



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO PARA EL CORTE DE FORRAJE, CON EL FIN DE MINIMIZAR RIESGOS ERGONÓMICOS EN LA ASOCIACIÓN DE GANADEROS DE LA PARROQUIA SAN JUAN, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

VILLAVICENCIO COSTA BYRON PATRICIO

TRABAJO DE TITULACIÓN

TIPO: PROYECTO TÉCNICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**Riobamba–Ecuador
2019**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2017-05-24

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

VILLAVICENCIO COSTA BYRON PATRICIO

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO PARA EL
CORTE DE FORRAJE, CON EL FIN DE MINIMIZAR RIESGOS
ERGONÓMICOS EN LA ASOCIACIÓN DE GANADEROS DE LA
PARROQUIA SAN JUAN, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

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. Julio César Moyano Alulema
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano
MIEMBRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: VILLAVICENCIO COSTA BYRON PATRICIO

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO PARA EL CORTE DE FORRAJE, CON EL FIN DE MINIMIZAR RIESGOS ERGONÓMICOS EN LA ASOCIACIÓN DE GANADEROS DE LA PARROQUIA SAN JUAN, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 2019-01-21

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Homero Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Julio César Moyano Alulema DIRECTOR			
Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano MIEMBRO			

* 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

Yo, **VILLAVICENCIO COSTA BYRON PATRICIO**, egresado de la Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL** de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autor del proyecto de titulación denominado “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO PARA EL CORTE DE FORRAJE, CON EL FIN DE MINIMIZAR RIESGOS ERGONÓMICOS EN LA ASOCIACIÓN DE GANADEROS DE LA PARROQUIA SAN JUAN, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**”, me responsabilizo 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

Villavicencio Costa Byron Patricio

C.I: 172095831-1

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, **VILLAVICENCIO COSTA BYRON PATRICIO**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi 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 autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Villavicencio Costa Byron Patricio
C.I: 172095831-1

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico primero a Dios por darme la vida y bendecirme siempre, a mis padres por todo el apoyo que me dieron, a la persona que amo Katherine por soportar todo lo que hemos vivido y siempre ser un apoyo, a mi hijo que es una parte importante en mi vida, a mis familiares que siempre estuvieron pendientes de todo el proceso estudiantil además a mis amigos especialmente a Joel un verdadero amigo

Villavicencio Costa Byron Patricio

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Industrial y a sus docentes, por permitirme formarme y obtener mi título profesional y ser una persona útil para la sociedad.

Al Ing. Julio César Moyano Alulema, director y al Ing. Ángel Geovanny Guamán Lozano, miembro de tesis; por su contribución a la ejecución y culminación del presente trabajo.

Y en especial para mis padres, hermanos, enamorada y toda mi familia por ser los impulsores para culminar esta meta de manera exitosa

Villavicencio Costa Byron Patricio

Contenido

RESUMEN

ABSTRACT

CAPITULO I

1.	Introducción	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Planteamiento del problema.....	1
1.3	Justificación	2
1.4	Objetivos.....	2
1.4.1	<i>Objetivo General</i>	2
1.4.2	<i>Objetivos Específicos</i>	3

CAPITULO II

2.	MARCO TEÓRICO	4
2.1	Ergonomía.....	4
2.1.1	<i>Ergonomía geométrica</i>	5
2.1.2	<i>Ergonomía Ambiental</i>	6
2.1.3	<i>Ergonomía Temporal</i>	7
2.2	Riesgos Ergonómicos	7
2.2.1	<i>Posturas forzadas</i>	8
2.2.2	<i>Movimientos repetitivos</i>	8
2.2.3	<i>Manipulación de carga</i>	8
2.2.4	<i>Aplicación de fuerza</i>	8
2.3	Factores de riesgo	8
2.4	Trastornos Musculoesqueléticos.....	9
2.4.1	<i>Características de los Trastornos Musculoesqueléticos</i>	9
2.4.2	<i>Protocolo de actuación ante presencia de TME en el puesto de trabajo</i>	10
2.5	Evaluación de riesgos ergonómicos.....	10
2.5.1	<i>Método REBA</i>	11
2.6	Forrajes	14
2.7	Clasificación de los forrajes.....	14
2.8	Pasto para corte	15
2.8.1	<i>Altura de corte</i>	16

2.8.2	<i>Frecuencia del corte o pastoreo</i>	16
2.9	Corte de forraje	17
2.10	Corte manual de pasto.....	18
2.11	Sistema semiautomatizado.....	18
2.12	Productividad	19

CAPITULO III

3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	20
3.1	Información General	20
3.2	Localización.....	20
3.3	Organigrama estructural	21
3.3	Misión	21
3.4	Visión.....	21
3.5	Aplicación del cuestionario Nórdico de Kuorinka	22
3.5.1	<i>Pregunta número 1: ¿Ha tenido molestias en.....?</i>	22
3.5.2	<i>Pregunta número 2: ¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses?</i>	23
3.5.3	<i>Pregunta 3: ¿Cuál es el promedio de tiempo que ha sentido molestias en los últimos 12 meses?</i>	25
3.5.4	<i>Pregunta número 4: ¿Cuánto dura cada episodio?</i>	27
3.5.5	<i>Pregunta 5: ¿En qué lapso de tiempo las molestias le han impedido realizar su trabajo en los últimos 12 meses?</i>	30
3.5.6	<i>Pregunta número 6: Asígnele un valor a sus molestias: 0 es sin molestia y 5 molestia muy fuerte</i>	32
3.5.9	<i>Conclusión del cuestionario</i>	34
3.6	Aplicación del método REBA en el corte manual.....	35
3.6.1	<i>Grupo A: Cuello, tronco y extremidades inferiores</i>	36
3.6.2	<i>Grupo B: Extremidad superior Grupo B: Extremidades superiores</i>	38
3.6.3	<i>Actividad muscular y fuerzas</i>	40
3.6.4	<i>Sujeción de la carga</i>	40
3.6.5	<i>Resumen de las puntuaciones</i>	41
3.6.6	<i>Resultado de la evaluación</i>	41

CAPITULO IV

4.	CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO PARA EL CORTE DE FORRAJE.	42
4.1	Características para la construcción del sistema.....	42
4.2	Selección de la mejor alternativa	42
4.3	Características del sistema semiautomatizado para el corte de forraje de la motoguadaña con su acople	48
4.4	Motoguadaña con acople	50
4.4.1	<i>Acople director del forraje cortado</i>	50
4.4.2	<i>Selección del material de la estructura.</i>	52
4.4.3	<i>Material de la rejilla</i>	54
4.4.4	<i>Disco de corte</i>	55
4.4.5	<i>Evaluación ergonómica del equipo semiautomatizado</i>	57
4.5	Mejoramamiento del sistema semiautomatizado para el corte de forraje.....	65
4.5.1	<i>Construcción del soporte</i>	65
4.5.2	<i>Evaluación ergonómica</i>	68
4.6	Comparación de los sistemas	74
4.7	Análisis de la productividad	75
4.8	Nivel de riesgo ergonómico	77
4.9	Detalle de costos	78
4.9.1	<i>Costos directos</i>	78
4.9.2	<i>Costos indirectos</i>	78
4.9.3	<i>Costos totales</i>	79
	CONCLUSIONES	80
	RECOMENDACIONES	81
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-2.	Niveles de actuación, Método REBA	13
Tabla 2-3.	Opciones de la pregunta 1, Kuorinka.....	22
Tabla 3-3.	Opciones de la pregunta 2, Kuorinka.....	23
Tabla 4-3.	Opciones pregunta 3, Kuorinka	25
Tabla 5-3.	Opciones de la pregunta 4, Kuorinka.....	27
Tabla 6-3.	Opciones de la pregunta 5, Kuorinka.....	30
Tabla 7-3.	Opciones de la pregunta 6, Kuorinka.....	32
Tabla 8-4.	Alternativas de selección	42
Tabla 9-4.	Evaluación de la Maniobrabilidad (Cortadora de césped).....	45
Tabla 10-4.	Evaluación de la Maniobrabilidad (Hombre a bordo)	45
Tabla 11-4.	Evaluación e la Maniobrabilidad (Motoguadaña)	46
Tabla 12-4.	Costo de las alternativas	47
Tabla 13-4.	Para la ponderación para criterios de valorización	48
Tabla 14-4.	Ponderación de los criterios de valorización	48
Tabla 15-4.	Alternativas estructura de sujeción	52
Tabla 16-4.	Peso de la estructura según el material	53
Tabla 17-4.	Costo	53
Tabla 18-4.	Para la ponderación para criterios de valorización	54
Tabla 19-4.	Ponderación de los criterios de valorización	54
Tabla 20-4.	Registro de tiempos corte manual.....	76
Tabla 21-4.	Registro de tiempos, sistema automatizado	76
Tabla 22-4.	Costos directos para la fabricación del sistema automatizado.....	78
Tabla 23-4.	Costos indirectos para la fabricación del sistema automatizado.....	79
Tabla 24-4.	Costo total del sistema automatizado.....	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-2.	Grupo A; Método REBA	11
Figura 2-2.	Grupo B; Método REBA	12
Figura 3-2.	Fuerza, Agarre, Actividad; Método REBA	13
Figura 4-2.	Forrajes verdes	15
Figura 5-2.	Forraje seco	15
Figura 6-2.	Altura de corte	16
Figura 7-2.	Corte de forraje	17
Figura 8-2.	Corte manual del pasto	18
Figura 9-3.	Ubicación de la asociación de ganaderos	20
Figura 10-3.	Organigrama Estructural	21
Figura 11-3.	Postura del ganadero	35
Figura 12-3.	Selección del ángulo de flexión del cuello	36
Figura 13-3.	Torsión o inclinación lateral del cuello.....	36
Figura 14-3.	Flexión del tronco	36
Figura 15-3.	Torsión del tronco	37
Figura 16-3.	Soporte de las piernas	37
Figura 17-3.	Flexión de las rodillas	37
Figura 18-3.	Flexión del brazo	38
Figura 19-3.	Rotación y abducción del brazo.....	38
Figura 20-3.	Flexión del antebrazo.....	39
Figura 21-3.	Flexión de la muñeca	39
Figura 22-3.	Torsión o desviación lateral de la muñeca.....	39
Figura 23-3.	Actividad muscular y fuerzas	40
Figura 24-3.	Tipos de sujeción	40
Figura 25-3.	Resumen de las puntuaciones	41
Figura 26-3.	Resultado de la evaluación	41
Figura 27-4.	Cortadora de césped.....	43
Figura 28-4.	Hombre a bordo	43
Figura 29-4.	Motoguadaña	44
Figura 30-4.	Accesibilidad del terreno (cortadora de césped).....	46
Figura 31-4.	Accesibilidad del terreno (hombre a bordo)	47
Figura 32-4.	Accesibilidad del terreno (motoguadaña)	47

Figura 33-4.	Motoguadaña	49
Figura 34-4.	Formación de la carga de forraje	50
Figura 35-4.	Forraje disperso en el terreno.....	50
Figura 36-4.	Dirección de caída del forraje cortado.....	51
Figura 37-4.	Dirección de caída del forraje cortado mediante el acople.....	51
Figura 38-4.	Formación de la línea de forraje cortado	51
Figura 39-4.	Diseño del acople.....	52
Figura 40-4.	Varilla de acero inoxidable	55
Figura 41-4.	Cuchilla en forma de hélice	55
Figura 42-4.	Disco de corte	56
Figura 43-4.	Alternativa A.....	56
Figura 44-4.	Motoguadaña con el acople	57
Figura 45-4.	Capacitación sobre el uso de la motoguadaña	57
Figura 46-4.	Flexión y torsión del cuello	58
Figura 47-4.	Evaluación Grupo A Posición del cuello (Motoguadaña)	58
Figura 48-4.	Flexión y torsión del tronco	59
Figura 49-4.	Evaluación Grupo A Posición del tronco (Motoguadaña).....	59
Figura 50-4.	Soporte bilateral.....	60
Figura 51-4.	Evaluación Grupo A Posición de las piernas (Motoguadaña)	60
Figura 52-4.	Ángulo de flexión	61
Figura 53-4.	Evaluación Grupo B Posición del brazo (Motoguadaña)	61
Figura 54-4.	Ángulo de flexión del antebrazo.....	62
Figura 55-4.	Evaluación Grupo B Posición del antebrazo (Motoguadaña).....	62
Figura 56-4.	Flexión de las muñecas	63
Figura 57-4.	Evaluación Grupo B Posición la muñeca (Motoguadaña).....	63
Figura 58-4.	Actividad muscular	63
Figura 59-4.	Fuerzas ejercidas (Motoguadaña)	64
Figura 60-4.	Calidad del agarre	64
Figura 61-4.	Resultado de la evaluación (Motoguadaña).....	64
Figura 62-4.	Alternativa B.....	65
Figura 63-4.	Trayectoria del movimiento.....	66
Figura 64-4.	Transmisión	66
Figura 65-4.	Freno	66
Figura 66-4.	Construcción de la alternativa B.....	67

Figura 67-4.	Capacitación.....	67
Figura 68-4.	Flexión del cuello.....	68
Figura 69-4.	Evaluación Grupo A Posición del cuello	68
Figura 70-4.	Flexión y torsión del tronco	69
Figura 71-4.	Evaluación Grupo A Posición del tronco	69
Figura 72-4.	Soporte bilateral.....	70
Figura 73-4.	Evaluación Grupo A Posición de las piernas (Motoguadaña)	70
Figura 74-4.	Ángulo de flexión	71
Figura 75-4.	Evaluación Grupo B Posición del brazo (Motoguadaña)	71
Figura 76-4.	Ángulo de flexión del antebrazo	72
Figura 77-4.	Evaluación Grupo B Posición del antebrazo (Motoguadaña).....	72
Figura 78-4.	Flexión de las muñecas	73
Figura 79-4.	Evaluación Grupo B Posición la muñeca (Motoguadaña).....	73
Figura 80-4.	Fuerzas ejercidas (Motoguadaña)	73
Figura 81-4.	Calidad del agarre	74
Figura 82-4.	Resultado de la evaluación	74
Figura 83-4.	Selección de alternativas.....	75
Figura 84-4.	Nivel de riesgo (corte manual).....	77
Figura 85-4.	Nivel de riesgo (sistema semiautomatizado)	77

LISTA DE GRAFICOS

Grafico 1-2.	Protocolo de actuación, TME	10
Grafico 2-2.	Proceso de obtención del Nivel de Actuación en el método REBA.....	14
Grafico 3-3.	Tabulación pregunta 1, cuello.....	22
Grafico 4-3.	Tabulación pregunta 1, hombros	22
Grafico 5-3.	Tabulación pregunta 1, dorsal o lumbar	23
Grafico 6-3.	Tabulación pregunta 1, antebrazos	23
Grafico 7-3.	Tabulación pregunta 1, muñecas	23
Grafico 8-3.	Tabulación pregunta 2, cuello.....	24
Grafico 9-3.	Tabulación pregunta 2, hombro	24
Grafico 10-3.	Tabulación pregunta 2, dorsal o lumbar	24
Grafico 11-3.	Tabulación pregunta 2, antebrazos	24
Grafico 12-3.	Tabulación pregunta 2, muñecas	25
Grafico 13-3.	Tabulación pregunta 3, cuello.....	25
Grafico 14-3.	Tabulación pregunta 3, hombro	26
Grafico 15-3.	Tabulación pregunta 3, dorsal o lumbar	26
Grafico 16-3.	Tabulación pregunta 3, antebrazos	26
Grafico 17-3.	Tabulación pregunta 3, muñecas	27
Grafico 18-3.	Tabulación pregunta 4, cuello.....	28
Grafico 19-3.	Tabulación pregunta 4, hombros	28
Grafico 20-3.	Tabulación pregunta 4, dorsal o lumbar	28
Grafico 21-3.	Tabulación pregunta 4, antebrazos	29
Grafico 22-3.	Tabulación pregunta 4, muñecas	29
Grafico 23-3.	Tabulación pregunta 5, cuello.....	30
Grafico 24-3.	Tabulación pregunta 5, hombros	30
Grafico 25-3.	Tabulación pregunta 5, dorsal o lumbar	31
Grafico 26-3.	Tabulación pregunta 5, antebrazos	31
Grafico 27-3.	Tabulación pregunta 5, muñecas	31
Grafico 28-3.	Tabulación pregunta 6, cuello.....	32
Grafico 29-3.	Tabulación pregunta 6, hombros	33
Grafico 30-3.	Tabulación pregunta 6, dorsal o lumbar	33
Grafico 31-3.	Tabulación pregunta 6, antebrazos	34
Grafico 32-3.	Tabulación pregunta 6, muñecas	34

