. Pesado de muestras.



Fuente: Autores

3.4.6 Unidades de medida de nutrientes

- Energía neta: que se calcula en unidades forrajeras de leche (UFL)
- Proteína: se mide en gramos de proteína digestible intestinal (PDI)
- Minerales: como el Calcio y el Fósforo, se medirán en gramos y microgramos. Estos dos minerales no pueden faltar en el momento de calcular la ración. Los restantes se deben complementar en forma de sales minerales.
- Vitaminas: se suministra en unidades internacionales (UI)

En la siguiente tabla se describen los nutrientes necesarios para la alimentación del ganado.

Tabla 4-3. Necesidades de nutrientes

Necesidades de nutrientes		Energía UFL	PDI (gr)	Calcio (gr)	Fósforo (gr)
Mantenimiento: Requerimiento por día según el peso vivo	Peso vivo (PV)	3,2	250	15,5	13,5
		3,5	275	27,6	15,7
		3,8	300	20,5	18,0
		4,1	325	22,5	20,2
		4,4	350	25,0	22,5
		4,7	375	27,5	24,7
		5,0	400	30,0	27,0
Crecimiento: Requerimiento por día	Edad (en años)				
	2	0,70	56		
	3	0,35	25		
Gestación: Requerimiento por día	Mes de gestación				
	7 ^{mo}	0,9	80	10	5
	8 ^{vo}	1,6	130	20	10
	9 ^{no}	2,6	200	15	10
Leche: Requerimiento por litro	Litros/día				
	1	0,43	50	3	2

Fuente: <https://goo.gl/JaQOfd>

3.4.7 Ejemplo de cálculo de necesidades en nutrientes

Ejemplo: Las necesidades de una vaca de 500 kilogramos de peso vivo, en séptimo mes de gestación y una producción de 12 litros de leche al día, serán las siguientes:

Tabla 5-3. Calculo de necesidades de nutirentes

Necesidades de nutrientes		Energía UFL	PDI (gr)	Calcio (gr)	Fósforo (gr)
Mantenimiento: Requerimiento por día según el peso vivo	Peso vivo (PV) 500	4,4	350	25,0	22,5
Crecimiento: Requerimiento por día	Edad (en años) 3	0,35	25		
Gestación: Requerimiento por día	Mes de gestación 7 ^{mo}	0,9	80	10	5
Leche: Requerimiento por litro	Litros/día 12	x0,43=5,16	x50=600	x3=36	x2=24
Total de necesidades		10,81	1,055	71	51,5

Fuente: Autores

3.4.8 *Ponderación de valores para establecer un solo valor de aforo promedio.* Con los valores que se tomaron se procede a realizar un cuadro donde se colocan todos los cálculos efectuados.

Tabla 6-3. Calculo de aforo promedio.

Nivel de crecimiento	Aforo (gr/m ²)	Σ	Promedio (f/n)	Representación Por nivel	Promedio ponderado por nivel
Bajo	610	1800	600	50%	300
	600				
	590				
Medio	1350	4005	1335	30%	400,5
	1400				
	1255				
Alto	3300	9750	3250	20%	650
	3210				
	3240				
Promedio ponderado del aforo					1350,5

Fuente: Autores

El aforo promedio ponderado de toda la finca es de 1,3505 kg/m², el área de pasto de consumo diario es de 216 m².

Para calcular la producción total de forraje es necesario multiplicar el aforo promedio por el área de pasto disponible (pasto de consumo diario).

Producción total de forraje = 1,3505 Kg/m² x 216 m² = 291,7 Kg.

3.4.9 *Calculo del consumo diario de pasto.* El estudio realizado en la finca está basado en 16 vacas en producción.

El consumo diario de pasto se determina con la producción total de forraje dividido para la cantidad de ganado:

$$291,7 \text{ Kg}/16 = 18,23 \text{ Kg}$$

En promedio cada vaca consumirá diariamente 18 Kg de pasto.

Tabla 7-3. Formulación de dietas con Ray Grass, Pasto azul y trébol.

Producción en litros			15.61
Elementos	Pasto en kg	Concentrado en kg	Total
	18	0	18
Unidades	Requerimientos en (%)	Valores calculados	Requerimientos en kg
Proteína cruda (%)	0,14	2,52	2,520
Energía (mcal/kg)	2,36	42,48	42,480
Calcio (%)	0,0043	0,0774	0,077
Ndt(%)	0,63	11,34	11,340
Fosforo	0,0031	0,0558	0,056
Ray grass	0,6	10,8	10,800
Pasto azul	0,3	5,4	5,400
Trébol	0,1	1,8	1,800

Fuente: Brito, 2017 (investigación de campo)

La tabla muestra un modelo de dieta para la producción diaria mayor a 15 litros de leche.

3.4.10 *Función principal del sistema de pastoreo automático.* El sistema automático tendrá como objetivo principal mantener la misma cantidad de producción diaria de leche sin la intervención de trabajadores, haciendo que el ganado se alimente a la hora adecuada y con la misma cantidad de pasto que en el sistema manual.

El sistema emulará la misma actividad que un trabajador realiza diariamente.

Se recogen datos de la actividad del trabajador diaria en una jornada normal de trabajo, estos datos se detallan a continuación:

- El trabajador recorre la línea de división 30 cm aproximadamente cada dos horas, esta actividad la repite 5 veces al día.

- El primer avance se realiza a las 7 am.
- La producción de leche diaria es de 300 litros con un promedio de producción mayor a 15 litros por vaca.

Figura 9-3. Avance de ganado



Fuente: Autores

Con estos datos se seleccionarán los componentes necesarios para el sistema automático, además de asignar la programación correspondiente para que el sistema se active a la misma hora que el sistema manual y recorra la misma distancia en el mismo número de veces, haciendo que las vacas se alimenten a la hora adecuado logrando una mayor producción de leche.

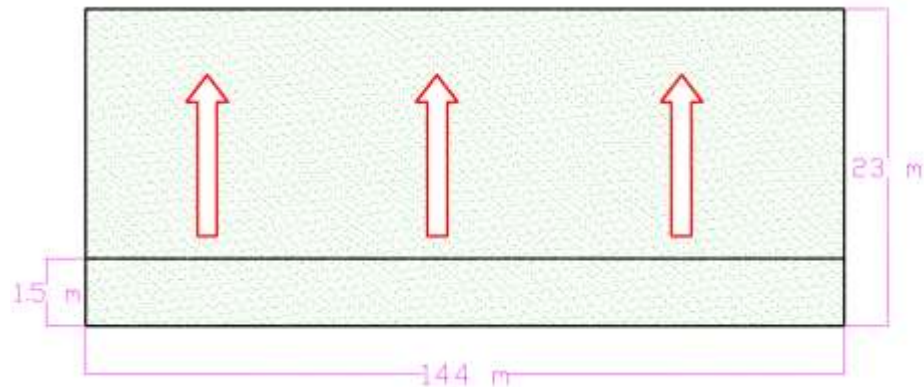
3.4.11 *División de potreros.* Se debe asignar un pequeño potrero de alrededor de 10 m de largo x 8 m de ancho, en un área de fácil acceso para adaptar al ganado y conseguir que respeten el cable de división, los alambres que cercaran el área serán electrificados, la persona encargada del cuidado del ganado ingresará varias veces en el día para obligar a los animales más necios a salir, de este modo se darán cuenta que la cerca forma una división física.

Los animales permanecerán de dos a tres días en el potrero de adaptación, luego de este periodo no tendrán ningún inconveniente al ingresar al primer potrero de pastoreo.

Es muy importante colocar una red de agua y colocar recipientes circulares para que el ganado pueda hidratarse en todo momento, se trata que el agua vaya al ganado y no el ganado tenga que salir a buscar agua.

Los potreros son divididos a lo largo de todo el terreno disponible, para el sistema implementado, se dividirá con un ancho de 144 m y 23 m de largo como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 10-3. Sistema de pastoreo.



Fuente: Autores

Con estas dimensiones el sistema será cambiado aproximadamente a los 15 días debido a que estará programado para un avance de 1,5 m diarios.

3.5 Diseño del sistema automatizado de pastoreo rotacional.

Para el desplazamiento de la línea de división que hará que el ganado avance a otra área de pastoreo se proponen 3 mecanismos descritos en el capítulo II del presente proyecto.

3.5.1 Método de selección. Hay un sin número de alternativas para seleccionar los distintos componentes, para seleccionar la mejor alternativa se utilizó una tabla de ponderación donde se calificará de acuerdo a los parámetros requeridos, el componente que tenga el mayor puntaje será la mejor alternativa, en el siguiente cuadro se muestra la tabla de ponderación.

Tabla 8-3. Cuadro de ponderación.

Interpretación	Porcentaje (%)	Calificación
Satisfactorio	0-49	3
Bueno	50-79	4
Excelente	80-100	5

Fuente: Autores

3.5.1.1 Selección del sistema de desplazamiento. Se seleccionó la mejor alternativa con ayuda de un cuadro de ponderación, para esto se valoraron los parámetros más importantes para que el sistema funcione correctamente y cumpla con el objetivo de reemplazar el trabajo del operario por un sistema automatizado.

Los parámetros que se consideraron son:

- Costo
- Funcionabilidad
- Tipo de materiales

Tabla 9-3. Cuadro de selección

Alternativas	Parámetros de selección			Resultado
	Costo	Funcionalidad	Tipo de materiales	
Eje y polea	2	3	3	8
Rieles	2	3	3	8
Cables y polea	5	4	5	14

Fuente: Autores

El resultado del cuadro de ponderación favorece al sistema de cables y poleas dando un puntaje total de 14 por lo tanto se seleccionó este sistema debido a que los materiales son más baratos comparado con los materiales de los dos sistemas propuestos, además este sistema es bastante flexible ya que se puede trasladar a cualquier lugar de la finca porque está construido con materiales livianos, este fue un parámetro fundamental para seleccionar este sistema.

Otra ventaja de este mecanismo es el mantenimiento de sus componentes, todos sus elementos son fáciles de conseguir en el mercado local.