Grafico 33-3.	Comparación de zonas afectadas	35
Grafico 34-4.	Comparación de alternativas.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS

CAD diseño asistido por computadora

REBA Rapid Entire Body Assessment

OMS Organización mundial de la salud

TME trastorno musculoesqueleticos

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Diseño CAD de la motoguadaña con el acople

Anexo B. Diseño CAD del Acople

Anexo C. Diseño CAD de las cotas de la estructura

Anexo D. Diseño CAD de la estructura final

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación es Implementar un sistema semiautomatizado para el corte de forraje, con el fin de minimizar riesgos ergonómicos en la asociación de ganaderos de la parroquia San Juan, provincia de Chimborazo. La metodología aplicada fue la siguiente: para la detección y análisis de síntomas musculoesquelético se aplica el cuestionario nórdico de Kuorinka, se emplean técnicas de ingeniería de métodos y tiempos: diagramas de proceso y herramientas de evaluación ergonómica, método REBA y RULER para la medición de los ángulos; herramientas CAD, software Solidworks para realizar el diseño del sistema. En el corte manual de forraje se determinó que la zona del cuerpo más afectada es el dorsal o lumbar debido a las posturas inadecuadas que adoptan al realizar el corte de forraje con un nivel de riesgo ergonómico MUY ALTO (Puntaje REBA: 13). Para reducir el riesgo se sustituyó las herramientas de corte manual por una motoguadaña con el fin de mejorar la postura de trabajo, al utilizarla el forraje se dispersó por todo el terreno y era necesario recolectarlo lo que implicó una elevación en el tiempo y mayor esfuerzo físico; para solucionar este problema se diseñó un acople con el fin de controlar la dirección del forraje a medida que se lo va cortando, es decir, poder dirigirlo y colocarlo en una zona determinada del terreno. Además para evitar que el trabajador soporte el peso de la máquina al cargarla se construyó una estructura que realice ese trabajo y que también facilite la maniobrabilidad de la motoguadaña. Mediante la implementación del sistema se incrementó la productividad de un 1,6 (m²/min) a un 2,5 (m²/min) y se redujo el nivel de riesgo ergonómico de un RIESGO MUY ALTO (Puntaje REBA de 13) a un RIESGO INAPRECIABLE (Puntaje REBA de 1).

PALABRAS CLAVE: <INGENIERÍA Y CIENCIAS DE LA TECNOLOGIA>
<ERGONOMÍA> <PRODUCTIVIDAD> <SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO>
<VALORACIÓN RÁPIDA DEL CUERPO COMPLETO (REBA)> <KUORINKA>
<RIESGO>

ABSTRACT

The objective of the present work is to implement a semi-automatic system to cut forage, in order to minimize ergonomic risks in the association of breeders from a parish called San Juan, province of Chimborazo. The methodology applied was the following: for the detection and analysis of musculoskeletal symptoms the Kuorinka Nordic questionnaire is applied, engineering techniques of methods and time are applied: process diagrams and ergonomic evaluation tools, REBA and RULER methods for the measurement of angles; CAD tools, the Soliworks software to design the system. The manual cut of forage determined that the most affected area of the body is the dorsal or lumbar due to inadequate postures that are adopted when cutting forage with a high level of ergonomic risk (REBA Score: 13). To reduce the risk, manual cutting tools were replaced by a weed whacker in order to improve posture at work, after using it the forage was dispersed throughout the land and it was necessary to collect it which implied a waste of time and greater physical effort; To solve this problem a coupling was designed in order to control the direction of the forage as it is being cut, that is, to be able to direct it and be able to place it in a certain area of the ground. In addition, to prevent the worker from supporting the weight of the machine when loading it, a structure was built to carry out this work and also to facilitate the maneuverability of the weed whacker. The implementation of the system increased the productivity of 0.4 (m² / min) and reduced the level of ergonomic risk of a VERY HIGH RISK (REBA score of 13) to an INAPPROPRIATE RISK (REBA score of 1)

Keywords: Engineering and Technology Science, ergonomics, productivity, semi-automated system, Rapid Assessment of the Complete Body (REBA), Kuorinka, risk.

INTRODUCCIÓN

El sector ganadero a nivel nacional constituye un pilar fundamental en el desarrollo económico del país, pese a ello es poco el interés que se brinda para mejorar la actividad ganadera; especialmente en procesos como el corte, picado y recolección del forraje que sirve de alimento para el ganado y la comercialización.

Desde la antigüedad, para el tratamiento de los forrajes, el hombre ha empleado herramientas manuales como pala, el rastrillo, la hoz. Actualmente la mayoría de ganaderos en la región Interandina, aún realiza esta actividad en forma manual, con grandes esfuerzos físicos humanos y gran consumo de tiempo, para evitar este inconveniente se emplea la mecanización agrícola.

La mecanización agrícola es la característica más destacada de la agricultura de finales del siglo XIX y del siglo XX, pues esta ha sido de gran importancia para agilizar el trabajo del agricultor y multiplicar la eficiencia y la productividad de las explotaciones agrícolas. (Ramírez & Yugcha, 2011)

Implementar un sistema semiautomatizado para el corte de forraje, con el fin de minimizar riesgos ergonómicos en la asociación de ganaderos de la parroquia San Juan, provincia de Chimborazo.

La metodología aplicada fue la siguiente: para la detección y análisis de síntomas musculoesquelético se aplica el cuestionario nórdico de Kuorinka, se emplean técnicas de ingeniería de métodos y tiempos: diagramas de proceso y herramientas de evaluación ergonómica, método REBA y RULER para la medición de los ángulos; herramientas CAD, software Solidworks para realizar el diseño del sistema.

En el corte manual de forraje se determinó que la zona del cuerpo más afectada es el dorsal o lumbar debido a las posturas inadecuadas que adoptan al realizar el corte de forraje con un nivel de riesgo ergonómico MUY ALTO (Puntaje REBA: 13). Para reducir el riesgo se sustituyó las herramientas de corte manual por una motoguadaña con el fin de mejorar la postura de trabajo, al utilizarla el forraje se dispersó por todo el terreno y

era necesario recolectarlo lo que implicó una elevación en el tiempo y mayor esfuerzo físico; para solucionar este problema se diseñó un acople con el fin de controlar la dirección del forraje a medida que se lo va cortando, es decir, poder dirigirlo y colocarlo en una zona determinada del terreno. Además para evitar que el trabajador soporte el peso de la máquina al cargarla se construyó una estructura que realice ese trabajo y que también facilite la maniobrabilidad de la motoguadaña.

La selección de la mejor alternativa depende de su nivel de riesgo ergonómico,

El sistema semiautomatizado se diseña en el software SOLIDWORKS; en el Anexo B se muestra a detalle el sistema con sus respectivas medidas.

CAPÍTULO I

1. ANTECEDENTES

Desde la antigüedad, para el tratamiento de los forrajes, el hombre ha empleado herramientas manuales como pala, el rastrillo, la hoz. Actualmente la mayoría de ganaderos en la región Interandina, aún realiza esta actividad en forma manual, con grandes esfuerzos físicos humanos y gran consumo de tiempo, para evitar este inconveniente se emplea la mecanización agrícola.

Sin embargo en nuestro medio, el sector agrícola no está a la altura de los países desarrollados, quienes han mecanizado este sector para obtener una mayor producción, esto, con la introducción de grandes y automatizadas máquinas, capaces de realizar labores, antes desarrolladas solo por el hombre. (Ramírez & Yugcha, 2011)

1.2 Planteamiento del problema

El manejo, crianza y comercialización del ganado (bovino, ovino, caprino, porcino, equino, cuyes y conejos) constituye la principal actividad económica del sector agropecuario de la parroquia San Juan, provincia de Chimborazo. Para la crianza del ganado en lo relacionado a su alimentación el productor agropecuario que cuenta con hectáreas de terreno ha optado por invertir en la producción de forraje con el fin de reducir los costos que implica la crianza. Cabe mencionar que muchos productores además de producir el forraje se han dedicado a comercializarlo.

Una de las actividades que conforma el proceso de producción del forraje es el corte, el cual se realiza manualmente haciendo uso de herramientas como la hoz y el machete. Para realizar esta actividad el productor invierte gran cantidad de tiempo y esfuerzo, por lo que el trabajo es muy extenso y además poco eficiente.

El corte del forraje exige grandes esfuerzos a causa de las posturas forzadas que adopta el trabajador al momento de realizar dicha actividad, lo cual, desde el punto de vista ergonómico resulta perjudicial para su salud ya que puede ser el origen de trastornos musculoesqueléticos en diferentes zonas del cuerpo como: cuello, hombros, dorsal, antebrazos o muñecas.

Con este antecedente mediante la implementación de un sistema semiautomático de corte de forraje se pretenden mitigar las afecciones ergonómicas producidas por esta actividad; mejorando así sus condiciones de trabajo.

1.3 Justificación

La presente propuesta tecnológica aportará al productor agropecuario de la asociación de ganaderos de la parroquia San Juan aspectos teóricos sobre las afecciones ergonómicas que producen las posturas forzadas que adoptan al realizar el corte de forraje y como reducirlas mediante la utilización adecuada del sistema semiautomatizado que se implementará con el presente trabajo.

Para emplear los métodos y las técnicas adecuadas es preciso señalar el objetivo principal del presente trabajo “reducción de riesgos ergonómicos en el corte del forraje”, con el fin de cumplir este objetivo se empleará técnicas de recolección de datos como: observación, entrevista e investigación bibliográfica. Para identificar las deficiencias del proceso y con ello buscar e implementar las soluciones necesarias se emplea la investigación exploratoria y de campo. Además se aplicarán técnicas de ingeniería de métodos y tiempos: diagramas de proceso; herramientas de evaluación ergonómica, método REBAy RULER para la medición de los ángulos; herramientas CAD, software Solidworks para realizar el diseño del sistema.

El uso del sistema semiautomatizado para el corte de forraje reemplazará el método tradicional de corte y minimizará los riesgos ergonómicos provocados por las posturas forzadas que adoptan los ganaderos de la parroquia San Juan al momento de cortar el forraje.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Implementar un sistema semiautomatizado para el corte de forraje, con el fin de minimizar riesgos ergonómicos en la asociación de ganaderos de la parroquia San Juan, provincia de Chimborazo.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar el estudio bibliográfico correspondiente al corte de forraje, ergonomía y sistemas semiautomatizados.
- Analizar la situación actual del corte de forraje mediante una evaluación ergonómica, REBA.
- Construir el sistema, mediante la selección adecuada de elementos que permitan reducir los riesgos ergonómicos en el corte de forraje.
- Ejecutar pruebas del funcionamiento del sistema para comprobar que cumple con los parámetros de diseño.
- Evaluar mediante el método REBA el nivel de riesgo ergonómico del sistema semiautomatizado y comparar el resultado con el análisis de situación actual a fin de conocer la mejora alcanzada.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Ergonomía

La Ergonomía es una disciplina científico-técnica y de diseño que estudia la relación entre el lugar de trabajo, y los trabajadores.

En agosto de 2000, el Consejo de la Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) acuerda una definición que ha sido adoptada como “oficial” por muchas entidades, instituciones y organismos de normalización. Es la definición que figura en las actuales normas técnicas españolas: UNE EN-614-1:2006 e UNE-EN ISO 6385:2004.

La ergonomía es una disciplina orientada a los sistemas, es decir, a conjuntos de elementos o componentes que interactúan entre sí (al menos, algunos de ellos), y que se organizan de una manera concreta para alcanzar unos fines establecidos. (INSHT, 2013)

En el ámbito laboral, un sistema de trabajo comprende a: uno o más trabajadores y al equipo de trabajo actuando conjuntamente para desarrollar la función del sistema, en un lugar de trabajo, en un entorno de trabajo, bajo las condiciones impuestas por las tareas de trabajo (ISO 26800:2011).

La Ergonomía tiene en consideración factores físicos, cognitivos, sociales, organizacionales y ambientales, pero, con un enfoque “holístico”, en el que cada uno de estos factores no deben ser analizados aisladamente, sino en su interacción con los demás. (INSHT, 2013)

Dentro del mundo de la prevención es una técnica preventiva que intenta adaptar las condiciones y organización del trabajo al individuo. (CROEM, 2015)

Según el estudio de la ergonomía nos manifiesta que estudia el reducto físico de trabajo, dentro de estos tenemos: ruido, vibración, posición de trabajo, ambiente térmico, carga de trabajo y todo aquello que represente peligro a la salud del trabajador.

2,5cmLa Ergonomía precisa disponer de datos relativos tanto a salud física, como social y mental, lo que implicará aspectos relativos ha:

- Condiciones materiales del ambiente de trabajo (física).
- Contenido del trabajo (mental).
- Organización del trabajo (social).

Para llevar a cabo funciones tan variadas, la Ergonomía se ha diversificado en las siguientes ramas:

- Ergonomía geométrica.
- Ergonomía ambiental.
- Ergonomía temporal.

2.1.1 Ergonomía geométrica

Estudia la relación entre la persona y las condiciones geométricas del puesto de trabajo, precisando para el correcto diseño del puesto, del aporte de datos antropométricos y de las dimensiones esenciales del puesto (zonas de alcance óptimas, altura del plano de trabajo y espacios reservados a las piernas). (Instituto Tecnológico de Pachuca, 2011)

Según CROEM (2015) los factores que pueden influir en la ergonomía geométrica son:

- Mandos y señales: el funcionamiento de una máquina puede facilitar o reducir la efectividad del sistema. Los mandos y señales deben:
 - Tener un diseño determinado en función de su utilización, del esfuerzo exigido. El diseño debe facilitar a los trabajadores la información necesaria para su utilización, reduciendo, de este modo, la fatiga mental.
 - Ser diferenciados sin dificultad, para disminuir el error.
 - Poderse manejar con facilidad, evitando posturas forzadas y realización de esfuerzos

- Máquinas y herramientas:
 - Las máquinas deben estar diseñadas de modo que al utilizarlas favorezcan la adquisición de una buena postura.
 - Es necesario, en función de las características individuales y la cualificación profesional de los trabajadores, encontrar un equilibrio entre la actividad manual y la actividad mental en el manejo de las máquinas.
 - El diseño de las herramientas debe adecuarse a la función para la que son requeridas y adecuarse a la postura natural del cuerpo humano.
 - También debemos destacar la importancia de un correcto mantenimiento de las máquinas y herramientas, para hacer más seguro su uso.

2.1.2 Ergonomía Ambiental

La Ergonomía Ambiental estudia aquellos factores ambientales que afectan al confort laboral para que se ejecuten en condiciones de seguridad y no resulten nocivos a la salud. (Instituto tecnológico de Pachuca, 2011)

Según CROEM (2015) los factores que pueden influir en la ergonomía ambiental son:

- Iluminación:
 - Se debe disponer, de un equipo de iluminación adecuado al tipo de trabajo y tarea visual que debemos realizar.
 - Tenemos que tener en cuenta no sólo la cantidad de luz necesaria, sino también la calidad de la luz, evitando contrastes, deslumbramientos, etc.
- Ambiente térmico:
 - La adaptación de la persona al ambiente físico que le rodea durante su trabajo está en función de dos aspectos: las características del individuo: peso, altura, edad, sexo, etc. y el “esfuerzo” que requiere la tarea.
 - Un ambiente térmico no confortable, produce malestar general, afectando a la capacidad de movimiento, procesamiento de información, estado de ánimo, etc.

- Ruido: Sería deseable que las exposiciones al ruido no sobrepasaran los 80 dB. Si esto no se puede evitar, se debe:
 - Encerrar la máquina o los procesos ruidosos.
 - Diseñar el equipo para que produzca menos ruido.
 - Evitar el envejecimiento de máquinas.
 - Apantallar los equipos.
 - Facilitar equipos de protección individual.