3.6 Diseño del sistema de pastoreo rotacional mediante cables y poleas.

Seleccionado el sistema de desplazamiento y con los cálculos de cargas de pasto e identificada el área, el siguiente paso es el diseño del sistema, se deben considerar varios criterios para que el diseño sea funcional, por ejemplo que el sistema implementado no sea fijo para que pueda ser colocado en cualquier área conforme el ganado avance, el

sistema debe simular el trabajo que realiza el operario en el terreno, sus componentes serán resistentes para soportar las inclemencias del tiempo, las dimensiones deberán cubrir en su totalidad el área de pastoreo, la implementación del sistema deberá prestar facilidad y flexibilidad de instalación, los componentes deben ser de fácil adquisición en el mercado.

Figura 11-3. Área de pastoreo.



Fuente: Autores

En base a estos criterios se diseñó el sistema que consta de dos partes una mecánica y otra que está compuesta por el diseño automático del sistema.

3.6.1 *Diseño de la estructura.* En la parte mecánica se diseñó una estructura rígida que cumplirá la función de los postes tradicionales.

Está diseñada con tubos estructurales cuadrados de 1 pulgada, la altura considerando el tamaño del ganado se diseñó para que sea regulable, al inicio se diseñó cuatro varillas corrugadas para permitir que la estructura quede fija en el terreno, en la parte superior se diseñó una placa rectangular que estará soldada y perforada para colocar chumaceras para insertar poleas de aluminio

Dos estructuras tendrán poleas conducidas mediante motores y las otras dos restantes tendrán poleas conductoras por donde pasará el cable que cercará el área, los detalles de la estructura se aprecian en la siguiente imagen.

En la placa rectangular se diseñó una base para colocar interruptores de finales de carrera.

Figura 12-3. Estructura



Fuente: Autores

Las dimensiones se aprecian en el anexo A.

3.6.1.1 *Análisis de resistencia.* Para verificar la resistencia del material se realiza un análisis en el software de modelado Solid Works, se coloca una carga de 20 N debido a que los motores que se utilizarán varían en estos rangos de fuerza, esta carga se aplicó en la parte superior que es donde se realiza un esfuerzo mayor al momento de accionarse el motor. Para el análisis se selecciona el material que en este caso es un acero estructural

Figura 13-3. Fuerza aplicada a la estructura



Fuente: Autores

Una vez finalizado el estudio nos muestra que la carga máxima a la cual estará sometida la estructura es de 16 Mpa que es inferior al límite elástico que es 175 Mpa. Este resultado muestra que el tubo estructural seleccionado no sufrirá deformaciones y funcionará sin ninguna dificultad con la carga asignada.

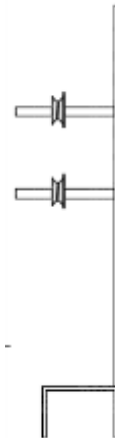
3.6.1.3 *Diseño de rodillos conductores.* Por la gran longitud el alambre no tendrá una guía de retorno y esto hará que el alambre se pandee por efecto de la distancia y su peso.

Para contrarrestar este problema se diseñaron estructuras de altura regulable que servirán para colocar poleas pequeñas para que el alambre no se desvíe.

Este sistema es parecido al diseño de transporte de poleas de carga según el autor del libro maquinaria de obras públicas específicas (Pedro Barber Lloret), recomienda que los rodillos conductores se coloquen cada 2 metros.

En el sistema de pastoreo rotacional se seguirá esta recomendación colocando la estructura en el terreno con dos metros de separación.

Figura 16-3. Estructura de rodillos conductores.



Fuente: Autores

3.7 Selección de componentes.

En esta sección se describe la selección de elementos mecánicos y electrónicos en base a criterios del diseño inicial.

3.7.1 *Selección del módulo lógico programable.* Se propone dos tipos de módulos para la automatización del sistema de pastoreo rotacional, la primera propuesta mediante un módulo lógico 230 RC que es muy completo y requiere un mínimo conocimiento en equipos de automáticos y la segunda con un módulo programable de diferente modelo.

Hay muchos aspectos a la hora de seleccionar el mejor controlador, esto dependerá de muchos factores como las personas encargadas del sistema o el número de equipos que se requieran controlar.

Las siguientes apreciaciones se analizaron según las características del módulo y del medio donde se pretende implementar. Si se presentan variaciones de energía los módulos programables son más resistentes a daños. La inversión con este sistema no es alta si se compara con los múltiples beneficios que se logran con su implementación.

El trabajador que esté a cargo del pastoreo debe tener un conocimiento básico para utilizar este sistema. Para la programación de este sistema a veces es necesario el uso de softwares, esto conlleva a tener un ordenador. Los costos de mantenimiento son mínimos. En el mercado se pueden encontrar con gran facilidad.

3.7.2 Selección de Logo. Se realiza la tabla de ponderación entre los dos modelos, se puede apreciar que la mejor alternativa es un módulo lógico programable 230 RC.

Tabla 10-3. Selección de la mejor alternativa.

Alternativas	Parámetros de selección			Calificación
	Número de Entradas	Programación	Costo	
Logo 230 RC	5	5	3	13
Logo 230 RC0	1	4	4	09

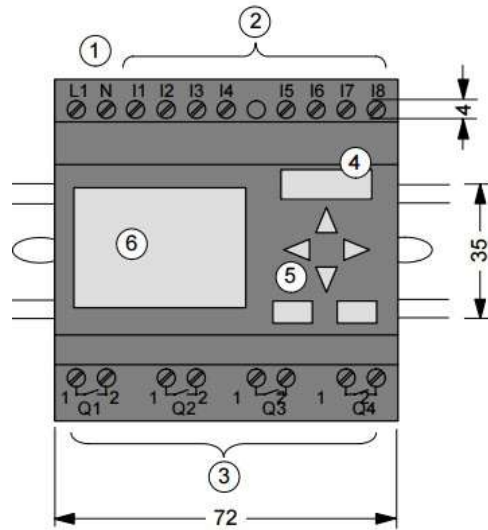
Fuente: Autores

El sistema está compuesto por dos motores por lo tanto no se necesita un módulo para controlar gran número de salidas, la memoria de este elemento es suficiente para el número de programaciones que serán utilizadas en el sistema de pastoreo rotacional.

El sistema es fácil de comprender, otro aspecto que se consideró para seleccionar esta alternativa es su bajo costo, en el mercado son de fácil adquisición.

El logo debe tener entre sus características, teclado reloj y display para facilitar su uso. En la imagen y cuadro siguiente se muestran las características.

Figura 17-3. Logo 230RC.



Fuente: <https://goo.gl/bE8fIj>

- Alimentación de tensión.
- Receptáculo para módulo con tapa
- Entradas
- Panel de mando
- Salidas
- Pantalla Lcd

Tabla 11-3. Características Logo 230 RC.

Características.	
Alimentación	115 – 240 v
Rango admisible límite inferior	100 v
Rango admisible límite superior	253 v
Número de entradas	6 digitales
Número de salidas	5 digitales
Dimensiones	(72x90x55) mm
Temperatura	Mínima: 0° C Máxima: 55 ° C
Reserva de energía	80 h

Fuente: Autores

3.7.3 Selección de motor. El sistema estará compuesto por dos motores colocados al inicio en dos de las estructuras, el motor debe ser liviano para poder trasladar el sistema, otra característica que debe poseer el motor es que cuente con un sistema de reducción de velocidad para que las vueltas de la polea sean las indicadas según la distancia de avance de ganado.

Tabla 12-3. Tabla de Selección de motor.

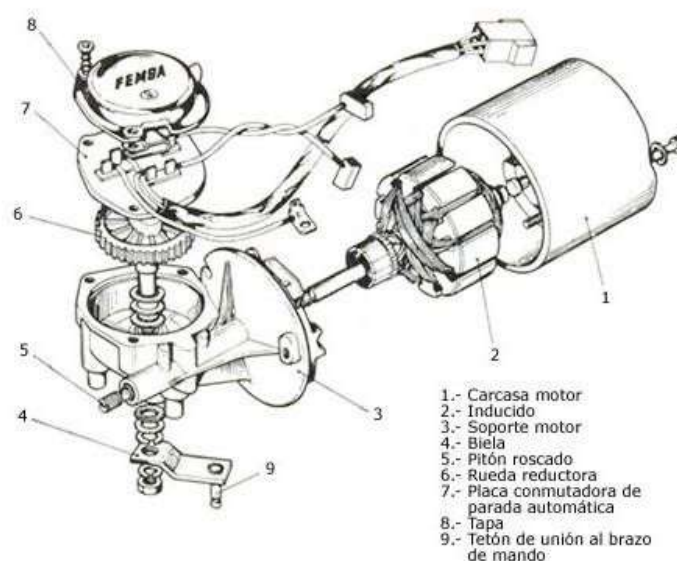
Alternativas	Parámetros de selección				Calificación
	Peso	Estructura	Sistema de reducción.	Costo	
Asincrónico	3	4	4	3	14
Síncrono (Limpiaparabrisas)	5	4	5	5	19
Servomotor	4	4	4	3	15

Fuente: Autores

Se seleccionó un motor de limpiaparabrisas, este motor cumple con todos los requerimientos para este sistema, son muy económicos y están incorporados con un sistema de reducción de velocidades que transforma la velocidad del motor de 2500 rpm a 30 rpm.

El motor funciona con una tensión nominal de 12 voltios y una intensidad de 4 a 6 amperios, tiene una estructura muy compacta.

Figura 18-3. Motor limpiaparabrisas.



Fuente: <https://goo.gl/5cfT8E>

3.7.4 Selección de fuente de poder. El sistema contará con una fuente de poder de 110 AC a 12 DC.

La fuente de poder debe ser seleccionada cuidadosamente para tener un rendimiento óptimo, es importante considerar futuras expansiones del sistema.

Figura 19-3. Fuente de poder



Fuente: <https://goo.gl/1nMDtZ>

Tabla 13-3. Características fuente de poder

Características.	
Alimentación	115 – 240 v
Rango admisible límite inferior	100 v
Protecciones	Cortocircuito / sobre carga
Indicador de encendido	Carga normal Led
Tolerancia de tensión	+ - 1%
Rango de corriente	0-4 ^a
Corriente nominal	4-0.3 ^a

Fuente: Autores

3.7.5 *Selección de temporizador analógico multirango.* Es necesario contar con un temporizador para seleccionar de forma más fácil el tiempo de programación, el tipo de temporizador debe ser similar al funcionamiento de un reloj.

Tabla 14-3. Tabla de selección.

Alternativas	Parámetros de selección				Calificación	
	Temporizador	Tiempo de energía de reserva	Rango mínimo de tiempo	Facilidad de uso		Costo
AT11DN		3	4	4	3	14
AH3		5	5	5	4	19
T48N		4	4	4	3	15

Fuente: Autores

Se seleccionó un temporizador analógico AH3 especialmente por su escala de tiempo que está dada en segundos y es amigable con el usuario. Este dispositivo fue seleccionado con la finalidad de poder modificar el tiempo de funcionamiento del sistema sin la necesidad de corregir su programación. Las especificaciones técnicas se muestran a continuación.

Figura 20-3. Temporizador analógico AH3



Fuente: <https://goo.gl/eX8lwM>

Tabla 15-3. Características temporizador analógico AH3.

Características.	
Modelo	AH3
Capacidad de los contactos	Resistiva: 16 amp
	Inductiva: 6 amp
	Lamp incandescente: 1300 w
Consumo	AC:110v, 220v / DC:12v – 24v
Tiempo de reserva	150 horas
Periodo de carga	70 horas
Temperatura	-10° a 55° C
Frecuencia	50/60 HZ
Conexión	Tornillos
Peso	200 gr
Dimensiones	53x40x80 mm

Fuente: Autores

3.7.6 Selección de temporizador digital. El sistema se activará a las 7am 5 veces por día, se necesita un temporizador con varias programaciones que tenga protección de sobre y bajo voltaje, por precaución el temporizador debe tener un tiempo de energía de reserva que sobrepase las 24 horas, deberá activar un relé, su precio debe ser económico para minimizar gastos en la implementación del sistema.

Tabla 16-3. Selección de la mejor alternativa.

Alternativas	Parámetros de selección			Calificación
	Protección	Programación	Costo	
NKG3	3	4	4	11
TP8A16	5	5	3	13
KG316T	4	4	4	12

Fuente: Autores

El temporizador seleccionado es el modelo TP8A16, de fácil montaje en cajas de control mediante carriles de guía, es muy compacto y fiable, en el cuadro siguiente se muestran

las características. Este dispositivo fue seleccionado con el fin de que el operario no modifique la programación.

Figura 21-3. Temporizador TP8A16.



Fuente: <https://goo.gl/xEgPK1>

Tabla 17-3. Características temporizador TP8A16.

Características.	
Tensión Potencia nominal	ac 110v, 220 v, 380 v; dc 12v, 24 v, 36 v, 48 V
Dimensión externa	82x36x66mm
Batería de reserve	150 horas
Peso aproximado	135g
Programación	Hasta 56 en una semana
Tiempo mínimo	1 minuto

Fuente: Autores

3.7.7 Selección de polea. Seleccionar el correcto diámetro de la polea será clave para lograr el desplazamiento adecuado de la línea de división del sistema de pastoreo rotacional.

Los datos principales para calcular el diámetro interno de la polea son:

Datos:

Rpm del motor: 30

Distancia de desplazamiento: 30 cm en 2 horas

Se necesita que en un número determinado de vueltas cubra la distancia de 30 cm.

Se optó que esta distancia sea cubierta en más de una vuelta y que el diámetro de la polea sea mayor a 4 cm para evitar que los alambres puedan tener contacto, para esto se aplica la fórmula del perímetro de la circunferencia.

$$P = 2 \times \pi \times r \quad (1)$$

Donde:

P= perímetro (distancia requerida 15 cm en una vuelta)

r= radio

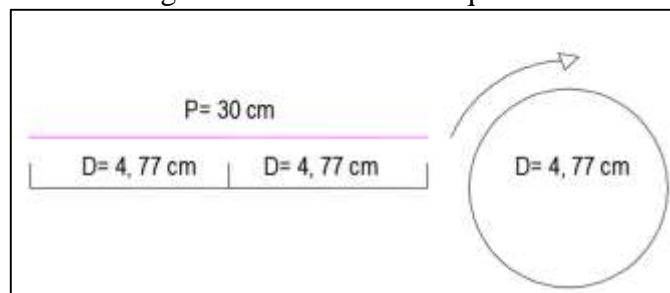
Se despeja el radio y se obtiene:

$$r = \frac{P}{2 \times \pi}$$

$$r = \frac{15 \text{ cm}}{2 \times \pi} = 2,38 \text{ cm}$$

$$D = 4,77 \text{ cm}$$

Figura 22-3. Perímetro requerido



Fuente: Autores

Se seleccionó una polea de 4,77 cm de diámetro interno en v, la polea debe ser de un material resistente a la oxidación, para el sistema se seleccionó una polea de aluminio.

Figura 23-3. Polea de aluminio



Fuente: Autores

Con la polea seleccionada se puede evidenciar en el siguiente cuadro, la variación de desplazamiento según el tiempo y revoluciones del motor.

Tabla 18-3. Avance del alambre de división

Desplazamiento (cm)	Tiempo (s)	N (rpm)
450	60	30
30	4	2

Fuente: Autores

3.7.8 Selección de alambre. Los cables serán los encargados de transmitir movimiento entre poleas además de conducir energía.

Para la correcta selección se consideran tres tipos de alambres.

- Alternativa A: Alambre de acero galvanizado
- Alternativa B: Hilo electro plástico
- Alternativa C: Alambre de acero

Tabla 19-3. Tabla de selección

Alternativas	Parámetros de selección				Calificación
	Alambres	Conductibilidad	Resistencia a la tracción	Protección a la corrosión	
A	5	5	5	4	19
B	5	3	5	3	16
C	3	3	3	4	13

Fuente: Autores

La alternativa A obtuvo la mejor calificación en el cuadro de ponderación, por tanto, se selecciona un alambre de acero galvanizado de calibre 12,5.

Tiene un recubrimiento de zinc que protege tres veces al alambre de la corrosión en comparación con alambres convencionales, es ideal para la instalación en cercado electrificado por su baja resistencia eléctrica y alta conductibilidad.

Por sus características es usado para delimitar áreas de fincas y haciendas.

Figura 24-3. Alambre de acero galvanizado



Fuente: <https://goo.gl/xtmoAd>

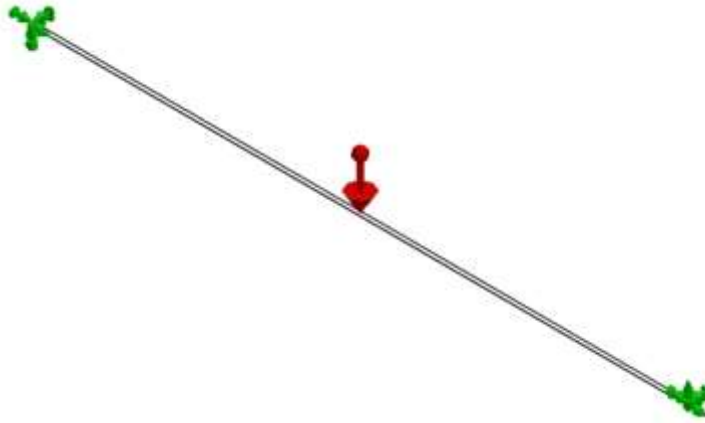
Tabla 20-3. Características del alambre

Calibre	Diámetro exterior	Longitud x 25 kg (m)	Capa de zinc (g/m ²)	Resistividad (mm ² /m)
12.5	2.50	6488	240	0.159

Fuente: Autores

3.7.8.1 *Análisis de flexión.* Como se mencionó anteriormente por la longitud y peso el alambre se flexiona, se realizó un análisis en el software Solid Works con la fuerza de gravedad aplicada en el cable.

Figura 25-3. Fuerza aplicada

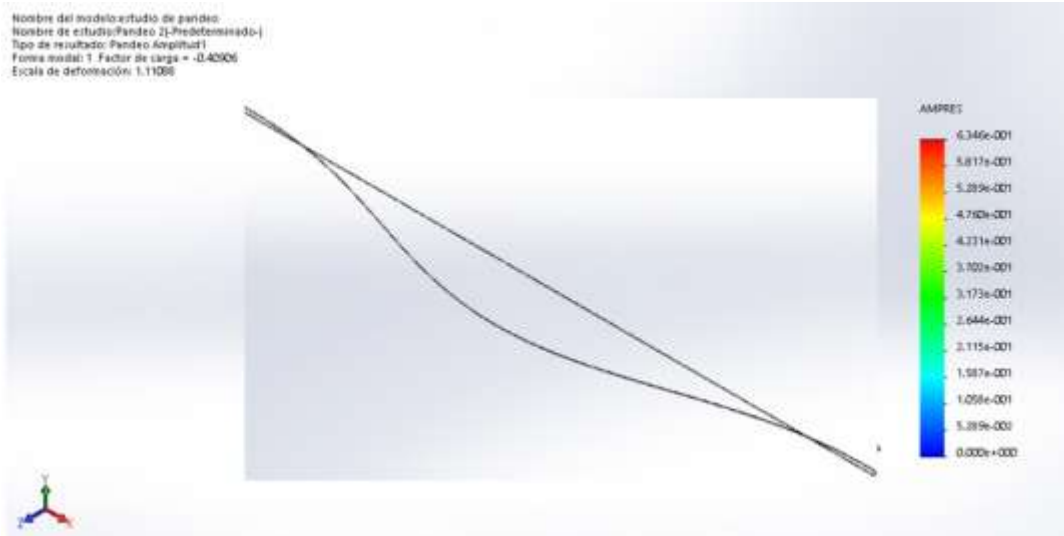


Fuente: Autores

Con los datos del material que en este caso es acero galvanizado se somete el cable al estudio de flexión.