2.1.3 Ergonomía Temporal

Consiste en el estudio del trabajo en el tiempo. Nos interesa, no solamente la carga de trabajo, sino como se distribuye a lo largo de la jornada, el ritmo al que se trabaja, las pausas realizadas, etc. Estudia pues, el reparto del trabajo en el tiempo en lo que se refiere a: (CROEM, 2015)

- La distribución semanal, las vacaciones y descanso semanal.
- El horario de trabajo (fijo, a turnos, nocturno, etc.).
- El ritmo de trabajo y las pausas.

Todo ello, teniendo en cuenta las variaciones del organismo humano en el tiempo. Una buena distribución del trabajo y del descanso en el marco del tiempo biológico, tiene como consecuencia, además de un mayor grado de satisfacción por parte del trabajador, un mayor rendimiento, que se plasma en una disminución de los errores y un aumento de la calidad del trabajo realizado. (CROEM, 2015)

2.2 Riesgos Ergonómicos

La ergonomía estudia la relación entre el lugar de trabajo, y los trabajadores. Su objetivo es adaptar el trabajo a las capacidades y posibilidades del trabajador y evitar así la existencia de los riesgos ergonómicos específicos, en particular los sobreesfuerzos. (Prevalia, 2013)

Los sobreesfuerzos pueden producir trastornos o lesiones músculo-esqueléticos, originadas fundamentalmente por la adopción de posturas forzadas, la realización de

movimientos repetitivos, por la manipulación manual de cargas y por la aplicación de fuerzas. (Prevalia, 2013)

2.2.1 Posturas forzadas

Cuando se habla de posturas forzadas se refiere a posiciones de trabajo que se ven afectadas una o varias regiones anatómicas dejen estar en una posición natural de confort para pasar a una posición forzada que genere hiperextensiones, hiperflexiones y hiperrotaciones osteoarticulares con la consecuente producción de lesiones por sobrecarga. (Morán, 2007) (pg, 85)

2.2.2 Movimientos repetitivos

Movimientos repetitivos se considera cuando una actividad se la realiza reiteradamente dentro de una jornada por al menos 2 horas, también se considera trabajo repetitivo cuando se realiza un movimiento dentro de un trabajo mayor a un 50% lo cual se debería realizar un análisis de riesgos.

2.2.3 Manipulación de carga

La manipulación de carga es la sujeción o transporte de uno o varios objetos realizadas por los trabajadores al levantar, realizar empuje, movilizar, entro otros.

2.2.4 Aplicación de fuerza

La aplicación de cargas se la realiza cuando manipulas un objeto hacia arriba o hacia abajo se lo arrastra o se lo empuja también cuando se usa los pies como pedales.

2.3 Factores de riesgo

“los factores de riesgo se define como aquellas situaciones o condiciones de trabajo que pueden perjudicar la salud de trabajo, otra interpretación posible, utilizando la definición planteada por la OMS, es la que define el riesgo como aquella situación de trabajo que puede romper el equilibrio físico, mental o social del trabajador” (VÉRTICE, 2011). (pg. 14-15)

Estos factores pueden clasificarse en cuatro categorías:

- Condiciones de seguridad
- Factor de tipo Físico, químico y biológico
- Factores ligados a las características del trabajo
- Factores relacionados con la organización de trabajo.

2.4 Trastornos Musculoesqueléticos

Son un conjunto de lesiones inflamatorias o degenerativas de músculos, tendones, articulaciones, ligamentos, nervios, etc. Sus localizaciones más frecuentes se observan en cuello, espalda, hombros, codos, muñecas y manos. Los diagnósticos más comunes son las tendinitis, Tenosinovitis, síndrome del túnel carpiano, mialgias, cervicalitas, lumbalgias, etc. El síntoma predominante es el dolor asociado a inflamación, pérdida de fuerza y disminución o incapacidad funcional de la zona anatómica afectada. (Secretaría de Salud Laboral, 2008)

2.4.1 Características de los Trastornos Musculoesqueléticos

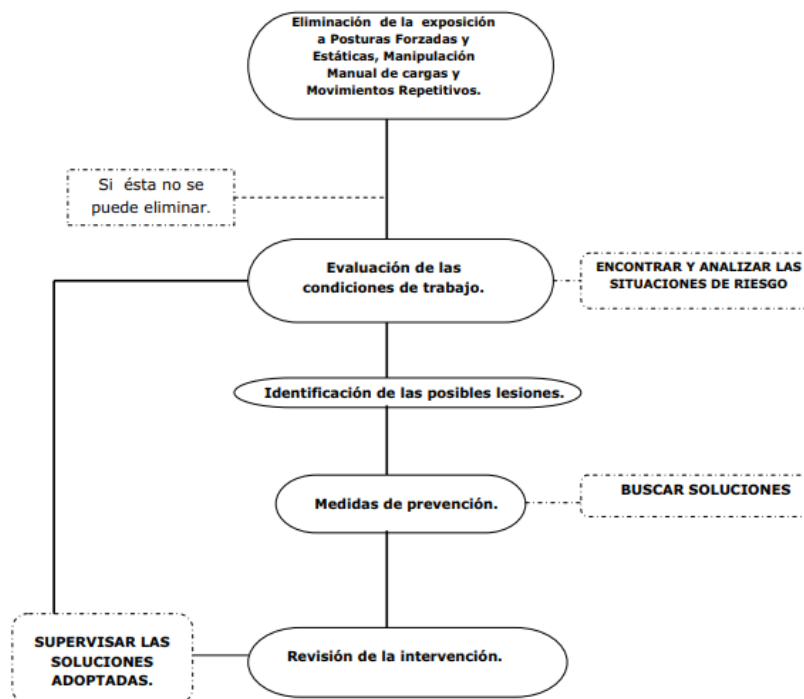
Las lesiones agrupadas bajo el concepto de trastornos musculoesqueléticos presentan una serie de características estas son:

- Forma en que se producen: se producen en una consecuencia de un fenómeno acumulativo, las pequeñas lesiones se suman una tras otra hasta que al cabo del tiempo que manifiestan como un proceso patológico. (Maestre, 2004)
- Síntomas: siempre aparece un dolor en la parte del cuerpo lesionada, este dolor puede llegar a ser incapacitante. (Maestre, 2004)
- Origen; los TME se genera por múltiples causas, pero su aparición se fundamenta en dos circunstancias. Cuando existe una estructura previamente dañada por una enfermedad o un accidente, los esfuerzos citados como forma de producción incide en estos elementos- cuando no existe un tiempo recuperación acorde con el esfuerzo realizado, se presenta como una rotura del elemento por sobrepasar su límite de resistencia (Maestre, 2004).

2.4.2 Protocolo de actuación ante presencia de TME en el puesto de trabajo

Una adecuada organización del trabajo es el factor clave para la prevenir la aparición de los TME, es por esta razón que ante la existencia de riesgos musculoesqueléticos es esencial establecer un procedimiento de actuación, que en líneas generales siga el esquema que se detalla a continuación: (Secretaría de Salud Laboral, 2008)

Grafico 1-2. Protocolo de actuación, TME



Fuente: (Secretaría de Salud Laboral, 2008)

2.5 Evaluación de riesgos ergonómicos

El análisis ergonómico del puesto de trabajo, dirigido especialmente a las actividades manuales de la industria y a la manipulación de materiales, ha sido diseñado para servir como una herramienta que permita tener una visión de la situación de trabajo, a fin de diseñar puestos de trabajo y tareas seguras, saludables y productivas. Así mismo, puede utilizarse para hacer un seguimiento de las mejoras implantadas en un centro de trabajo o para comparar diferentes puestos de trabajo. (INSHT, 1995)

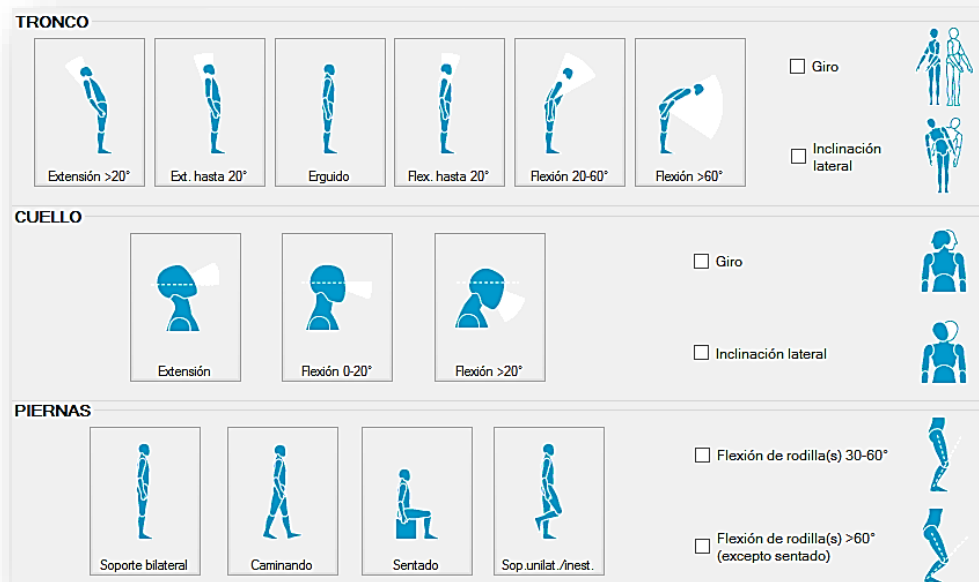
2.5.1 Método REBA

El método REBA evalúa el riesgo de posturas estáticas y dinámicas para evitar las lesiones músculo-esqueléticas relacionadas con el trabajo.

- **Evaluación del Grupo A**

Como se puede observar en el gráfico del grupo A, para obtener la puntuación de los miembros que compone el grupo A entre ellos el (cuello, tronco y piernas), se les asigna una puntuación a cada uno de ellos.

Figura 1-2. Grupo A; Método REBA

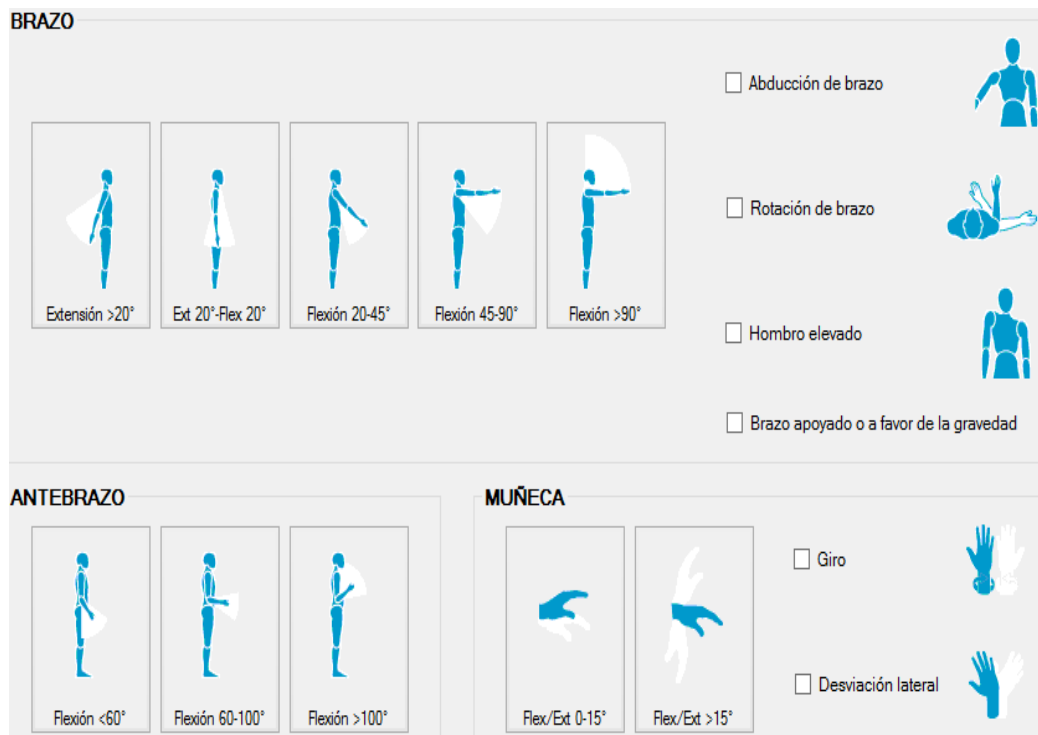


Fuente: ERGO IBV

- **Evaluación del Grupo B**

Observando el gráfico del grupo B, para obtener la puntuación de los miembros que compone el grupo B entre ellos el (Brazo, Antebrazo y muñeca), se les asigna una puntuación a cada uno de ellos.

Figura 2-2. Grupo B; Método REBA



Fuente: ERGO IBV

- **Fuerza, Agarre y Actividad**

Una vez realizado los análisis del Grupo A y del Grupo B donde se consideran las posturas de los trabajadores, además se valoran las fuerzas ejercidas en la adopción para la modificación del Grupo A, y la sujeción de los objetos para la puntuación del Grupo B.

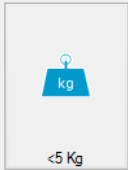
La carga o la fuerza que se aplica modifican el porcentaje asignado al tronco, cuello y piernas, con excepciones al momento de manejar la carga esta no superará los 5 kilogramos de peso, en estas circunstancias la puntuación se mantendrá.

Dependiendo de la calidad de agarre esto se verá afectado en la puntuación del grupo B. pero cuando el agarre es bueno no existirán modificaciones.


Para obtener la puntuación final, en el grupo C su puntuación se incrementa dependiendo la actividad muscular que desarrolla durante el trabajo. Los tres tipos de actividad considerados por el método no son excluyentes y por tanto la puntuación final podría ser superior a la puntuación C hasta en 3 unidades. (Universidad Politécnica de Valencia, 2017)

Figura 3-2. Fuerza, Agarre, Actividad; Método REBA

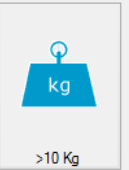
FUERZA / CARGA



<5 Kg



5-10 Kg



>10 Kg

Fuerza repentina o brusca

AGARRE

Bueno

Regular

Malo

Inaceptable

ACTIVIDAD

Estática (mantenida >1minuto)
 Repetida (>4 veces/minuto, excepto caminar)
 Cambios posturales grandes y rápidos o base inestable

Fuente: ERGO IBV

- **Nivel de Actuación**

Una vez concluido el análisis final, se puede implementar diferentes actuaciones en el lugar de trabajo. Las puntuaciones obtenidas se incrementaran cuando los niveles de riesgo sean mayores en los trabajadores, empezando desde 1 un valor inapreciable de riesgo hasta 15 un valor muy elevado el cual nos muestra que la actuación debe ser inmediata

En la tabla podemos observar los niveles de actuación, al obtener las puntuaciones

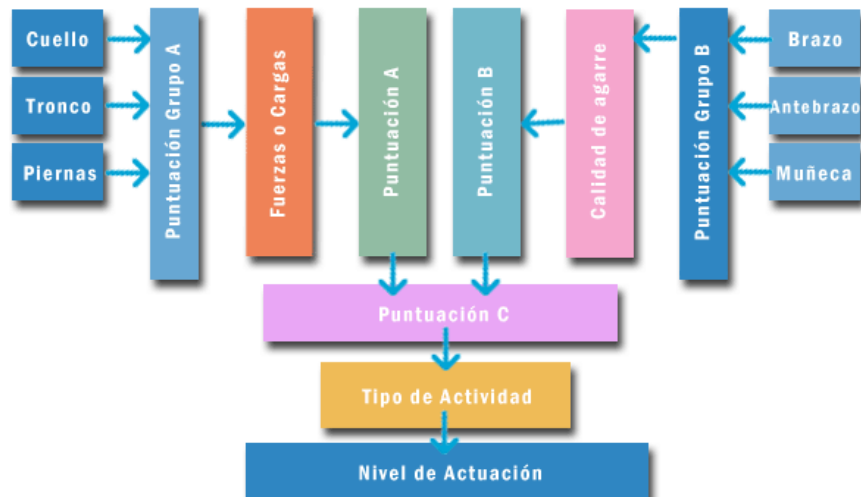
Tabla 1-2. Niveles de actuación, Método REBA

Puntuación	Nivel	Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No es necesaria actuación
2 o 3	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
4 a 7	2	Medio	Es necesaria la actuación.
8 a 10	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
11 a 15	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato

Fuente: (Universidad Politécnica de Valencia, 2017)

Finalmente, la siguiente figura resume el proceso de obtención del Nivel de Actuación en el método REBA.