Se observa que hay una gran deformación especialmente en la mitad del cable por esto es necesario colocar un rodillo conductor en este lugar.

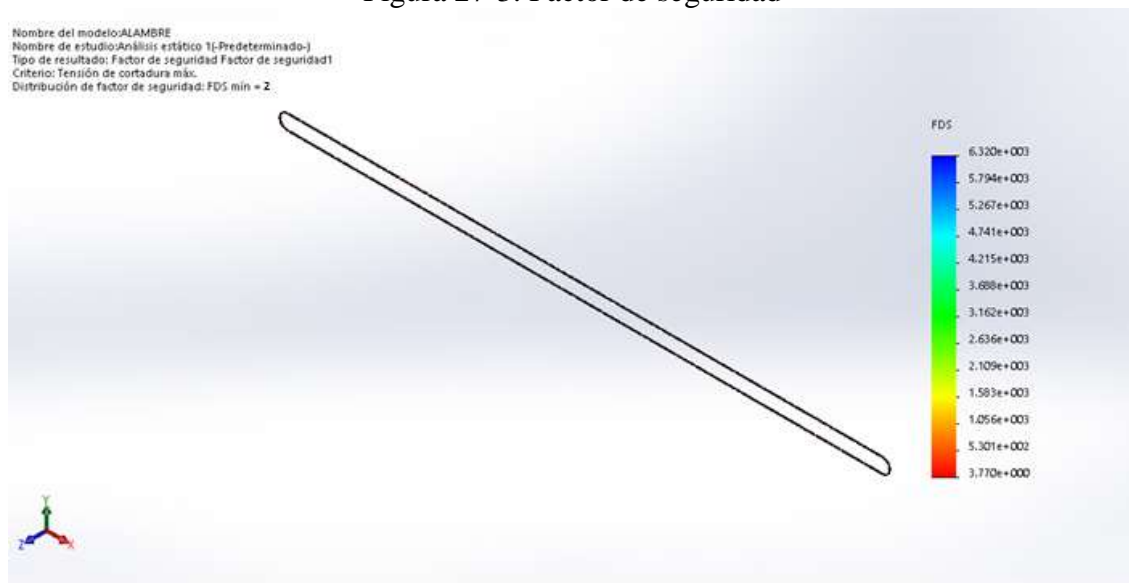
Figura 26-3. Deformación del cable seleccionado



Fuente: Autores

El factor de seguridad para el alambre es de 2 esto quiere decir que el alambre soportará el doble de la carga a la cual está diseñada.

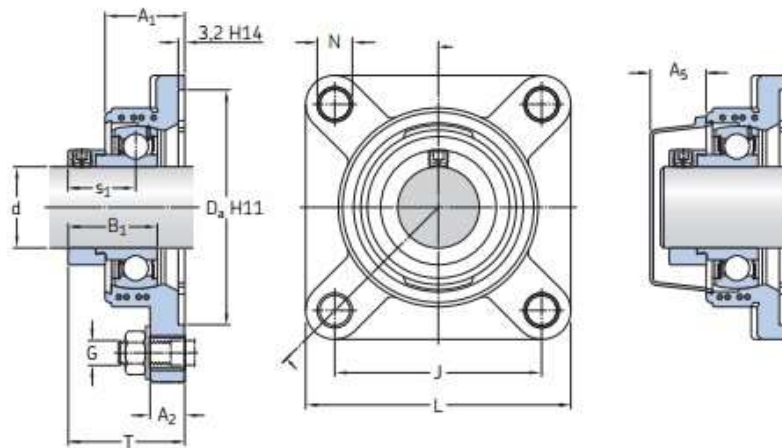
Figura 27-3. Factor de seguridad



Fuente: Autores

3.7.9 Selección de chumacera. Se seleccionaron chumaceras de pared con soporte de brida cuadrada con material compuesto con anillo de fijación excéntrico para ejes métricos de 20 mm de la serie SKF E2, estas chumaceras se adaptan al sistema motriz de la estructura.

Figura 28-3. Chumacera SKF E2

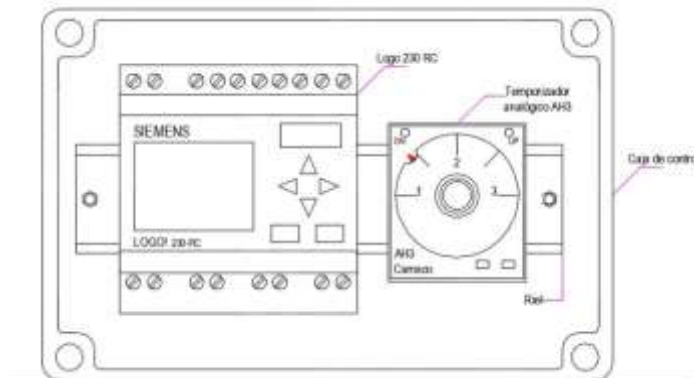


Fuente: <https://goo.gl/Ltm8LB>

3.8 Diseño de la caja de control.

La propuesta de diseño se realiza con un software de dibujo donde se detalla las partes que conforman la caja de control. En la siguiente imagen se aprecia la posición de los elementos en el ensamble.

Figura 29-3. Diseño caja de control



Fuente: Autores

3.9 Construcción del sistema de pastoreo rotacional.

3.9.1 Estructura. Según los diseños antes mencionados se procede con la construcción del sistema de pastoreo rotacional, la estructura se construye con tubo cuadrado de 1 pulgada, la base con varilla corrugada de 15 mm de diámetro, estas varillas tienen un filo inclinado para que puedan ser enterradas en cualquier terreno.

Al final del tubo se suelda una plancha de acero de 5 mm de espesor y de 14 cm ancho x 9 cm largo, se realizan 5 perforaciones una en el medio de 10 cm de diámetro y cuatro en cada esquina para colocar la chumacera SKF E2 de 10 cm de diámetro, toda la estructura se pinta con pintura de alta protección. Como el alambre de división estará electrificado se realiza un aislamiento en las poleas para evitar choques eléctricos cuando el trabajador manipule la estructura. Este aislamiento está hecho con una protección plástica alrededor de toda la polea.

Los motores se colocan con tornillos en las dos primeras estructuras, las poleas de aluminio son sujetadas en el eje con un perno prisionero que previamente se colocó en las chumaceras, al final se comprueban que las poleas estén totalmente alineadas para esto se mueven manualmente observando que los giros sean perfectos.

Finalmente se colocan dos interruptores finales de carrera en las estructuras donde se colocan los motores. En la siguiente imagen se muestra la estructura construida con todos sus elementos.

Figura 30-3. Estructura terminada.

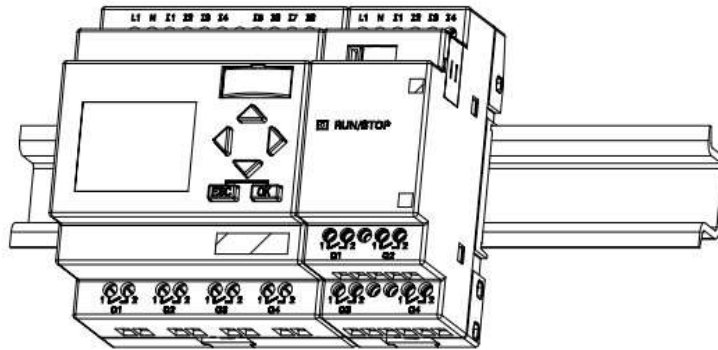


Fuente: Autores

3.9.2 *Construcción de la caja de control.* Los componentes electrónicos en su mayoría excepto la fuente de energía se colocan en una caja de control plástica, se realizan dos agujeros en la parte trasera para colocar dos tornillos donde se sujetará el riel.

El logo se coloca sobre el perfil de soporte de 35mm de ancho según DIN EN50022 con ayuda de un destornillador, se presiona la guía deslizante del logo hacia la izquierda, cuando alcance la posición final la guía se engatillará.

Figura 31-3. Montaje de logo en el riel



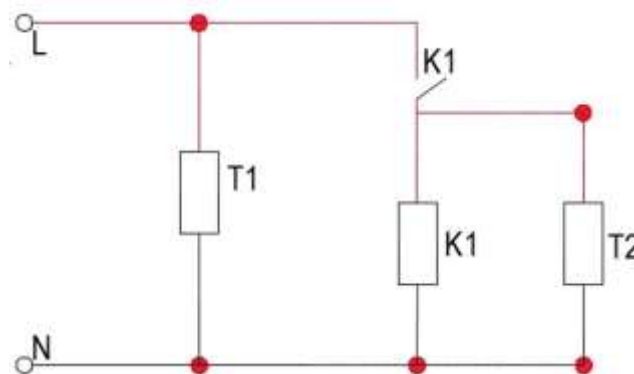
Fuente: <https://goo.gl/OAIusp>

Con el módulo control instalado en la caja se procede a montar el temporizador analógico, este montaje es similar al logo porque cuenta con un riel deslizante similar.

3.9.3 Conexiones eléctricas. Para realizar el cableado del logo se necesita un destornillador de 3 mm, los cables para la conexión son de alambre sólido.