Grafico 2-2. Proceso de obtención del Nivel de Actuación en el método REBA



Fuente: (Universidad Politécnica de Valencia, 2017)

2.6 Forrajes

El forraje puede referirse al pasto o hierba de la que los animales se alimentan, los pastos constituyen la fuente de alimentación más económica de la que dispone un productor para mantener a sus animales. Sin embargo, depende de un manejo adecuado el que un pasto desarrolle todo su potencial para desarrollar las funciones de crecimiento, desarrollo, producción y reproducción en los animales. (Mundo Pecuario, 2013)

2.7 Clasificación de los forrajes

Según el estado en que se encuentren los forrajes al momento de ser comidos por los animales, los podemos clasificar así: (Moreno, 2012)

- **Forrajes verdes:** Se denomina así a los pastos recién cortados en el campo, que se encuentran en estado verde y que no han perdido agua. Son forrajes de consumo inmediato al punto de cosecha y directamente en la pradera, se denominan pastos.

Figura 4-2. Forrajes verdes



Fuente: (Agroparaguaya, 2014)

- **Forrajes secos:** Son forrajes que se cortan y se secan, toman el nombre de heno y son de gran utilidad en los tiempos de sequía. También entran en este grupo algunos residuos de cosecha como el tamo de leguminosas o cereales.

Figura 5-2. Forraje seco



Fuente: (Agroparaguaya, 2014)

2.8 Pasto para corte

Es aquel que por su hábito de crecimiento no resiste el pisoteo del ganado, pero sí se facilita su corte. Producen mucho más forraje por hectárea que el pasto para pastoreo.

2.8.1 Altura de corte

La razón por la cual los pastos necesitan determinada altura de corte o pastoreo, se debe principalmente a la diferente localización de la acumulación de reservas nutritivas, que junto con el Índice de área foliar son la base para la recuperación del pasto, producción elevada de forraje y nueva acumulación de reservas para el siguiente rebrote. (Bernal & Moreno, 2010)

Ejemplo: el pasto no debe ser cortado por debajo de los 25-30 centímetros sobre el nivel del suelo, porque se perderían las reservas que están localizadas en esta parte inferior de los tallos. Los pastos de corte imperial, elefante, gramalante, deben cortarse a ras del suelo para procurar un rebrote, uniforme y vigoroso.

Figura 6-2. Altura de corte



Fuente: (Agroparaguaya, 2014)

2.8.2 Frecuencia del corte o pastoreo

Tiene que ver con el período de descanso del pasto; depende de la utilización anterior, el clima, tipo de pasto y fertilidad del suelo. El pasto se debe utilizar en su estado óptimo que es cuando presenta la mayor cantidad de forraje de buena calidad (mayor cantidad de nutrientes). (Bernal & Moreno, 2010)

Ejemplo: en términos generales se aconseja que las especies de pastos de porte bajo pueden usarse entre 4 y 6 semanas; los de porte medio entre 6 y 8 semanas y las especies de porte alto entre 8 y 12 semanas. Sin embargo, estos intervalos pueden modificarse de acuerdo con la época (seca o húmeda) ya otras prácticas de manejo como fertilización y riego.

2.9 Corte de forraje

Con esta operación se inicia cualquier cadena de recolección y consiste en separar el tallo de la raíz, que permanece unida al suelo, en toda la superficie del campo. Para valorar la calidad del corte se debe considerar: (Ramírez & Yugcha, 2011)

- La limpieza con que se realiza el corte.
- Su resistencia al embozado.
- El grado de contaminación con la tierra de la hierba segada.

Dos son los principios básicos generalizados para realizar la siega: el empleo de cuchilla y contra-cuchilla, que actúan durante el corte como una tijera produciéndose un cierre por aplastamiento en las zonas cortadas. (Ramírez & Yugcha, 2011)

Figura 7-2. Corte de forraje



Fuente: (Ramírez & Yugcha, 2011)

Cuando el pasto se deja madurar demasiado se lignifica (se endurece demasiado) disminuyendo en él los porcentajes de proteínas y carbohidratos, además no es muy apetecido por el animal. El rebrote en los pastos de crecimiento erecto depende casi completamente de las reservas acumuladas en la base del tallo y la raíz. (Nisperuza, 2012)

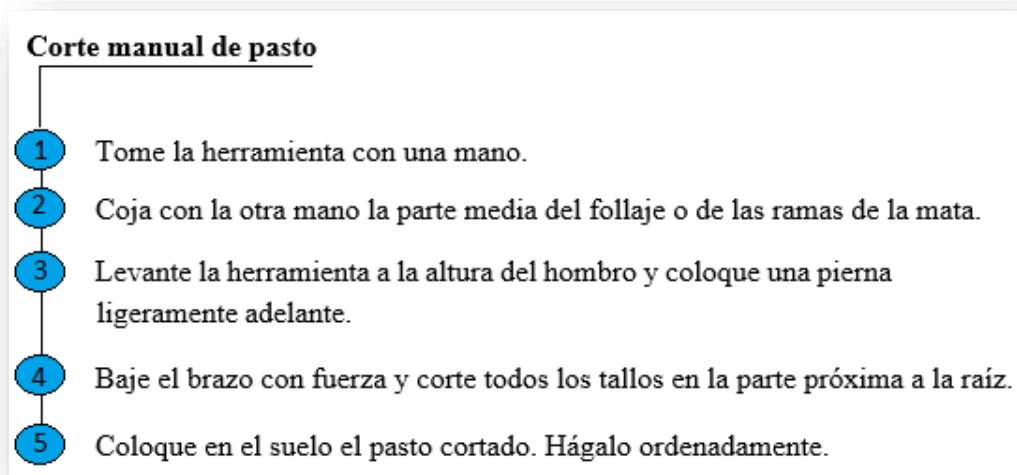
El descenso de las reservas después del corte indica que éstas se utilizan para la respiración y generación de nuevos brotes. Estas reservas juegan un papel importante en el rebrote aunque su duración es corta, pues los mayores cambios ocurren entre los primeros tres y quince días. (Nisperuza, 2012)

Cuando el corte se realiza con mucha frecuencia o hay pastoreo la cantidad de reservas permanecen bajas y la planta puede morir por agotamiento. Es necesario permitir un tiempo suficiente para el almacenamiento de nuevas reservas. (Nisperuza, 2012)

2.10 Corte manual de pasto

El proceso manual para el corte de pasto se detalla a continuación:

Figura 8-2. Corte manual del pasto



Fuente: (Nisperuza, 2012)

2.11 Sistema semiautomatizado

Un sistema semiautomatizado es aquel que efectúa parte de su funcionamiento de manera automática tras una ayuda manual. Los controladores que pertenecen a ésta clasificación utilizan un arrancador electromagnético y uno o más dispositivos pilotos manuales tales como botones pulsadores e interruptores de maniobra, etc. (Unideg, 2013), El control semiautomático se emplea principalmente para facilitar las maniobras de mando y dar flexibilidad a las maniobras de control de aquellas instalaciones en las que el control manual no es posible. (Unideg, 2013)

Este tipo de control requiere un operador que inicie cualquier cambio en la posición ó condición de funcionamiento de la máquina. (Unideg, 2013)

2.12 Productividad

La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes y servicios producidos.

Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema (salidas o producto) y los recursos utilizados para generarlo (entradas o insumos). (Carro Paz & González , 2007)

La productividad se calcula de la siguiente manera

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$

La medición de la productividad a nivel de las empresas, así como de las cadenas productivas, resulta ser una condición necesaria para la evaluación de su desempeño, la innovación y la definición de sus estrategias empresariales. (Morales & Masis, 2014)

Por lo general en las empresas, la productividad esta intrínsecamente ligada a los desperdicios de producción, como problemas de calidad, los mismos que desencadenan una pérdida de tiempo en reproceso, y que por tanto es una actividad que no agrega valor sino que consume los recursos disponibles.

Tras el análisis de la fórmula se puede deducir que la relación entre producción e insumos debe ser mayor o igual a la unidad y que la productividad puede incrementarse:

- Aumentando la producción utilizando los mismos insumos
- Aumentando la producción utilizando menos insumos
- Manteniendo el nivel de producción utilizando menos insumos.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Información General

La ganadería es la principal actividad económica de la parroquia San Juan; los ganaderos concentran gran cantidad de tiempo al corte de forraje para la crianza de los animales, lo cual implica la adopción de posturas forzadas, sobreesfuerzos, empuje, etc. que han sido causas principales de afecciones musculo esqueléticas como: dolores musculares, lumbares, fatiga y más. Por tal motivo la asociación de ganaderos de la parroquia San Juan con el afán de trascender en el sector agropecuario del país participa en la investigación y desarrollo de equipos y herramientas que permitan mejorar los procesos en el corte de forraje minimizando el nivel de riesgo ergonómico.

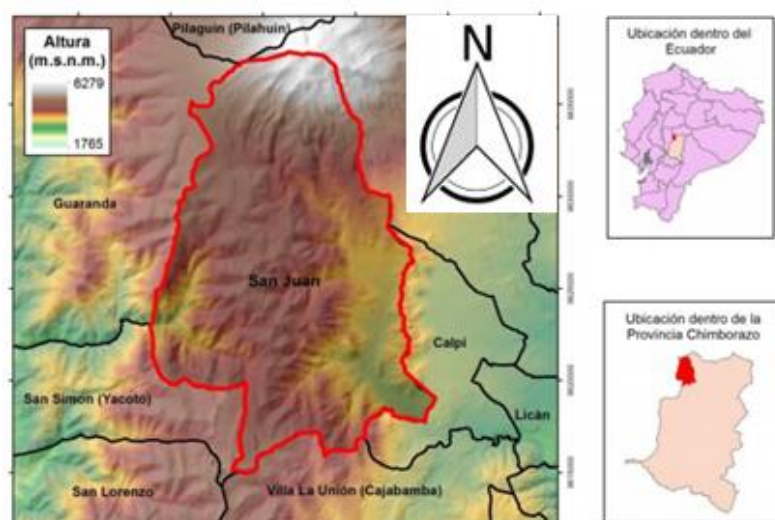
3.2 Localización

Provincia: Chimborazo

Cantón: Riobamba

Parroquia: San Juan

Figura 9-3. Ubicación de la asociación de ganaderos

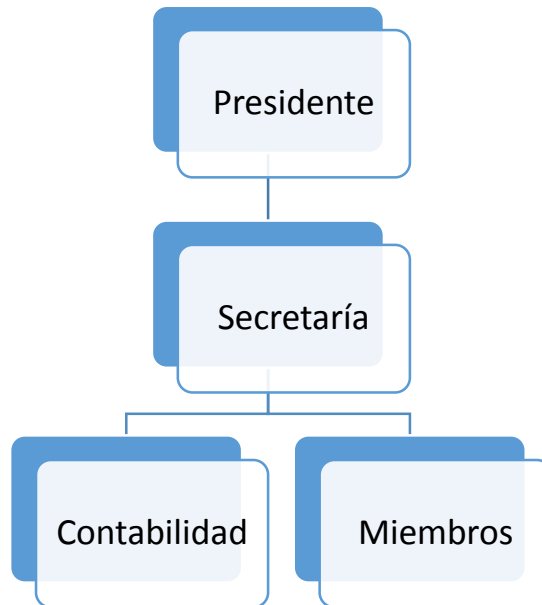


Fuente: <https://www.google.com/maps/place/SanJuan>,

3.3 Organigrama estructural

El organigrama estructural de la asociación de ganadores de la parroquia San Juan se detalla en la siguiente figura.

Figura 10-3. Organigrama Estructural



Fuente: Asociación de ganaderos San Juan

3.3 Misión

La asociación de ganaderos como una organización de carácter gremial tiene como misión velar por los intereses colectivos de sus socios, lograr el mejoramiento de la ganadería mediante la innovación de las actividades relacionadas con la producción pecuaria salvaguardando la salud física y mental de los ganaderos de la parroquia San Juan. (Asociación de Ganaderos San Juan, 2018)

3.4 Visión

La asociación de ganaderos de la parroquia San Juan será reconocida en la provincia de Chimborazo como la agremiación líder en el mejoramiento del sector ganadero con procesos que aseguren el bienestar físico, económico y social de sus socios. (Asociación de Ganaderos San Juan, 2018)

3.5 Aplicación del cuestionario Nórdico de Kuorinka

El Cuestionario Nórdico de Kuorinka analiza y detecta síntomas de trastornos músculo-esqueléticos en los ganaderos de la parroquia San Juan, la organización cuenta con 24 socios a los cuales se ha aplicado el cuestionario.

3.5.1 Pregunta número 1: ¿Ha tenido molestias en.....?

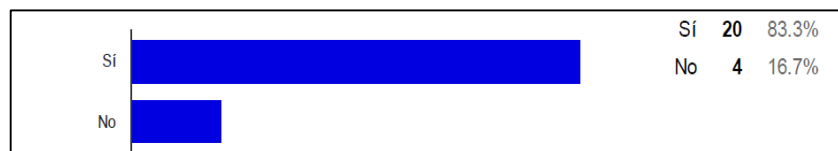
Tabla 2-3. Opciones de la pregunta 1, Kuorinka

	Sí	No
Cuello		
Hombros		
Dorsal o lumbar		
Antebrazos		
Muñecas		

Fuente: Cuestionario Nórdico de Kuorinka

Cuello: El 83.3% de los ganaderos (20) han sufrido molestias.

Grafico 3-3. Tabulación pregunta 1, cuello



Realizado por: Villavicencio Costa Byron Patricio

Hombros: El 70.8% de los ganaderos (17) han sufrido molestias en los hombros.

Grafico 4-3. Tabulación pregunta 1, hombros



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Dorsal o Lumbar: El 91.7% de los ganaderos (22) han sufrido molestias.

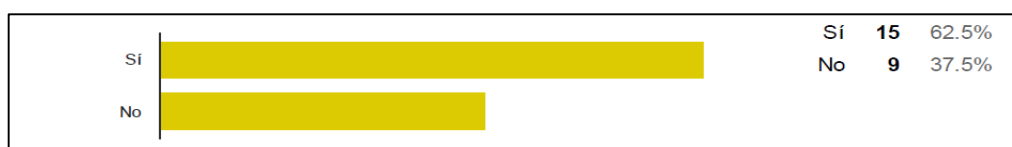
Grafico 5-3. Tabulación pregunta 1, dorsal o lumbar



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Antebrazos: El 62.5% de los ganaderos (15) han sufrido molestias.

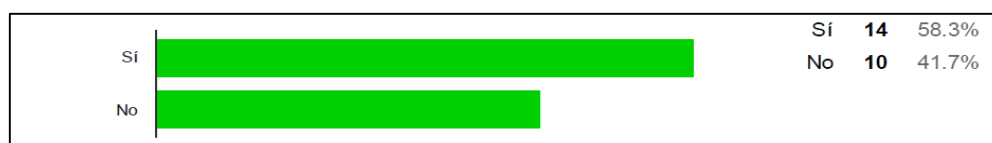
Grafico 6-3. Tabulación pregunta 1, antebrazos



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Muñecas: El 58.3% de los ganaderos (14) han sufrido molestias.

Grafico 7-3. Tabulación pregunta 1, muñecas



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

CONCLUSIÓN: El dorsal o lumbar es la zona del cuerpo que genera mayor molestia en los ganaderos.

3.5.2 Pregunta número 2: ¿Ha tenido molestias en los últimos 12 meses?

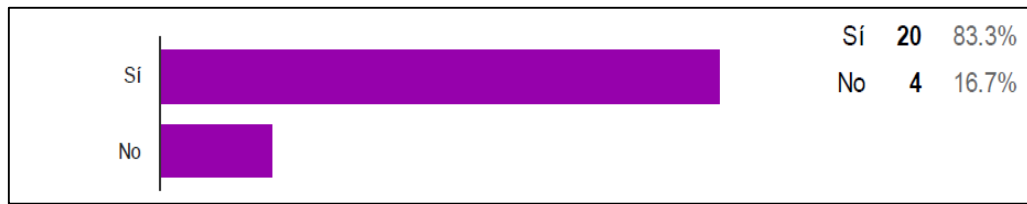
Tabla 3-3. Opciones de la pregunta 2, Kuorinka

	Sí	No
Cuello		
Hombros		
Dorsal o lumbar		
Antebrazos		
Muñecas		

Fuente: Cuestionario Nórdico de Kuorinka

Cuello: El 83.3% de los ganaderos (20) han sufrido molestias en los últimos 12 meses.

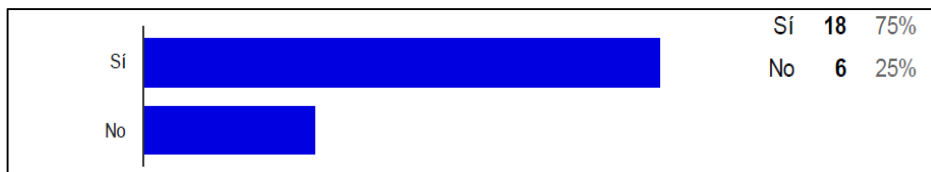
Grafico 8-3. Tabulación pregunta 2, cuello



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Hombros: El 75% de los ganaderos (18) han sufrido molestias en los últimos 12 meses.

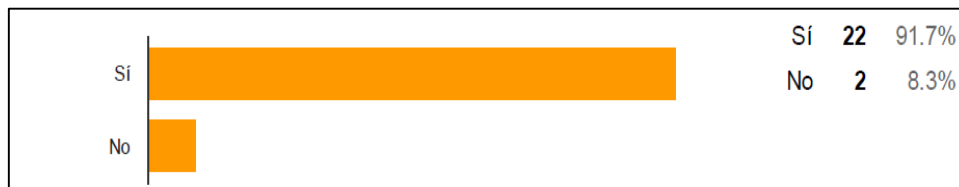
Grafico 9-3. Tabulación pregunta 2, hombro



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Dorsal o Lumbar: El 91.7% de los ganaderos (22) han sufrido molestias en los últimos 12 meses.

Grafico 10-3. Tabulación pregunta 2, dorsal o lumbar



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Antebrazos: El 58.3% de los ganaderos (14) han sufrido molestias en los últimos 12 meses.

Grafico 11-3. Tabulación pregunta 2, antebrazos



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Muñecas: El 58.3% de los ganadores (14) han sufrido molestias en los últimos 12 meses.

Grafico 12-3 Tabulación pregunta 2, muñecas



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

CONCLUSIÓN: El dorsal o lumbar es la zona del cuerpo que ha generado la mayor molestia en los ganaderos durante los últimos 12 meses.

3.5.3 Pregunta 3: ¿Cuál es el promedio de tiempo que ha sentido molestias en los últimos 12 meses?

Tabla 4-3. Opciones pregunta 3, Kuorinka

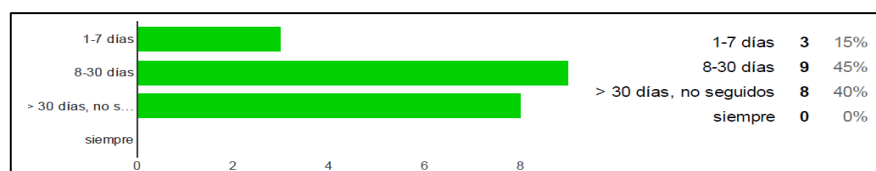
	1-7 días	8-30 días	>30 días, no seguidos	Siempre
Cuello				
Hombros				
Dorsal o lumbar				
Antebrazos				
Muñecas				

Fuente: Cuestionario nórdico de Kuorinka

Cuello:

- Tres trabajadores han sufrido molestias entre uno a siete días.
- Nueve trabajadores han sufrido molestias entre ocho y treinta días.
- Ocho trabajadores han sufrido molestias por más de 30 días.

Grafico 13-3. Tabulación pregunta 3, cuello

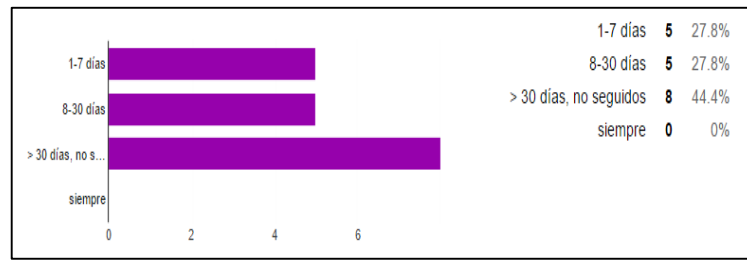


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Hombros:

- Cinco trabajadores han sufrido molestias entre uno y siete días.
- Cinco trabajadores han sufrido molestias entre ocho y treinta días.
- Ocho trabajadores han sufrido molestias por más de treinta días.

Grafico 14-3. Tabulación pregunta 3, hombro

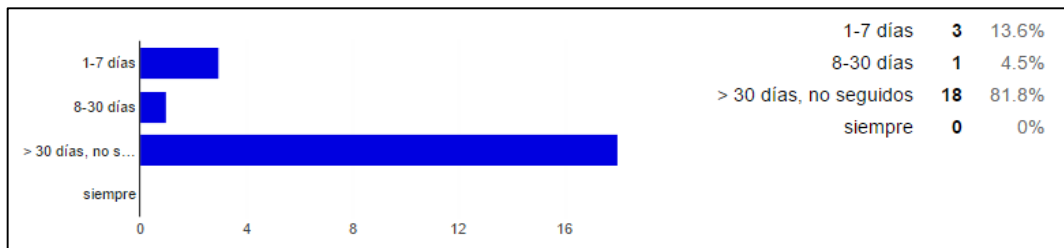


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Dorsal o lumbar:

- Tres trabajadores han sufrido molestias entre uno y siete días.
- Un trabajador ha sufrido molestias entre ocho y treinta días.
- Dieciocho trabajadores han sufrido molestias por más de treinta días.

Grafico 15-3. Tabulación pregunta 3, dorsal o lumbar

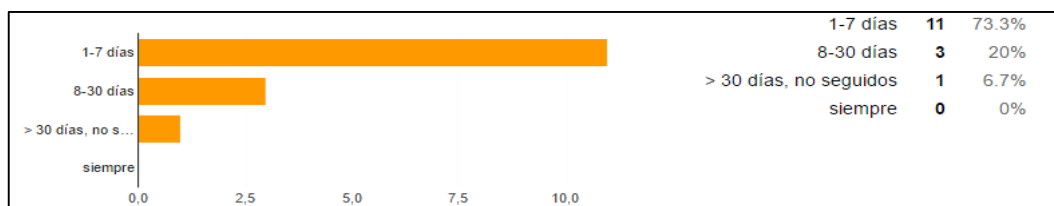


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Antebrazos:

- Once trabajadores han sufrido molestias entre uno y siete días.
- Tres trabajadores han sufrido molestias entre ocho y treinta días.
- Un trabajador ha sufrido molestias por más de treinta días.

Grafico 16-3. Tabulación pregunta 3, antebrazos

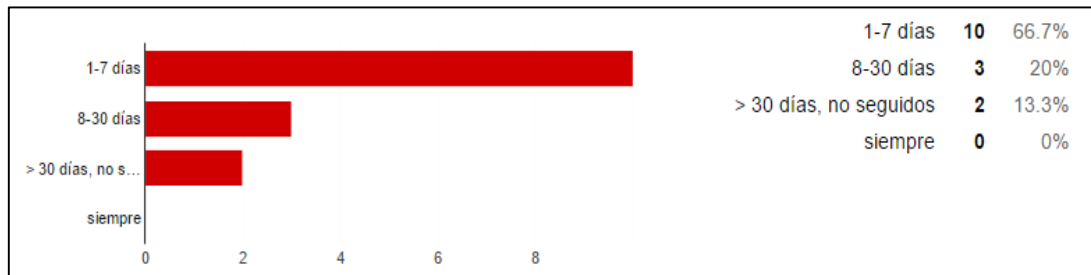


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Muñecas:

- Diez trabajadores han sufrido molestias entre uno y siete días.
- Tres trabajadores han sufrido molestias entre ocho y treinta días.
- Dos trabajadores han sufrido molestias por más de treinta días.

Grafico 17-3. Tabulación pregunta 3, muñecas



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

CONCLUSIÓN: En los últimos 12 meses la zona del cuerpo que genera mayor tiempo de afección en los ganaderos es el dorsal o lumbar.

3.5.4 Pregunta número 4: ¿Cuánto dura cada episodio?

Tabla 5-3. Opciones de la pregunta 4, Kuorinka

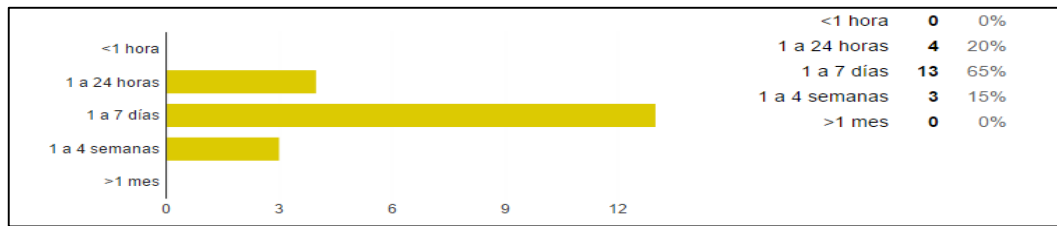
	1	2	3	4	5
Cuello					
Hombros					
Dorsal o lumbar					
Antebrazos					
Muñecas					

Figura. Cuestionario nórdico de Kuorinka

Cuello:

- Cuatro trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 24 horas.
- Trece trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 7 días.
- Tres trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 4 semanas.

Grafico 18-3. Tabulación pregunta 4, cuello

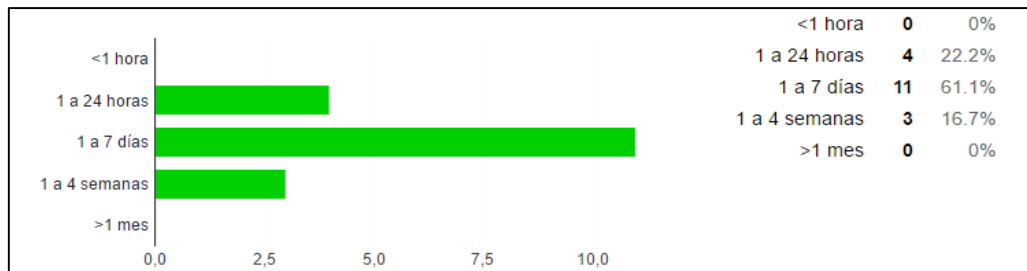


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Hombros:

- Cuatro trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 24 horas.
- Once trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 7 días.
- Tres trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 4 semanas.

Grafico 19-3. Tabulación pregunta 4, hombros

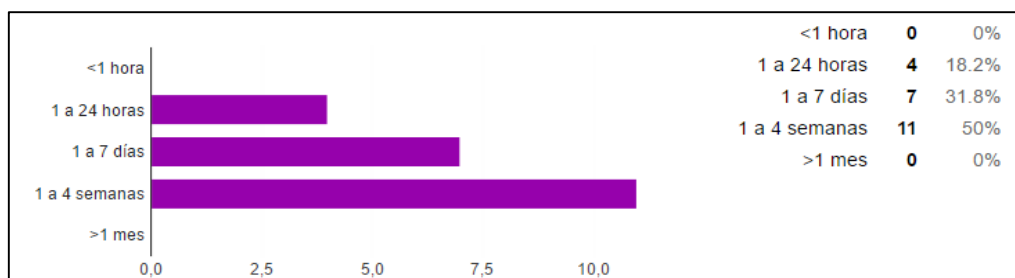


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Dorsal o Lumbar:

- Cuatro trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 24 horas.
- Siete trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 7 días.
- Once trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 4 semanas.

Grafico 20-3. Tabulación pregunta 4, dorsal o lumbar

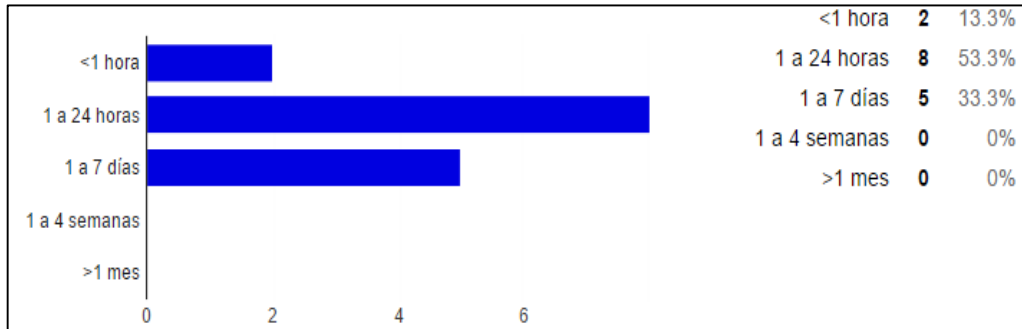


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Antebrazos:

- Dos trabajadores han indicado que las molestias duran de menos de una hora.
- Ocho trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 24 horas.
- Cinco trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 7 días.

Grafico 21-3. Tabulación pregunta 4, antebrazos

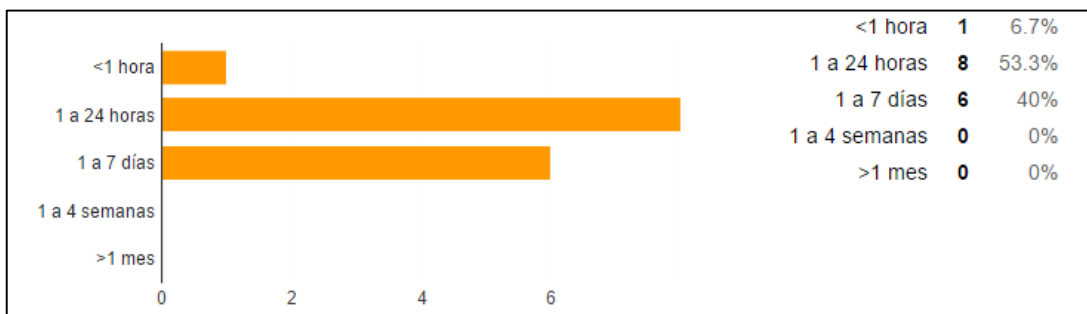


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Muñecas:

- Un trabajador ha indicado que las molestias duran de menos de una hora.
- Ocho trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 24 horas.
- Seis trabajadores han indicado que las molestias duran de 1 a 7 días.

Grafico 22-3. Tabulación pregunta 4, muñecas



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

CONCLUSIÓN: El dorsal o el lumbar es la zona del cuerpo cuyo episodio de afección tiene el mayor tiempo de duración (1 a 4 semanas).

3.5.5 Pregunta 5: ¿En qué lapso de tiempo las molestias le han impedido realizar su trabajo en los últimos 12 meses?

Tabla 6-3. Opciones de la pregunta 5, Kuorinka

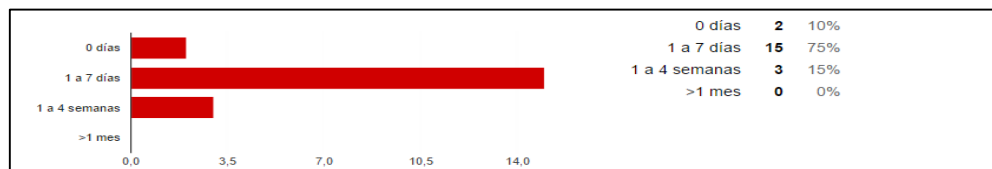
	0 días	1 a 7 días	1 a 4 semanas	>1 mes
Cuello				
Hombros				
Dorsal o lumbar				
Antebrazos				
Muñecas				

Fuente: Cuestionario nórdico de Kuorinka

Cuello: Como consecuencia de las molestias en el cuello, los trabajadores no han podido trabajar normalmente.

- Quince trabajadores han indicado un tiempo de uno a siete días.
- Tres trabajadores han indicado un tiempo de uno a cuatro semanas.