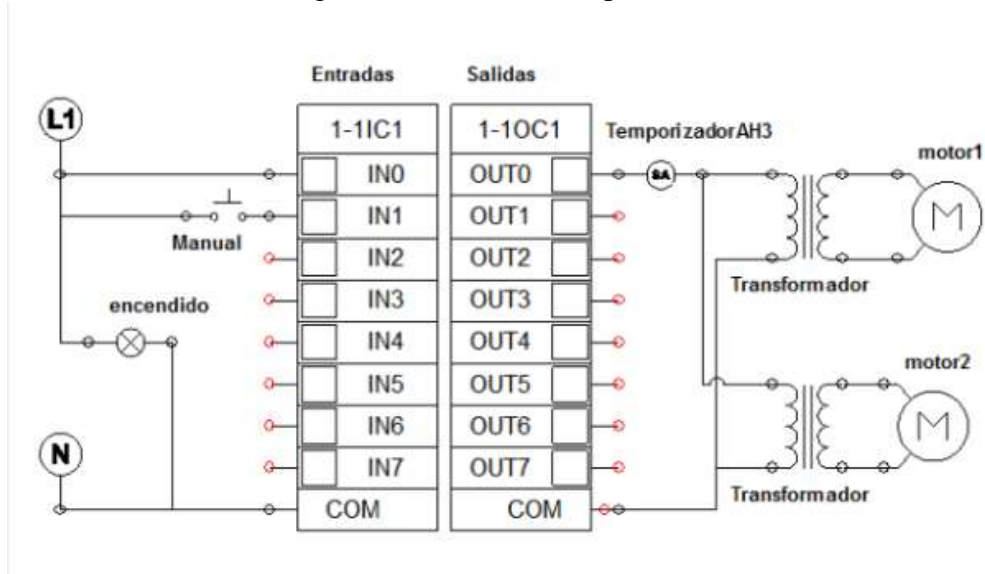
La primera parte es la conexión de alimentación reconociendo las líneas de fase y neutro correctamente. Los motores estarán conectados en paralelo, cada uno con un interruptor final de carrera.

Figura 32-3. Circuito de mando



Fuente: Autores

Figura 33-3. Circuito de potencia.



Fuente: Autores

Cuando estén culminadas las conexiones es necesario realizar pruebas para comprobar que el sistema funcione.

3.9.4 Programación logo 230 RC. La programación en este módulo es básicamente un esquema eléctrico representado de otra manera. Primero se crea un esquema general del programa, después se indican los números asignados por el logo.

El sistema está programado para que se active a las 7am 5 veces al día con un promedio de 4s.

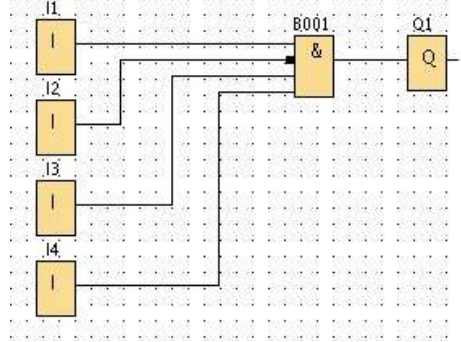
Para la programación se utiliza un software de la marca del módulo programable.

Figura 34-3. Logo 230 RC



Fuente: Autores

Figura 35-3. Programación básica logo



Fuente: Autores

Cuando la programación esté concluida se realiza una simulación para verificar que no haya fallas.

Concluida la simulación el siguiente y último paso es descargar el programa en el módulo programado, para esto se coloca el cable ethernet para lograr la interfaz entre el módulo y el ordenador y se selecciona la programación para ser descargada.

3.9.5 Programación temporizador analógico. Para programar este temporizador basta con girar el disco de plástico transparente con la flecha de color rojo y seleccionar el tiempo en la escala interior, el tiempo en este temporizador varía cada 6 segundos.

Figura 36-3. Programación temporizador analógico AH3

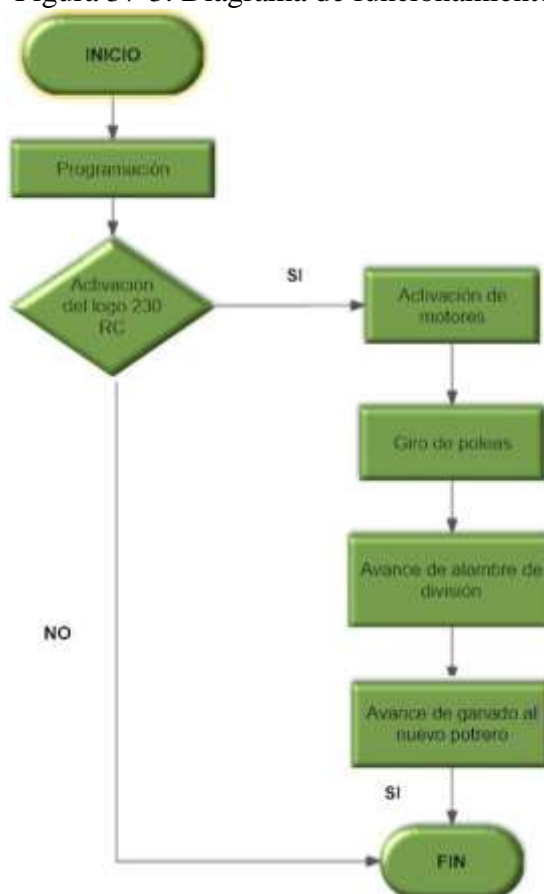


Fuente: Autores

3.10 Descripción del funcionamiento del sistema de pastoreo rotacional automatizado.

En la siguiente imagen se aprecia un diagrama de flujo del funcionamiento del sistema de pastoreo rotacional automatizado.

Figura 37-3. Diagrama de funcionamiento



Fuente: Autores

Las cuatro estructuras con sus respectivos motores y poleas se colocarán en las esquinas del área de pastoreo con las cuatro varillas corrugadas enterradas, el alambre se colocará en las poleas conducidas y conductoras, para unir sus juntas se utiliza una abrazadera con tornillos.

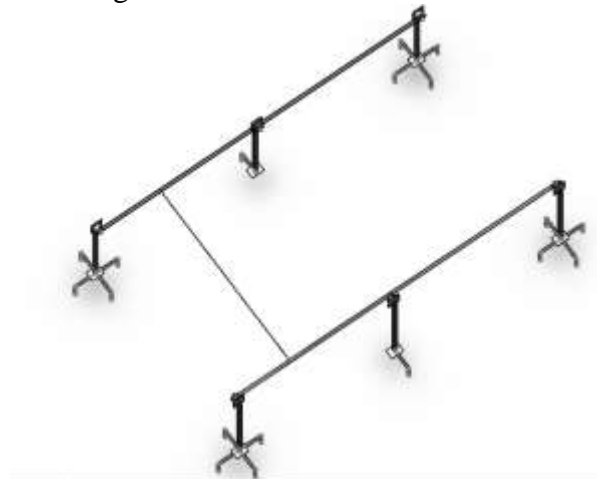
El alambre de división se colocará perpendicularmente a los alambres de la polea junto con una aislante de plástico para evitar su desgaste por rozamiento y para mejorar su ajuste.

El transformador enviará un voltaje de salida para energizar al módulo programable, como se ingresó con anterioridad la programación cuando se active el tiempo programado se activarán los motores y las poleas girarán haciendo que el alambre de división avance 30 cm cada dos horas 5 veces por día, de esta manera el ganado se trasladará a un nuevo potrero. El trabajador podrá verificar que el sistema está en funcionamiento cuando se encienda una luz piloto que estará colocada en un lugar visible.

Cuando el alambre de división haya llegado a su límite máximo activará un interruptor final de carrera que desactivará el sistema terminando el pastoreo en esa área.

Para cubrir otra área de pastoreo todo el sistema se trasladará a este nuevo potrero y se iniciará todo el proceso antes descrito. En la siguiente imagen se muestra la estructura ensamblada con sus distintos elementos, (poleas, motor, cable).

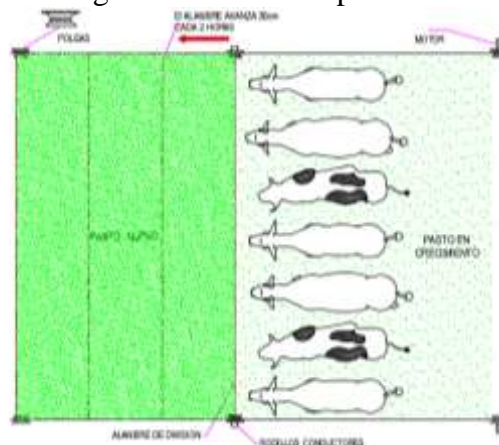
Figura 38-3. Ensamble del sistema



Fuente: Autores

El sistema simulará el mismo trabajo que realiza el trabajador haciendo que el pasto cumpla su secuencia de regeneración para que el ganado se alimente a la hora adecuada con la cantidad necesaria de pasto para mantener su producción diaria de leche. En la imagen siguiente se aprecia una ilustración del sistema en el área de pastoreo con todos sus componentes.

Figura 39-3. Vista superior

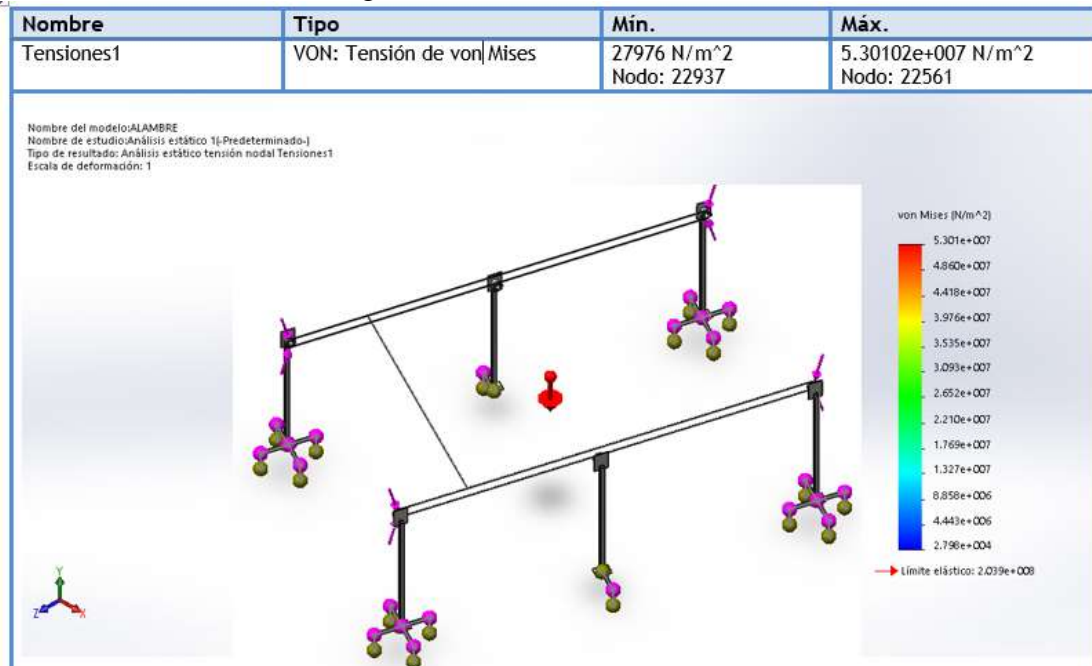


Fuente: Autores

3.10.1 *Estudio de cargas en el sistema final.* Se realiza un análisis final con las cargas del peso del alambre y la fuerza que ejercerán los motores en la estructura.