Grafico 23-3. Tabulación pregunta 5, cuello

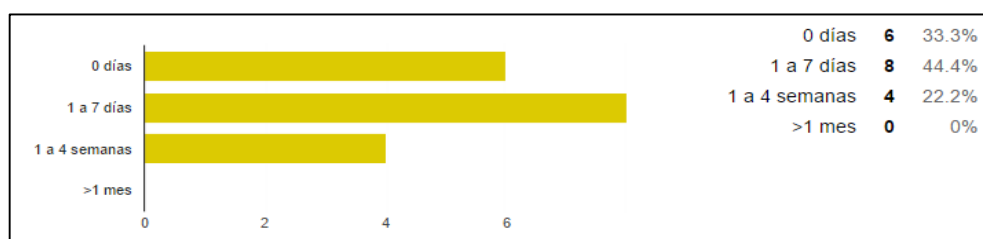


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Hombros: Como consecuencia de las molestias en los hombros, los trabajadores no han podido trabajar normalmente.

- Ocho trabajadores han indicado un tiempo de uno a siete días.
- Cuatro trabajadores han indicado un tiempo de uno a cuatro semanas.

Grafico 24-3. Tabulación pregunta 5, hombros

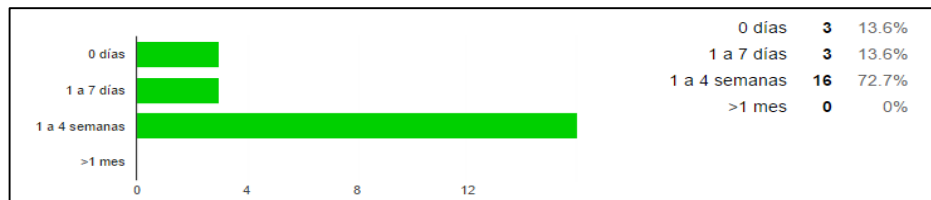


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Dorsal o Lumbar: Como consecuencia de las molestias en el dorsal o lumbar, los trabajadores no han podido trabajar normalmente.

- Tres trabajadores han indicado un tiempo de uno a siete días.
- Dieciséis trabajadores han indicado un tiempo de uno a cuatro semanas.

Grafico 25-3. Tabulación pregunta 5, dorsal o lumbar

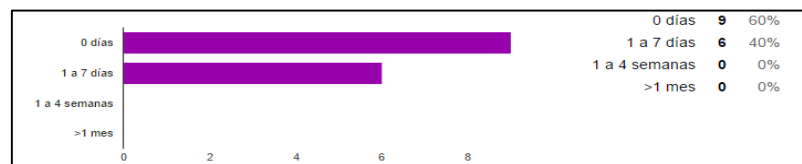


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Antebrazos: Como consecuencia de las molestias en los antebrazos, los trabajadores no han podido trabajar normalmente.

- Seis trabajadores han indicado un tiempo de uno a siete días.

Grafico 26-3. Tabulación pregunta 5, antebrazos



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Muñecas: Como consecuencia de las molestias en las muñecas, los trabajadores no han podido trabajar normalmente.

- Seis trabajadores han indicado un tiempo de uno a siete días.

Grafico 27-3. Tabulación pregunta 5, muñecas



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

CONCLUSIÓN: El dorsal o lumbar es la zona del cuerpo que les ha impedido a los ganaderos hacer su trabajo normalmente; el período de afección máximo ha sido un mes, es decir por un mes el ganadero no ha podido trabajar normalmente.

3.5.6 Pregunta número 6: Asígnele un valor a sus molestias: 0 es sin molestia y 5 molestia muy fuerte

Tabla 7-3. Opciones de la pregunta 6, Kuorinka

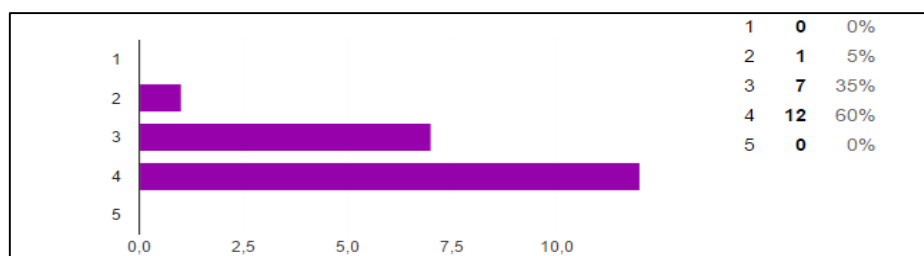
	1	2	3	4	5
Cuello					
Hombros					
Dorsal o lumbar					
Antebrazos					
Muñecas					

Fuente: Cuestionario nórdico de Kuorinka

Cuello:

- El 60% de los trabajadores (12) indican que las molestias son fuertes.
- El 35% de los trabajadores (7) indican que las molestias son moderadas.
- El 5% de los trabajadores (1) indican que las molestias son leves.

Grafico 28-3. Tabulación pregunta 6, cuello

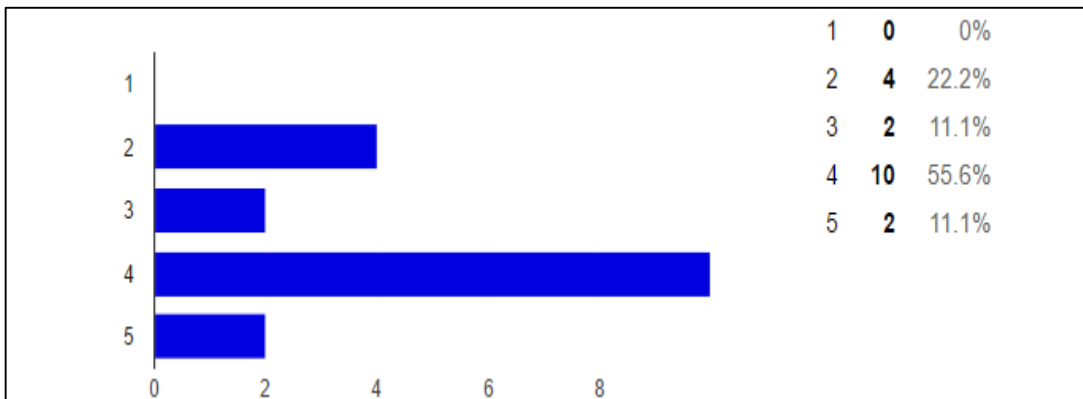


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Hombros:

- El 55.6% de los trabajadores (10) indican que las molestias son fuertes.
- El 11.1% de los trabajadores (2) indican que las molestias son moderadas.
- El 22.2% de los trabajadores (4) que han sentido molestias en los hombros dicen que la molestia es nivel 2 (débil).

Grafico 29-3. Tabulación pregunta 6, hombros

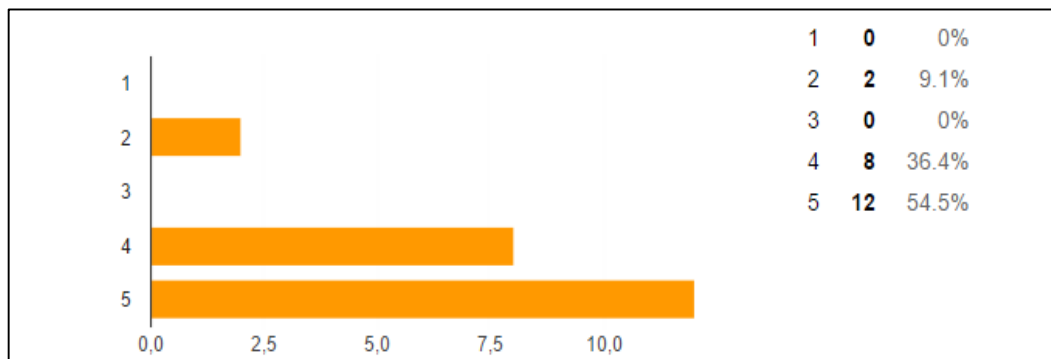


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Dorsal o lumbar:

- El 54.5% de los trabajadores (10) han indicado que las molestias son muy fuertes.
- El 36.4% de los trabajadores (8) han indicado que las molestias son fuertes.
- El 9.1% de los trabajadores (2) han indicado que las molestias son leves.

Grafico 30-3. Tabulación pregunta 6, dorsal o lumbar

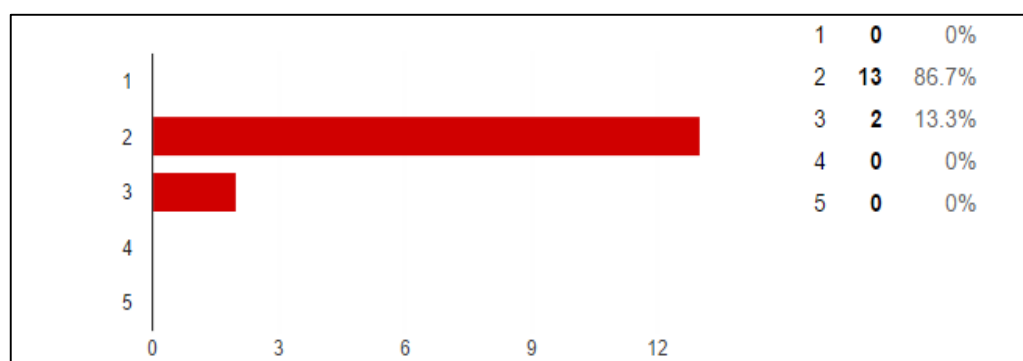


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Antebrazos:

- El 86.7% de los trabajadores (13) han indicado que las molestias son leves.
- El 13.3% de los trabajadores (2) han indicado que las molestias son moderadas.

Grafico 31-3. Tabulación pregunta 6, antebrazos

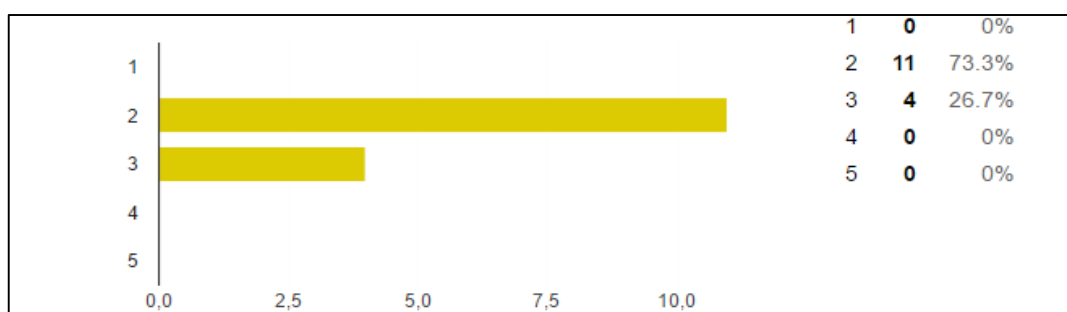


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Muñecas:

- El 73.3% de los trabajadores (11) han indicado que las molestias son leves.
- El 26.7% de los trabajadores (4) han indicado que las molestias son moderadas.

Grafico 32-3. Tabulación pregunta 6, muñecas



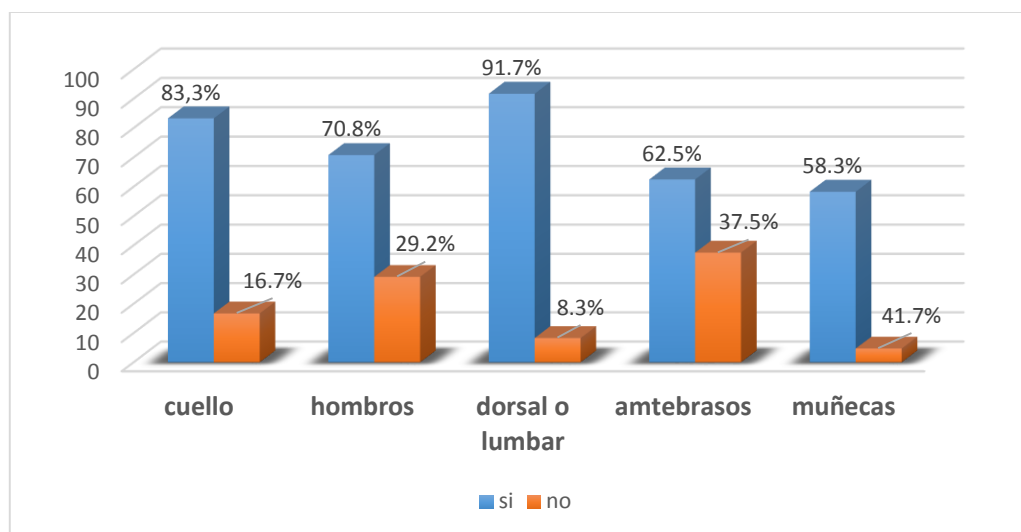
Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

CONCLUSIÓN: El nivel de afección del dorsal o lumbar es muy fuerte en la mayoría de ganaderos.

3.5.9 Conclusión del cuestionario

En conclusión, la zona del cuerpo que genera con frecuencia molestias muy fuertes en los ganaderos es el dorsal o lumbar debido a las posturas inadecuadas que adoptan al realizar el corte de forraje. El 91.7% de los ganaderos (22) han sufrido molestias

Grafico 33-3. Comparación de zonas afectadas



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Figura 11-3. Postura del ganadero



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

La evaluación realizada es cualitativa por tal motivo se aplicará el método REBA para corroborar este resultado, el método codifica la posición de los segmentos corporales de acuerdo a la posición de trabajo del ganadero y evalúa el nivel riesgo ergonómico.

3.6 Aplicación del método REBA en el corte manual

Para evaluar el nivel de riesgo ergonómico a causa de las posturas inadecuadas que adopta el ganadero se aplica el método REBA. La evaluación se realiza en la plataforma web Ergonautas en base a la siguiente figura.

3.6.1 Grupo A: Cuello, tronco y extremidades inferiores

3.6.1.1 Posición del cuello

Como se puede observar en la gráfica, el ángulo de flexión del trabajador se encuentra dentro de los parámetros de la evaluación del software

Figura 12-3. Selección del ángulo de flexión del cuello



Fuente: Ergonautas

Cuando se realiza el corte de forraje existe torsión o inclinación lateral del cuello del trabajador.

Figura 13-3. Torsión o inclinación lateral del cuello



Fuente: Ergonautas

3.6.1.2 Posición del tronco

El tronco del ganadero está flexionado más de 60 grados.

Figura 14-3. Flexión del tronco



Fuente: Ergonautas

Al realizar el corte de forraje existe torsión o inclinación lateral del tronco.

Figura 15-3. Torsión del tronco



Fuente: Ergonautas

3.6.1.3 Posición de las piernas

Al cortar el forraje el ganadero posee un soporte bilateral de las piernas.

Figura 16-3. Soporte de las piernas



Fuente: Ergonautas

Existe una flexión de las rodillas entre 30° y 60°.

Figura 17-3. Flexión de las rodillas



Fuente: Ergonautas

3.6.2 Grupo B: Extremidad superior Grupo B: Extremidades superiores

3.6.2.1 Posición del brazo

El ángulo de flexión del brazo de trabajador al momento de cortar el forraje es de 130 grados

Figura 18-3. Flexión del brazo



Fuente: Ergonautas

El ganadero rota el brazo para cortar el forraje.

Figura 19-3. Rotación y abducción del brazo



Fuente: Ergonautas

3.6.2.2 Posición del antebrazo

El antebrazo está flexionado entre 60° y 100°.

Figura 20-3. Flexión del antebrazo



Fuente: Ergonautas

3.6.2.3 Posición de la muñeca

El ángulo de flexión de la muñeca al cortar el forraje es mayor a 15°.

Figura 21-3. Flexión de la muñeca



Fuente: Ergonautas

Al cortar el pasto se observa que existe torsión o desviación de la muñeca

Figura 22-3. Torsión o desviación lateral de la muñeca



Fuente: Ergonautas

3.6.3 Actividad muscular y fuerzas

Se selecciona el tipo de actividad muscular y la fuerza ejercida como se muestra en la siguiente tabla.

Figura 23-3. Actividad muscular y fuerzas

Tipo de actividad muscular
Indica si se dan algunas de estas circunstancias...
<input checked="" type="checkbox"/> Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de 1 minuto.
<input checked="" type="checkbox"/> Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).
<input checked="" type="checkbox"/> Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.
Fuerzas ejercidas
Indica las fuerzas ejercidas por el trabajador
<input checked="" type="radio"/> La carga o fuerza es menor de 5 kg.
<input type="radio"/> La carga o fuerza está entre 5 y 10 Kgs.
<input type="radio"/> La carga o fuerza es mayor de 10 Kgs.

Fuente: Ergonautas

3.6.4 Sujeción de la carga

La sujeción es buena y la fuerza de agarre tiene un rango medio.

Figura 24-3. Tipos de sujeción



Fuente: Ergonautas

3.6.5 Resumen de las puntuaciones

El resumen de las puntuaciones de los grupos A, B y C se detallan en la siguiente tabla.

Figura 25-3. Resumen de las puntuaciones

Resumen de puntuaciones								
Lado	Grupo A Tronco, cuello y piernas		Grupo B Brazo, antebrazo y muñeca				Punt Tabla C	Punt Activ
	Punt Tabla A	Punt Fuerza	Punt A	Punt Tabla B	Punt Agarre	Punt B		
Derecho	8	0	8	7	0	7	10	3
Punt FINAL Derecho: 13 - Riesgo Muy alto - Nivel de actuación 4 - Es necesaria la actuación de inmediato								
Izquierdo	8	0	8	7	0	7	10	3
Punt FINAL Izquierdo: 13 - Riesgo Muy alto - Nivel de actuación 4 - Es necesaria la actuación de inmediato								

Fuente: Ergonautas

3.6.6 Resultado de la evaluación

Con las puntuaciones obtenidas en la evaluación el nivel de riesgo ergonómico es muy alto por lo tanto es necesaria la actuación de inmediato.

Figura 26-3. Resultado de la evaluación



Fuente: Ergonautas

CAPÍTULO IV

4. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SEMIAUTOMATIZADO PARA EL CORTE DE FORRAJE.

De acuerdo con las condiciones de trabajo en la asociación de ganaderos de la parroquia San Juan se vio en la necesidad de implementar un sistema para el corte de forraje que permita reducir los riesgos ergonómicos y aumentar la productividad, de esta manera se tiene diferentes alternativas para la realización de el corte de forraje.

4.1 Características para la construcción del sistema

El sistema para el corte de forraje debe poseer ciertas características que permitan:

- Reducir el nivel de riesgo ergonómico.
- Mejorar la productividad del ganadero.
- Garantizar la fácil maniobrabilidad de la máquina.
- Obtener una dispersión adecuada del forraje al momento de cortarlo.

4.2 Selección de la mejor alternativa

La selección de la máquina a modificar se realiza en base a la ponderación de criterios de valorización, las alternativas se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 8-4. Alternativas de selección

Alternativa	Máquina
A	Motoguadaña
B	Cortadora de césped
C	Hombre a bordo

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

ALTERNATIVA A “CORTADORA DE CESPED”

Una cortadora de césped es una máquina, manual o motorizada usada para cortar césped de los jardines, campos deportivos, forraje para el ganado, etc. Es un tipo particular, pequeño, de segadora, de altura de corte regulable dentro de ciertos límites adaptados al uso en jardines y parques.

Figura 27-4. Cortadora de césped



Fuente. <https://www.mercadolibre.com.ec/>

ALTERNATIVA B “MAQUINA HOMBRE A BORDO”

Una maquina hombre a bordo para cortar pasto, es una máquina que funciona con un motor y cuenta con dos discos para el corte del pasto esta máquina tiene accesibilidad a superficies planas.

Figura 28-4. Hombre a bordo



Fuente. Fuente: (Agroparaguaya, 2014)

ALTERNATIVA C “MOTOGUADAÑA”

La motoguadaña es un tipo de maquina semiautomatizada manual que funciona con un motor a gasolina y para realizar el corte se puede utilizar cuchillas, y disco.

Figura 29-4. Motoguadaña



Fuente: <https://www.mercadolibre.com.ec/>

• CRITERIOS DE VALORIZACIÓN PARA SELECCIONAR LA ALTERNATIVA ADECUADA PARA EL CORTE DE FORRAJE

Los criterios de valorización que se han considerado para la selección de la mejor alternativa son:

- **Maniobrabilidad:** Hace referencia a la facilidad con la que el ganadero dirige la máquina a lo largo del terreno con el fin de cortar el forraje. Para evaluar la maniobrabilidad de las alternativas se escogió al azar tres ganaderos, los cuales manipularon cada máquina y calificaron la maniobrabilidad con una escala muy buena, buena, regular, malo.

La evaluación de la maniobrabilidad de la cortadora de césped se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 9-4. Evaluación de la Maniobrabilidad (Cortadora de césped)

Ganaderos	Maniobrabilidad de la cortadora de césped			
	Muy Buena	Buena	Regular	Mala
Ganadero 1			✓	
Ganadero 2			✓	
Ganadero 3		✓		

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

La maniobrabilidad de la cortadora de césped es buena-regular, los ganaderos que la calificaron como regular argumentan que se reduce la maniobrabilidad de la cortadora debido a la fricción del terreno con las ruedas, lo cual no sucede con la motoguadaña.

El resultado de la evaluación de la máquina hombre a bordo se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 10-4. Evaluación de la Maniobrabilidad (Hombre a bordo)

Ganaderos	Maniobrabilidad de la máquina hombre a bordo			
	Muy Buena	Buena	Regular	Mala
Ganadero 1		✓		
Ganadero 2		✓		
Ganadero 3	✓			

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Dos ganaderos concuerdan que la maniobrabilidad de la máquina hombre a bordo es buena y argumentan que no la califican como muy buena ya que al compararla con la motoguadaña, la segunda puede maniobrarse fácilmente en zonas irregulares del terreno y la primera ya presenta pequeñas dificultades ante esta situación.

El resultado de la evaluación de la motoguadaña se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 11-4. Evaluación e la Maniobrabilidad (Motoguadaña)

Ganaderos	Maniobrabilidad de la motoguadaña			
	Muy buena	Buena	Regular	Mala
Ganadero 1	✓			
Ganadero 2	✓			
Ganadero 3	✓			

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Los ganaderos concuerdan que la maniobrabilidad de la motoguadaña es muy buena debido al peso ligero que posee la máquina y la facilidad con la que se le puede dirigir hacia las zonas del terreno irregulares.

- **Accesibilidad al terreno:** La superficie de algunos terrenos es irregular (en ciertas zonas) es importante que la máquina pueda emplearse con facilidad en estas zonas y que no representen un riesgo para el ganadero.

El uso de la **cortadora de césped** se dificulta en las zonas irregulares y en las pendientes ya que debido al peso de la máquina y la fricción se incrementa el esfuerzo del trabajador para trasportarlas a lo largo del terreno.

Figura 30-4. Accesibilidad del terreno (cortadora de césped)



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

La máquina **hombre a bordo** en pendientes irregulares y empinadas puede volcarse y generar lesiones en el ganadero.

Figura 31-4. Accesibilidad del terreno (hombre a bordo)



Fuente: <https://www.gardenandforest.com/hombre>

La motoguadaña puede utilizarse fácilmente en cualquier zona del terreno (zonas irregulares, pendientes).

Figura 32-4. Accesibilidad del terreno (motoguadaña)



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

- **Costo:** En la siguiente tabla se detalla el costo de cada alternativa.

Tabla 12-4. Costo de las alternativas

Máquina	Costo (USD)
Motoguadaña	505,00
Cortadora de césped	650,00
Hombre a bordo	890,00

Fuente: <https://www.mercadolibre.com.ec/>

- **PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS DE VALORIZACIÓN PARA SELECCIONAR LA ALTERNATIVA ADECUADA PARA EL CORTE DE FORRAJE**

La evaluación de los criterios de valoración para cada alternativa se realiza por medio de la siguiente tabla de ponderación.

Tabla 13-4. Para la ponderación para criterios de valorización

Niveles	Inaceptable	Malo	Aceptable	Bueno	Excelente
Ponderación	1	2	3	4	5

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Tabla 14-4. Ponderación de los criterios de valorización

		Criterios de valorización			Ponderación
		Maniobrabilidad	Accesibilidad al terreno	Costo	
Alternativas	A	3	4	4	11
	B	4	3	3	10
	C	5	5	5	15

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

La mejor alternativa es aquella con el puntaje de ponderación más alto y corresponde a la alternativa C, es decir, la mejor alternativa para el pequeño ganadero de acuerdo a los criterios de valorización establecidos es la motoguadaña.

4.3 Características del sistema semiautomatizado para el corte de forraje de la motoguadaña con su acople

El diseño del sistema se realiza en base a los parámetros establecidos en el apartado anterior, haciendo un énfasis especial en la reducción del nivel de riesgo ergonómico ya que éste parámetro constituye la razón de ser de la investigación.

- **Motoguadaña con acople:** Consiste en la modificación de una motoguadaña a la cual se le añadirá un acople director para el forraje cortado esto nos ayudara en la dirección del forraje.

En el análisis de situación actual se determinó un nivel de riesgo ergonómico alto debido a la mala postura que adopta el ganadero al cortar el forraje; con el fin de solucionar este problema la primera propuesta consiste en reemplazar las herramientas de corte manual por una máquina de corte.

En el sector agropecuario existen diversas máquinas para el corte de forraje (cuya utilización mitiga los riesgos ergonómicos) pero en ocasiones debido al alto costo el pequeño ganadero no puede adquirirlas; es por ello que en la investigación se presenta una alternativa para el pequeño ganadero para reducir el nivel de riesgo ergonómico que genera el corte manual del forraje.

En el mercado también existen máquinas para el corte de plantas herbáceas (césped, picuyo, malezas) que no son utilizadas en el corte de forraje pero que debido a sus características y mediante alguna modificación podrían serlo, por ejemplo: motoguadaña, cortadora de césped o cortadora hombre a bordo.

Como se analizó en el capítulo anterior para cortar manualmente el forraje el ganadero flexiona el tronco, el lumbar y el cuello un ángulo inadecuado lo cual le ha generado trastornos musculoesqueléticos.

La motoguadaña se manipula de pie; esta postura, a comparación de la postura del corte manual, reduce el nivel de riesgo ergonómico.

Figura 33-4. Motoguadaña



Fuente: <https://www.mercadolibre.com.ec/>

4.4 Motoguadaña con acople

4.4.1 Acople director del forraje cortado

Una de las ventajas del corte manual es que el ganadero puede acomodar el forraje por cargas a medida que lo va cortando para posteriormente transportar las cargas a los almacenes o los corrales para alimentar a los animales.

Figura 34-4. Formación de la carga de forraje



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Al utilizar la motoguadaña el forraje queda disperso por todo el terreno; el ganadero debe recolectarlo, amontonarlo y transportarlo; lo cual implica una elevación en el tiempo de trabajo y mayor esfuerzo físico para el ganadero.

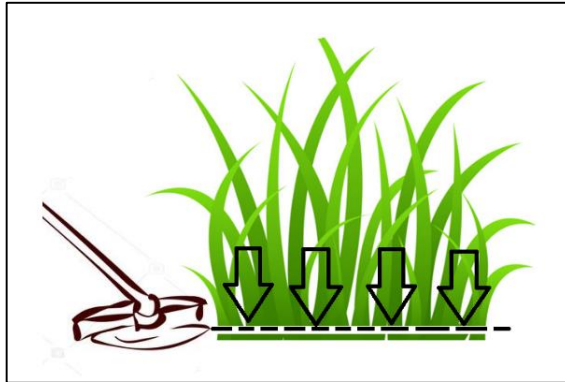
El problema principal en el proceso de corte con guadaña es que el forraje cae en el mismo sitio en el que es cortado, el ganadero debe recolectar el pasto a medida que lo va cortando caso contrario el forraje regado en el piso le impide su avance a lo largo del terreno ya que si pisa el forraje este se echaría a perder.

Figura 35-4. Forraje disperso en el terreno



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

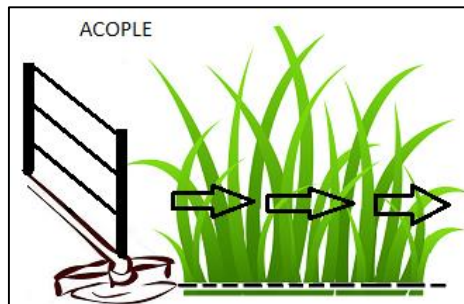
Figura 36-4. Dirección de caída del forraje cortado



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Para solucionar este problema se acopla una estructura en la guadaña con el fin de controlar la dirección del forraje a medida que se lo va cortando, es decir, poder dirigirlo y colocarlo en una zona determinada del terreno (por lo general a un costado) para que no impida el avance del ganadero como se puede observar en las siguientes figuras.

Figura 37-4. Dirección de caída del forraje cortado mediante el acople



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Figura 38-4. Formación de la línea de forraje cortado

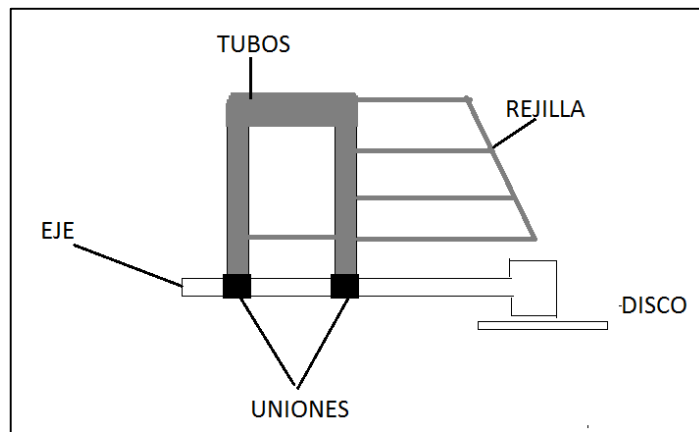


Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

La línea de forraje se transporta al final de la jornada a los almacenes o corrales para alimentar al ganado como se lo hacía normalmente.

El diseño del acople es simple consiste en una especie de rejilla que desplaza el forraje cortado, la reja está sujeta a una estructura formada con tubos la cual se acopla a la motoguadaña mediante uniones como se puede observar en la siguiente figura.

Figura 39-4. Diseño del acople



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Otro punto muy importante en el diseño del acople es la selección del material para su construcción. Debido a que el acople va a elevar el peso total de la motoguadaña lo ideal es que se elija un material ligero.

4.4.2 Selección del material de la estructura.

Para la construcción de la estructura que sostiene la rejilla se considera las siguientes alternativas.

Tabla 15-4. Alternativas estructura de sujeción

Alternativa	Material
A	Aluminio
B	PVC
C	Acero inoxidable

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Estas alternativas se han seleccionado bajo los siguientes criterios.

- **Peso:** La estructura va a elevar el peso total de la motoguadaña, por lo cual, se debe elegir un material que lo eleve al mínimo para evitar que el ganadero realice sobreesfuerzos al usar la motoguadaña.

Tabla 16-4. Peso de la estructura según el material

Material	Peso (gramos)
Aluminio	500
PVC	300
Acero inoxidable	700

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

- **Facilitar el acople de la rejilla.-** La rejilla debe acoplarse a la estructura por lo tanto el material que facilite su unión obtendrá mayor puntaje en la ponderación de los criterios de valorización de las alternativas.

Para acoplar la rejilla en la estructura de aluminio o PVC se perfora los tubos y se introduce las varillas.

Para acoplar la rejilla en la estructura de acero se suelda las varillas en los tubos.

- **Costo**

Tabla 17-4. Costo

Material	Costo (USD)
Aluminio	40
PVC	20
Acero inoxidable	35

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

La evaluación de los criterios de valoración para cada alternativa se realiza por medio de la siguiente tabla de ponderación.

Tabla 18-4. Para la ponderación para criterios de valorización

Niveles	Inaceptable	Malo	Aceptable	Bueno	Excelente
Ponderación	1	2	3	4	5

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Tabla 19-4. Ponderación de los criterios de valorización

		Criterios de valorización			Ponderación
		Peso	Unión de la rejilla	Costo	
Alternativas	A	4	5	4	13
	B	5	5	5	15
	C	3	5	3	11

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

La mejor alternativa es aquella con el puntaje de ponderación más alto y corresponde a la alternativa B; el material de la estructura de sujeción será el PVC.