El resultado de este análisis se puede apreciar en las siguientes imágenes.

Figura 40-3. Resultado del análisis



Fuente: Autores

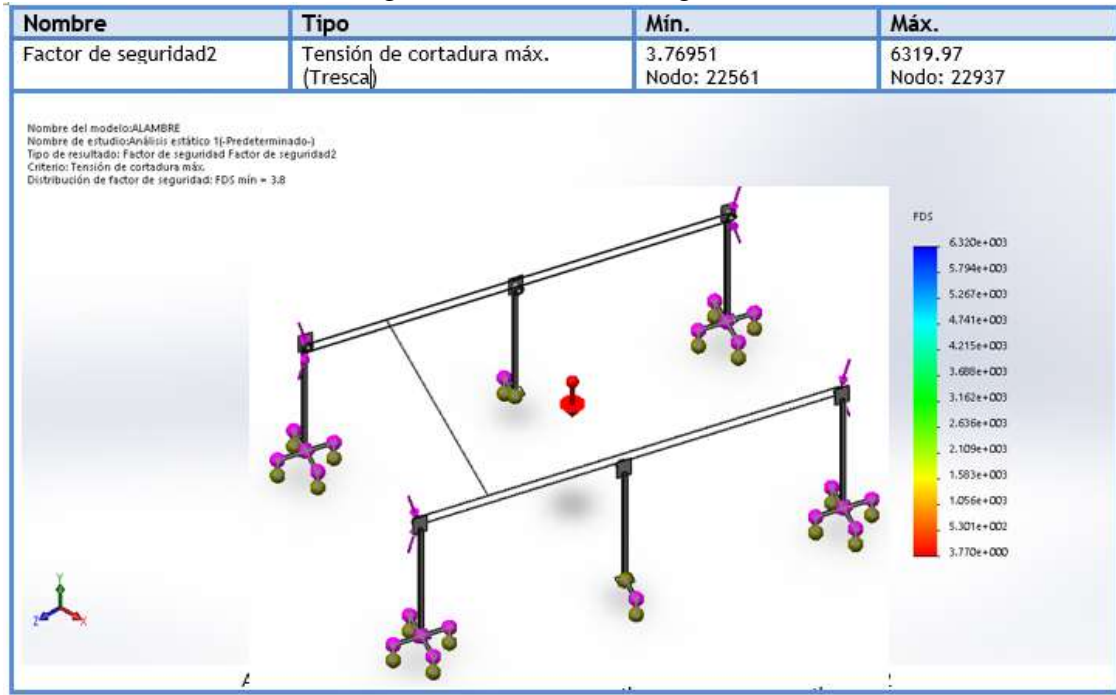
El resultado del factor de seguridad es de 3.8, el sistema podrá soportar correctamente el trabajo para el cual está diseñado 3.8 veces más.

El factor de seguridad es alto debido a que las fuerzas que actúan en el sistema no son grandes, el sistema soporta las siguientes cargas:

- Motor
- Peso del cable

Además de estas cargas se consideró una posible fuerza ejercida por la patada de una vaca adulta que según investigaciones bibliográficas oscila entre 200 N.

Figura 41-3. Factor de seguridad



Fuente: Autores

3.11 Funcionamiento del electrificador.

El cerco electrificado no es letal, tiene un alto voltaje, pero bajo amperaje que se activa por un tiempo corto generalmente menor a 2 ms.

La intensidad de corriente alta, medida en amperaje (A) es la que causa quemaduras o lesiones.

Por tanto, la corriente eléctrica podrá provocar accidentes más o menos graves, dependiendo de los siguientes factores:

- La intensidad de la corriente.
- La resistencia del cuerpo humano al paso de la corriente.
- El tiempo que esté sometido al contacto eléctrico.
- El recorrido que lleve la corriente por el cuerpo.
- Frecuencia.
- Forma en la que se produzca el accidente.
- Capacidad de reacción de la persona.

Una norma de seguridad internacional (IEC 60335-2-76) o europea (EN 60335-2-76) define las características límite de los impulsos de salida de los generadores de alta tensión.

En el caso del ganado el contacto con el alambre electrificado hace que tengan una contracción en todo su cuerpo durante un corto tiempo que es dolorosa, lo que hace que entienda que hay un límite físico.

Tabla 21-3. Efectos fisiológicos.

Corriente (ma)	Efectos
0-1	Umbral de la percepción
1-8	Sorpresa fuerte sin perder control muscular
9-15	Reacción violenta, umbral de intensidad limite

Fuente: Riesgos eléctricos.

Figura 42-3. Electrificador del sistema de pastoreo



Fuente: Autores

Tabla 22-3. Características electrificador raptor

Características	
Voltaje de salida	12000 V
Frecuencia de salida	1,2 HZ
Alimentación	110V
Corriente de salida	9 ma
Distancia máxima	1600 m
Temperatura de operación	-5° C a 60°
Gabinete plástico	Material ABS

Fuente: Autores

La vaca una vez acostumbrada puede comer hasta por debajo del cable electrificado, sabe que el cable esta electrificado porque al acercarse los pelos que tienen en el codo se eriza. Para que una cerca sea eficaz el voltaje no debe ser menor a 3000 v.

CAPÍTULO IV

4. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE PASTOREO ROTACIONAL, PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

4.1 Implementación del sistema de pastoreo rotacional automatizado

Antes de la implementación se debe contar con todas las herramientas necesarias que serán utilizadas en los diferentes procesos, además de tener una fuente de energía cercana. Con ayuda de los trabajadores de la finca se transportó el sistema al área asignada para tomar medidas del área del terreno de pastoreo, es necesario contar con medidas exactas para tener la misma cantidad de metros de alambre.

Figura 1-4. Medición del terreno



Fuente: Autores

En el área medida, se colocan las estructuras en cada esquina verificando que se mantengan fijas, se deben nivelar todas las estructuras para que el alambre recorra sin ninguna restricción.

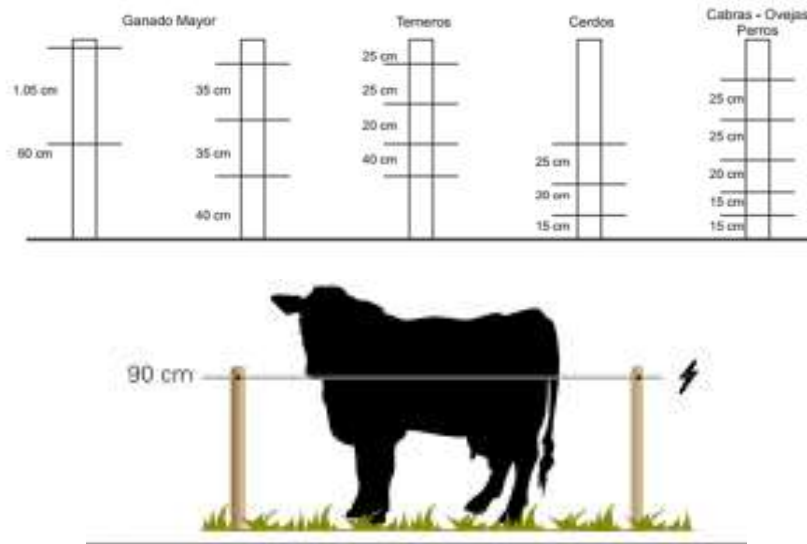
Figura 2-4. Implementación de estructuras.



Fuente: Autores

La altura dependerá del tipo de ganado que se requiera controlar, para la implementación de este proyecto se consideró una altura de 90 cm por ser ganado adulto en producción.

Figura 3-4. Alturas recomendadas para cercas eléctricas



Fuente: <https://goo.gl/Qsh9cw>

Con los postes (estructuras) fijos se ubican los alambres en las poleas, para las uniones se colocan abrazaderas mediante tornillos, es necesario que los alambres estén correctamente tensados para que puedan ser movidos por las poleas.

Una vez colocados los alambres se procede a acoplar el alambre de división, este alambre se colocará perpendicularmente y como estará electrificado se debe realizar un aislamiento en las poleas para que no se produzcan riesgos eléctricos al momento de la manipulación de los trabajadores.

Figura 4-4. Montaje de alambres



Fuente: Autores

El siguiente paso es montar el sistema automático, para esto se identifica una fuente de alimentación que sea del mismo voltaje de entrada del transformador, con ayuda de un multímetro se comprueban las entradas y salidas de voltaje.

Se aprovechó la misma fuente del alambre electrificado que se encontraba instalado en el sistema anterior. Se conectan los motores en paralelo con un alambre gemelo (2x12) de la misma que la longitud del alambre de división, estos motores estarán conectados con interruptores de final de carrera para finalizar el proceso. Se comprueba que los motores arranquen y tengan el mismo sentido de giro. Para la instalación del electrificador se siguieron las instrucciones de la norma de seguridad internacional (IEC 60335-2-76) sobre instalaciones de cercos eléctricos que se pueden apreciar en el anexo B.

Figura 5-4. Implementación del sistema automático.



Fuente: Autores

Los motores que son los elementos más propensos a sufrir daños por contacto con agua u otros materiales se cubren con una caja hecha de polietileno. Los otros materiales electrónicos se colocaron en una caja hermética.

Figura 6-4. Caja de recubrimiento de motores



Fuente: Autores

4.2 Pruebas de funcionamiento.

Se realizó dos tipos de pruebas, una sin carga animal para verificar que todos los elementos funcionen adecuadamente y una segunda prueba con carga animal para evaluar el comportamiento del ganado.

Para verificar el funcionamiento de todos los elementos se realizó una tabla.

Cada uno de los elementos es puesto en funcionamiento y de acuerdo a su acción se llena la tabla, este es un método fácil y rápido para comprobar que todos los elementos estén en óptimas condiciones.

Tabla 1-4. Tabla de funcionamiento

ELEMENTO	ACCIÓN	
	Funciona	No funciona
Módulo Rc 230	X	
Temporizador	X	
Motor	X	
Poleas	X	
Avance alambre electrificado	X	
Estructura	X	
Luz piloto	X	

Fuente: Autores

Una vez comprobado su funcionamiento de cada elemento individualmente se realiza una prueba con todo el sistema montado.

Para esto se encendió el módulo con la programación cargada, se esperó el tiempo asignado que estaba configurado y se comprobó que los motores se enciendan, se pudo evidenciar que los motores se encienden al mismo tiempo y tienen las mismas revoluciones.

Las poleas giran correctamente, pero se presentó un problema en el avance del alambre de división, los alambres que se colocan en las poleas se pandean debido a su propio peso y gran extensión, para solucionar este inconveniente se colocaron dos varillas tensoras.

Las varillas tienen un mecanismo similar a las estructuras es decir también son regulables.

Figura 7-4. Varillas colocadas



Fuente: Autores

Se tomaron medidas del desplazamiento del alambre de división, en un tiempo de 2 horas recorre 30 cm.

4.2.1 *Prueba de funcionamiento con carga animal.* Se realizó una segunda prueba con carga animal, de la misma forma que en la primera prueba se esperó el tiempo de programación del logo para que se activen los motores. Una vez activados los motores las poleas giran y el alambre de división avanza, se observa como el ganado también se traslada al siguiente potrero.

Se comprueba que el sistema funciona correctamente y cumple su objetivo principal, al ser un sistema de funcionamiento similar al anterior pero automático los animales se familiarizaron inmediatamente. Se esperó todo el recorrido del alambre de división, cuando el alambre llega al final se pudo observar que los interruptores finales de carrera cumplen su función que es desconectar todo el sistema para trasladarlo a una nueva área de pastoreo.

Figura 8-4. Pruebas con carga animal



Fuente: Autores

4.2.2 Pruebas de voltaje. Como se mencionó anteriormente para que el sistema funcione este debe tener un voltaje superior a 3000 v para que la corriente supere los efectos del umbral de percepción, con ayuda de un voltímetro medimos la salida de voltaje del electrificador hasta el final del cable.

Figura 9-4. Pruebas de voltaje.



Fuente: Autores

4.3 Análisis en la producción de leche con sistemas de pastoreo rotacional manual y automático.

Se realiza una comparación para verificar la producción de leche con dos tipos de sistemas; un sistema automático de pastoreo rotacional desarrollado en este trabajo y otro sistema existente en la finca LAS SILVANITAS, usando como variable de referencia el sistema de alimentación utilizado.

Para esta comparación se partió de datos estadísticos de producción de leche proporcionados por la administración de la finca.

Se trabajó con 16 vacas en producción de razas; Holstein, Jersey F1 y vacas mestizas.

Se realizó un análisis estadístico inferencial de comparación de producción diaria de leche de un mes.

En el siguiente cuadro se observa la producción diaria del mes de Marzo del 2017, este mes fue el último con el sistema de pastoreo rotacional manual antes de implementar el nuevo sistema.

Tabla 2-4. Producción de leche, sistema de pastoreo rotacional manual

AÑO:	2017	CANT LITROS
MES:	MARZO	
1		359
2		313
3		310
4		312
5		309
6		310
7		310
8		308
9		306
10		317
11		317
12		301
13		311
14		305
15		297
16		301
17		308
18		292
19		298
20		303
21		303
22		307
23		307
24		296
25		309
26		307
27		296
28		288
29		300
30		298
TOTAL:		9198

Fuente: Administración hacienda “LAS SILVANITAS”

4.3.1 *Producción con el sistema de pastoreo implementado.* Se tomaron datos diarios de producción del mes de abril de 2017 con el mismo número de vacas.

Tabla 3-4. Producción de leche, sistema de pastoreo rotacional automatizado

AÑO:	2017	CANT LITROS
MES:	ABRIL	
1		369
2		308
3		310
4		322
5		309
6		310
7		310
8		310

Tabla 4-4. (Continua). Producción de leche, sistema de pastoreo rotacional automatizado

9	306
10	310
11	314
12	311
13	311
14	311
15	310
16	301
17	308
18	302
19	305
20	298
21	310
22	307
23	307
24	296
25	304
26	307
27	294
28	298
29	290
30	300
TOTAL:	9248

Fuente: Autores

4.3.2 Resultados. Comparando los datos de producción mensuales con dos diferentes sistemas de pastoreo rotacional, se observa que se produjo un incremento en la producción de leche, pasando de 9198 a 9232, para tener un resultado más fiable se compararon los meses de Abril y Marzo con los mismos números de días.

Con los resultados totales se realiza un cálculo de variación porcentual para describir la relación entre la producción de leche con el sistema manual y con el sistema automático implementado.

Para este cálculo se emplea la formula siguiente:

$$A = \frac{(V2-V1)}{V1} \quad (2)$$

Donde:

V%= variación porcentual.

V1= valor pasado.

V2= valor actual.

$$A = \frac{(9248 - 9198)}{9248} \times 100$$
$$A = 0,005\%$$

Se produjo un incremento de 50 litros mensuales que representan un 0.005%, estos resultados fueron evidenciados a corto plazo y muestran que el sistema implementado ayuda al incremento de producción lechera en la finca “LAS SILVANITAS” mejorando el parámetro principal que es el de alimentación a la hora adecuada, haciendo que el recorrido de la línea de división se produzca de forma automática cada dos horas minimizando el principal problema que es el descuido del trabajador para que el ganado avance a una nueva área de pastoreo, además el sistema automático reduce el trabajo del operario a cargo del pastoreo haciendo que este sistema sea funcional.

4.3.3 *Análisis de producción de quesos.* Como la leche es la materia prima esencial en la elaboración de quesos, un incremento en la producción de leche también se verá reflejada en un aumento en la elaboración de quesos. Se realiza una comparación mensual de producción de quesos de la misma manera que se hizo con la producción de leche.

Para producir un queso de 600 gr es necesario utilizar 3.8 litros de leche según datos estadísticos de producción de la finca, con este dato se logró un incremento de 13 unidades en el mes de marzo.

4.3.3.1 *Evaluación económica del sistema implementado.* Todo cambio implica una inversión económica que sirve para mejorar procesos.

En el caso de la implementación del sistema rotacional automático se realizó una inversión mínima, pero este costo de inversión se amortizará con el aumento de producción de litros de leche y unidades diarias de queso.

Actualmente la finca cuenta con un mercado amplio de venta en la provincia de Chimborazo y por su calidad hay mucha demanda del producto, es por esto que al

incrementar la cantidad de quesos la finca tendrá mayores ingresos económicos y a un corto tiempo cubrirá el costo de implementación del sistema.

4.4 Capacitación sobre uso del sistema.

Con el sistema implementado se desarrolló una capacitación a todos los trabajadores de la Finca “LAS SILVANITAS”.

En esta capacitación se mostraron todas las partes que conforman el sistema dando a conocer que función cumple cada uno de estos elementos.

Se realizó una demostración práctica en el área implementada del funcionamiento del sistema, esta práctica se aprovechó para enseñar a los trabajadores a encender el sistema y a trasladar las estructuras con los debidos cuidados para no sufrir ningún accidente debido a que el alambre de división estará electrificado.

Después de la demostración práctica se pidió a cada uno de los trabajadores que enciendan el sistema con el objetivo que se familiaricen con este nuevo sistema.

Al final de la capacitación se presentaron dudas que fueron respondidas con absoluta claridad dando por concluida la capacitación.

4.5 Manual de operación y mantenimiento del sistema de pastoreo rotacional automatizado.

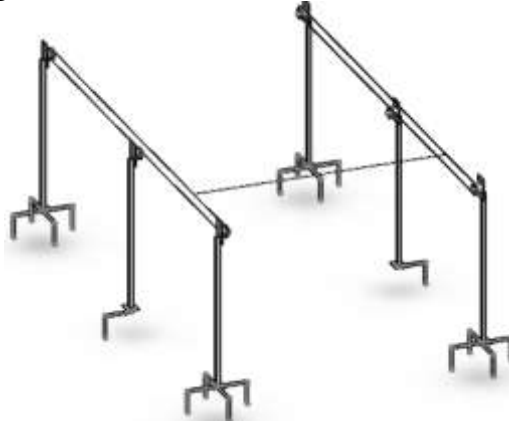
Para un funcionamiento óptimo del sistema y para solucionar problemas que se puedan presentar, se realiza un manual de operación y mantenimiento.

En este manual se describen las principales operaciones de mantenimiento que se debe realizar en los distintos elementos que conforman el sistema de pastoreo rotacional automatizado.

4.5.1 *Sistema de pastoreo rotacional automatizado.* El sistema de pastoreo rotacional es una herramienta que permite el control sobre la forma como el animal utiliza la pastura de forma automática.

La finalidad de este sistema es lograr mantener una producción alta de forraje de alta calidad respetando su tiempo de rebrote.

Figura 10-4. Pastoreo rotacional automatizado



Fuente: Autores

4.5.2 *Ventajas del pastoreo rotacional automatizado.*

- Menor desperdicio de pasto.
- Más uniformidad en rebrotes.
- Mayor disponibilidad de pasto para alimentación más balanceada del ganado.
- Promueve la producción de semilla y la resiembra natural.
- Facilita el control de las malezas.
- El pasto tiene un periodo de recuperación

4.5.2.1 *Operación y mantenimiento del sistema de pastoreo rotacional automatizado.*

El sistema requiere acciones y labores de manejo en cada uno de sus componentes para garantizar un adecuado funcionamiento y alargar su vida útil.

4.5.2.2 *Operación.* El sistema funciona mediante un módulo programable Logo 230RC que activa a dos motores según la programación configurada, los motores están acoplados a poleas que giran haciendo que el alambre de división avance para que el ganado se mueva a un nuevo potrero.

4.5.3 *Mantenimiento.*

4.5.3.1 *Chumaceras.* Se debe engrasar las chumaceras con una pistola de inyección manual con una grasa de temperatura media, si se desea reemplazar este elemento, se desmontará de la estructura con ayuda de una llave inglesa, al colocar nuevamente este elemento se debe asegurar que todos los pernos estén bien ajustados.

Figura 11-4. Mantenimiento en chumaceras



Fuente: Autores

4.5.3.2 *Poleas.* Si las poleas están flojas o tienen un juego axial se deberá verificar que todos los tornillos de los prisioneros estén bien apretados, para esta operación se utiliza una llave hexagonal.

También es necesario verificar la alineación de las poleas.

Se verificará constantemente el estado del aislamiento de las poleas, se debe tener estricto cuidado en este aislamiento porque el constante rozamiento del cable puede romper el plástico que cubre las poleas.

Figura 12-4. Poleas alineadas



Fuente: <https://goo.gl/gDRafw>

4.5.3.3 *Pintura.* Se debe revisar continuamente el estado de la pintura de la estructura, si se evidencia deterioro se dará mantenimiento con pintura de alta protección con el fin de evitar corrosión, este mantenimiento es muy importante por el medio donde se encuentra implementado el sistema.

4.5.3.4 Alambres. Como los alambres colocados en las poleas están siempre en contacto pueden sufrir desgaste producido por rozamiento, se deberá constatar que los alambres se encuentren en buen estado para esto se realizará una inspección visual, si se evidencia que hay desgaste se reemplazará el cable por uno nuevo.

Para realizar mantenimientos eléctricos se deberá desconectar la fuente de energía.

Figura 13-4. Alambre en mal estado



Fuente: <https://goo.gl/TCVFGo>

4.5.3.5 Interruptores finales de carrera. Si se presentan daños en los interruptores deben ser cambiados inmediatamente para evitar fallas cuando el alambre de división termine su recorrido.

Figura 14-4. Interruptor final de carrera



Fuente: <https://goo.gl/tsBpKr>

4.5.4 Indicaciones. Para que la implementación de este sistema de pastoreo tenga mejores resultados se deberá capacitar y entrenar a todos los trabajadores de la finca, de tal forma que todos conozcan su funcionamiento y puedan reemplazar la posible ausencia del trabajador responsable del sistema de rotación.

Se deben respetar estrictamente los tiempos de pastoreo y descanso.

Se deberán colocar las estructuras en cada esquina junto con varillas para que los alambres estén tensados correctamente y no se presenten problemas de pandeo en los alambres.

Para mover el sistema a un nuevo potrero el trabajador debe desconectar la fuente de energía para evitar accidentes eléctricos.

Se debe verificar periódicamente el funcionamiento óptimo del módulo programable. Todos los componentes electrónicos deben estar cubiertos.

Se debe contar con cable adicional para poder sustituir al cable desgastado.

CAPITULO V

5. COSTOS DE DISEÑO Y FABRICACIÓN DEL SISTEMA.

Para la implementación del sistema se consideraron las mejores ofertas de los dispositivos a instalar, en base a su rendimiento y calidad.

Los Costos directos corresponden a los elementos que influyen directamente en la instalación y los Costos Indirectos a los asignados a materiales y recursos secundarios.

5.1 Costos directos

Tabla 1-5. Costos directos.

Ítem	Denominación	Unidad	Precio unidad	Precio [USD]
1	Polea	4	5	20
2	Motor	2	10	20
3	Chumatera	4	5	20
4	Estructura	4	35	140
5	Cable trenzado	100 m	30	30
6	Logo 230 RC	1	200	200
7	Temporizador AH3	1	25	25
8	Fuente	1	20	20
9	Caja de control	1	28	28
10	Accesorios (tornillos, abrazaderas, alambre solido)		30	30
Total				513

Fuente: Autores

5.2 Costos indirectos

Tabla 2-5. Costos Indirectos.

Ítem	Denominación	Precio [USD]
1	Pasajes de traslado	100
2	Asesoría técnica	50
3	Imprevistos	50
4	Implementación	50
Total		250

Fuente: Autores

5.3 Costo total

Tabla 3-5. Costos totales

Ítem	Denominación	Precio [USD]
1	Costos directos totales	513
2	Costos indirectos totales	250
Total		763

Fuente: Autores

El costo de implementación del nuevo sistema de pastoreo es de USD 763

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se diseñó un sistema de pastoreo rotacional automatizado económico de gran utilidad y de fácil de uso.

El sistema implementado permitió evidenciar una recuperación más rápida de las pasturas evitando que el ganado coma el rebrote.

Se seleccionaron todos los componentes necesarios para el sistema, de acuerdo a las necesidades y medio donde se implementó.

Según estudios realizados en la finca el consumo diario de pasto por cada vaca es de 18 Kg en un área 216m².

Se realizaron diversas pruebas de campo antes de la implementación final del sistema.

Se programo el sistema automático para que se active a la misma hora y recorra la misma distancia que el sistema manual.

El sistema de pastoreo rotacional automatizado que se implementó en la finca LAS SILVANITAS, permitió tener un control más efectivo del consumo de pasto a la hora adecuada y con la cantidad de pasto requerida, logrando un incremento de producción de leche mensual de 50 litros y un incremento de 13 unidades de queso de 600 gr, esto debido a que en el sistema manual el trabajador ocasionalmente olvidaba mover la línea de división.

6.2 Recomendaciones

Una vez instalado el sistema se deberá colocar señalización para evitar riesgos eléctricos.

Las estructuras se colocarán en el terreno asegurándose que estén fijas y verificando que estén a la misma altura.

Se realizará tomas periódicas de voltaje en la cerca eléctrica, siempre el voltaje debe ser mayor a 3000 v si este voltaje es menor no se producirá ningún estímulo al animal.

Para que el sistema sea aprovechado en su totalidad se respetaran las principales leyes de pastoreo rotacional.

Se recomienda dar capacitaciones constantes sobre el uso del sistema automatizado a todos los trabajadores de la finca.

Se dará constante mantenimiento a los componentes mecánicos y eléctricos del sistema.

Se recomienda continuar con la investigación partiendo de estos conocimientos con el objetivo de mejorar el funcionamiento de la máquina y sus componentes mecánicos y electrónicos.

BIBLIOGRAFÍA

BARCELLOS, A. *Sistemas extensivos e semi-extensivos de producto; pecuaria bovina de corte.* Brasil. 1996. pp. 45-55

BIOMANANTIAL. *Biomanantial.* [En línea] Colombia: 2016 [Consulta: 18 de enero de 2017.] Disponible en: www.biomanantial.com.

BRITO CARVAJAL, Jesús Roman. *Modelo de programación lineal para la optimización del manejo de los recursos y simulación en las pequeñas fincas productoras de leche en la provincia de chimborazo.*(tesis).(Maestría). Escuela Superior Politecnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2016. pp-44-47. [Consulta: 28 de junio de 2017.] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/6589>

CONCELLÓN, A. *Ganadería práctica.* Valle: Ramon sopena, 1995. Colombia pp 13-15

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOVA. *Portal efn .* [En línea] España: 2006 [Consulta: 8 de febrero de 2017.] Disponible en: <http://www.efn.uncor.edu>.

SALON EMPRENDEDOR. *Agro negocio .* [En línea] Mexico: 2014 [Consulta: 21 de marzo de 2017.] Disponible en: <http://salonempreendedor-es.blogspot.com/2014/06/>.

FAO. *Técnicas de manejo de pasturas .* [En línea] Colombia: 2010[Consulta: 17 de febrero de 2017.] Disponible en: www.fao.org.

EQUIPO TÉCNICO DEL GOBIERNO AUTÓNOMO GAD CEBADAS. *Diagnostico canton Cebadas.* [En línea] Ecuador 2015 [Consulta: 23 de abril de 2017.] Disponible en: <http://app.sni.gob.ec>.

GARCÍA, Andrés. *Control automático en la industria.* Universidad de Castilla La Mancha. España : Primera, 2005. pp. 55-62

ING. RUEDA, Carlos. *Automatización industrial: Áreas de aplicación de la ingeniería.* (tesis).Facultad de Ingeniería-Universidad Rafael Landívar, Mexico : 2011. pp 46-48. [Consulta: 23 de Febrero de 2017.] Disponible en: <https://canaleslicla.files.wordpress.com/2013/10/capitulo2.pdf>

ÍÑIGUEZ, S. *Over.* [Blog] Colombia: 2010 [Consulta: 23 de abril de 2017.] Disponible en: es.over-blog.com.

RUA, Franco. *Como aforar un potrero para pastorear correctamente.* [En línea] Mexico: 2010. [Consulta: 13 de abril de 2017.] Disponible en: www.produccionanimal.com.ar.

NADAI, HL. *VII simposio latinoamericano de producción.* 2004.

OJEDA MERA, David Efren & OCHOA JARAMILLO, Marcelo Gabriel.
Repotenciación y aut

omatización de una envasadora de líquidos vertical para la corporación bimarch cia ltda. (tesis) Escuela Superior Politecnico de Chimborazo. Riobamba, Ecuador 2016. pp 12-19

AROCA DELHI, Alex Armando. *Plc-controlador lógico programable.* facultad de informacion tecnica, Guayaquil-Ecuador : 2016. pp 36-41

SEBASTIAN. *Tecnonauta.* [En línea] 2014. [Consulta: 24 de abril de 2017.] Dponible en: <http://www.tecnonauta.com/notas/1881-impresoras-3d-materiales>.

EL TELEGRAFO. *5,4 millones se producen al dia.* [En línea] Ecuador: 2016. [Consulta: 18 de febrero de 2017.] Dponible en: <http://www.eltelegrafo.com.ec>.