4.4.3 Material de la rejilla

El material para la construcción de la rejilla debe reunir las siguientes características maleabilidad, resistencia a la oxidación y la corrosión y peso ligero. La maleabilidad es importante porque se requiere un material que sea fácil de moldear y dar forma sin que se rompa; la resistencia a la corrosión es importante porque el material va a exponerse constantemente a la humedad de los forrajes y finalmente el peso ligero para que se eleve inadecuadamente el peso total de la motoguadaña.

El acero inoxidable cumple con las características mencionadas anteriormente, por tal motivo, es el material que se utilizará para la construcción de la rejilla.

Figura 40-4. Varilla de acero inoxidable



Fuente: <http://tienda.bricogeek.com/>

Se utilizará varillas de 4 mm de diámetro.

4.4.4 Disco de corte

La cuchilla de la motoguadaña comúnmente es en forma de hélice como se muestra en la siguiente figura. Destinados a hacer el trabajo duro en los desbroces, pueden tanto con césped, hierba y rastros como con maleza, arbustos y pequeños árboles. Son un poco más difíciles de controlar y hay que tomar ciertas precauciones en su uso.

Figura 41-4. Cuchilla en forma de hélice



Fuente: <https://oxigeniomogi.websiteseuro.com/index.php>

Disco circular.

El disco de corte es un disco de aleación de acero de 10 pulgadas de diámetro con un espesor de 2 milímetros y sus cuchillas son de widia.

El corte del forraje debe ser limpio y preciso lo cual no se logra con la cuchilla de hélice, ya que está tiende arrancar de raíz el forraje debido a la fuerza brusca con la que lo corta; para eliminar este problema en el corte su utiliza un disco de 40 dientes el mismo que se muestra en la siguiente figura.

Figura 42-4. Disco de corte



Fuente: <https://oxigeniomogi.websiteseuro.com/index.php>

El sistema semiautomatizado se diseña en el software SOLIDWORKS; en el Anexo A se muestra a detalle el sistema con sus respectivas medidas. En las siguientes figuras se puede observar el resultado.

Figura 43-4. Alternativa A



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Se procede a la construcción del sistema, el proceso es simple. Se realiza el montaje del acople en el eje de la motoguadaña como se muestra en la siguiente figura.

Figura 44-4. Motoguadaña con el acople



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Antes que el trabajador utilice la máquina se debe capacitarlo sobre el uso adecuado de la misma, en especial, para indicarle al trabajador las posturas correctas de trabajo con el fin de mitigar el riesgo ergonómico.

Figura 45-4. Capacitación sobre el uso de la motoguadaña



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

4.4.5 Evaluación ergonómica del equipo semiautomatizado

Evaluación Grupo A: cuello, tronco y extremidades inferiores.

Primero se evalúa la posición del cuello, para lo cual es necesario conocer su ángulo de flexión como se muestra en la siguiente figura donde se aprecia un ángulo de 17° y una torsión al momento de ajustarse el arnés.

Figura 46-4. Flexión y torsión del cuello



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio


En base a los datos obtenidos se selecciona la opción adecuada en el software.

Figura 47-4. Evaluación Grupo A Posición del cuello (Motoguadaña)


Posición del cuello

Indica el ángulo de flexión del cuello del trabajador o selecciona la imagen correspondiente

El cuello está entre 0 y 20 grados de flexión.
 El cuello está extendido o flexionado más de 20 grados.




El cuello está entre 0 y 20 grados de flexión.



El cuello está extendido o flexionado más de 20 grados.

Indica o selecciona la imagen, si...

Existe torsión o inclinación lateral del cuello.



Existe torsión o inclinación lateral del cuello.

Fuente: Ergonautas

A continuación en base a la siguiente figura se evalúa la posición del tronco, como se puede ver el ángulo de flexión es de 5° y una torsión cuando se desplaza la hierba que se corta.

Figura 48-4. Flexión y torsión del tronco



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

En base a los datos obtenidos se selecciona la opción adecuada en el software.

Figura 49-4. Evaluación Grupo A Posición del tronco (Motoguadaña)

Posición del tronco

Indica el ángulo de flexión del tronco del trabajador o selecciona la imagen correspondiente

- El tronco está erguido.
- El tronco está entre 0 y 20 grados de flexión o 0 y 20 grados de extensión.
- El tronco está entre 20 y 60 grados de flexión o más de 20 grados de extensión.
- El tronco está flexionado más de 60 grados.

El tronco está erguido.

El tronco está entre 0 y 20 grados de flexión o 0 y 20 grados de extensión.

El tronco está entre 20 y 60 grados de flexión o más de 20 grados de extensión.

Tronco flexionado más de 60 grados.

Fuente: Ergonautas

Como se puede observar en la siguiente figura el ganadero posee un soporte bilateral mientras va cortando el forraje.

Figura 50-4. Soporte bilateral



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Este dato se selecciona en el software.

Figura 51-4. Evaluación Grupo A Posición de las piernas (Motoguadaña)

Posición de las piernas

Indica la posición de las piernas del trabajador o selecciona la imagen correspondiente

Soporte bilateral, andando o sentado.

Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable.



Soporte bilateral, andando o sentado.



Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable.

Fuente: Ergonautas

Evaluación Grupo B: Extremidades superiores

A continuación en base a la siguiente figura se evalúa la posición del brazo, como se puede ver el ángulo de flexión es de 4° y el brazo está abducido.

Figura 52-4. Ángulo de flexión



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

En base a los datos obtenidos se selecciona la opción adecuada en el software.

Figura 53-4. Evaluación Grupo B Posición del brazo (Motoguadaña)

Posición del brazo

Indica el ángulo de flexión del brazo del trabajador o selecciona la imagen correspondiente

- El brazo está entre 0 y 20 grados de flexión o 0 y 20 grados de extensión.
- El brazo está entre 21 y 45 grados de flexión o más de 20 grados de extensión.
- El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión.
- El brazo está flexionado más de 90 grados.

<p>El brazo está entre 20 grados de flexión y 20 grados de extensión.</p>	<p>El brazo está entre 21 y 45 grados de flexión o más de 20 grados de extensión.</p>	<p>El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión.</p>	<p>El brazo está flexionado más de 90 grados.</p>
<p>El brazo está abducido o rotado.</p>	<p>El hombro está elevado.</p>	<p>Existe un punto de apoyo.</p>	

Fuente: Ergonautas

A continuación en base a la siguiente figura se evalúa la posición del antebrazo, como se puede ver el ángulo de flexión es de 62°.

Figura 54-4. Ángulo de flexión del antebrazo



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Figura 55-4. Evaluación Grupo B Posición del antebrazo (Motoguadaña)

Posición del antebrazo

Indica el ángulo de flexión del antebrazo del trabajador o selecciona la imagen correspondiente

- El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión.
- El antebrazo está flexionado por debajo de 60 grados o por encima de 100 grados.

El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión.

El antebrazo está flexionado por debajo de 60 grados o por encima de 100 grados.

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Como se puede observar en la figura, las muñecas no se flexionan permanecen a un ángulo de 0°.

Figura 56-4. Flexión de las muñecas




Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Figura 57-4. Evaluación Grupo B Posición la muñeca (Motoguadaña)


Posición de la muñeca

Indica el ángulo de flexión de la muñeca del trabajador o selecciona la imagen correspondiente

La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión.
 La muñeca está flexionada o extendida más de 15 grados.



La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión.



La muñeca está flexionada o extendida más de 15 grados.

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Evaluación Grupo C: Fuerzas, Agarre de la carga

Figura 58-4. Actividad muscular

Tipo de actividad muscular

Indica si se dan algunas de estas circunstancias...

Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de 1 minuto.

Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).

Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

Fuente: Ergonautas

Figura 59-4. Fuerzas ejercidas (Motoguadaña)

Fuerzas ejercidas

Indica las fuerzas ejercidas por el trabajador

- La carga o fuerza es menor de 5 kg.
- La carga o fuerza está entre 5 y 10 Kgs.
- La carga o fuerza es mayor de 10 Kgs.

Fuente: Ergonautas

Figura 60-4. Calidad del agarre

Calidad del agarre

Indica las características del agarre de la carga...

- Agarre Bueno (el agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio).
- Agarre Regular (el agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo).
- Agarre Malo (el agarre es posible pero no aceptable).
- Agarre Inaceptable (el agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo).

Ejemplos de diferentes tipos de agarres.

Fuente: Ergonautas

Cuando el ganadero utiliza la motoguadaña para cortar el forraje se obtiene un nivel de riesgo ergonómico MEDIO.

Figura 61-4. Resultado de la evaluación (Motoguadaña)

Resultado

Puntuación REBA

4

Nivel de Riesgo: **Riesgo Medio**

Nivel de Actuación: **Nivel de actuación 2. Es necesaria la actuación**

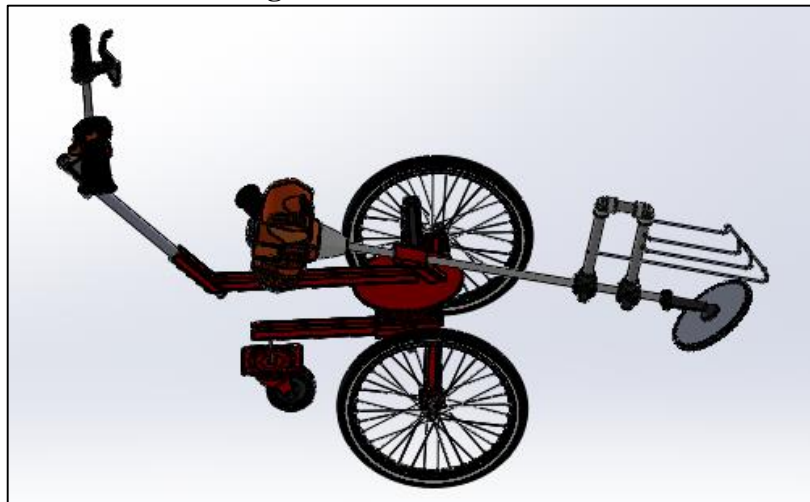
Fuente: Ergonautas

4.5 Mejoramiento del sistema semiautomatizado para el corte de forraje

De igual manera consiste en la modificación de una motoguaña, la diferencia con la alternativa A es que además del acople director se construye una estructura que soporta el peso de la motoguadaña.

El sistema semiautomatizado se diseña en el software SOLIDWORKS; en el Anexo B se muestra a detalle el sistema con sus respectivas medidas. En la siguiente figura se puede observar el resultado.

Figura 62-4. Alternativa B



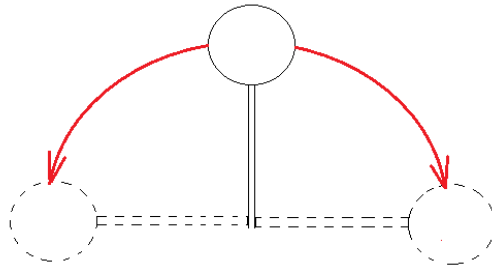
Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

4.5.1 Construcción del soporte

El soporte consiste en una estructura de acero cuya función principal es sujetar la motoguadaña con el fin de evitar que el trabajador la cargue durante el corte del forraje. En la estructura se adhieren diversos componentes como son: la transmisión, el freno y las ruedas.

- **Transmisión:** La trayectoria que se describe al cortar el forraje es curva como se muestra en la figura, la transmisión le facilita al operario realizar dicho movimiento.

Figura 63-4. Trayectoria del movimiento



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Figura 64-4. Transmisión



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

- **Freno:** En ocasiones es necesario impedir el movimiento curvilíneo descrito en la figura anterior para lo cual se ha implementado un freno en el disco superior de la transmisión.

Figura 65-4. Freno



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Se procede a la construcción de la alternativa B, el proceso es simple. Se realiza el montaje de la motoguadaña en la estructura como se muestra en la siguiente figura.

Figura 66-4. Construcción de la alternativa B



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Antes que el trabajador utilice la máquina se debe capacitarlo sobre el uso adecuado de la misma, en especial, para indicarle al trabajador las posturas correctas de trabajo con el fin de mitigar el riesgo ergonómico.

Figura 67-4 Capacitación



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

4.5.2 Evaluación ergonómica

Evaluación Grupo A: cuello, tronco y extremidades inferiores.

Primero se evalúa la posición del cuello, para lo cual es necesario conocer su ángulo de flexión como se muestra en la siguiente figura donde se aprecia un ángulo de 9°.

Figura 68-4. Flexión del cuello



Ángulos: 9° - 351°

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

En base a los datos obtenidos se selecciona la opción adecuada en el software.

Figura 69-4. Evaluación Grupo A Posición del cuello

Posición del cuello

Indica el ángulo de flexión del cuello del trabajador o selecciona la imagen correspondiente

El cuello está entre 0 y 20 grados de flexión.
 El cuello está extendido o flexionado más de 20 grados.

0° 20°

El cuello está entre 0 y 20 grados de flexión.

<0° >20°

El cuello está extendido o flexionado más de 20 grados.

Fuente: Ergonautas

A continuación en base a la siguiente figura se evalúa la posición del tronco, como se puede ver el tronco está erguido y una torsión cuando se desplaza la hierba que se corta.

Figura 70-4. Flexión y torsión del tronco



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio


En base a los datos obtenidos se selecciona la opción adecuada en el software.

Figura 71-4. Evaluación Grupo A Posición del tronco


Posición del tronco

Indica el ángulo de flexión del tronco del trabajador o selecciona la imagen correspondiente

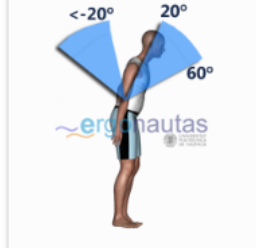
- El tronco está erguido.
- El tronco está entre 0 y 20 grados de flexión o 0 y 20 grados de extensión.
- El tronco está entre 20 y 60 grados de flexión o más de 20 grados de extensión.
- El tronco está flexionado más de 60 grados.




El tronco está erguido.



El tronco está entre 0 y 20 grados de flexión o 0 y 20 grados de extensión.




El tronco está entre 20 y 60 grados de flexión o más de 20 grados de extensión.



Tronco flexionado más de 60 grados.

Existe torsión o inclinación lateral del tronco.



Existe torsión o inclinación lateral del tronco.

Fuente: Ergonautas

Como se puede observar en la siguiente figura el ganadero posee un soporte bilateral.

Figura 72-4. Soporte bilateral



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Este dato se selecciona en el software.


Figura 73-4. Evaluación Grupo A Posición de las piernas (Motoguadaña)

Posición de las piernas


Indica la posición de las piernas del trabajador o selecciona la imagen correspondiente

Soporte bilateral, andando o sentado.

Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable.



Soporte bilateral, andando o sentado.



Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable.

Fuente: Ergonautas

Evaluación Grupo B: Extremidades superiores

A continuación en base a la siguiente figura se evalúa la posición del brazo, como se puede ver el ángulo de flexión es de 0° y el brazo está abducido.

Figura 74-4. Ángulo de flexión



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

En base a los datos obtenidos se selecciona la opción adecuada en el software.

Figura 75-4. Evaluación Grupo B Posición del brazo (Motoguadaña)



Fuente: Ergonautas

A continuación en base a la siguiente figura se evalúa la posición del antebrazo, como se puede ver el ángulo de flexión es de 54°.

Figura 76-4. Ángulo de flexión del antebrazo



Ángulos: **54** ° - **306** °

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Figura 77-4. Evaluación Grupo B Posición del antebrazo (Motoguadaña)

Posición del antebrazo

Indica el ángulo de flexión del antebrazo del trabajador o selecciona la imagen correspondiente

El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión.
 El antebrazo está flexionado por debajo de 60 grados o por encima de 100 grados.

El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión.

El antebrazo está flexionado por debajo de 60 grados o por encima de 100 grados.

Fuente: Ergonautas

Como se puede observar en la figura, las muñecas no se flexionan.

Figura 78-4. Flexión de las muñecas



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Figura 79-4. Evaluación Grupo B Posición la muñeca (Motoguadaña)

Posición de la muñeca

Indica el ángulo de flexión de la muñeca del trabajador o selecciona la imagen correspondiente

La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión.
 La muñeca está flexionada o extendida más de 15 grados.

La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión.

La muñeca está flexionada o extendida más de 15 grados.

Fuente: Ergonautas

Evaluación Grupo C: Fuerzas, Agarre de la carga

Figura 80-4. Fuerzas ejercidas (Motoguadaña)

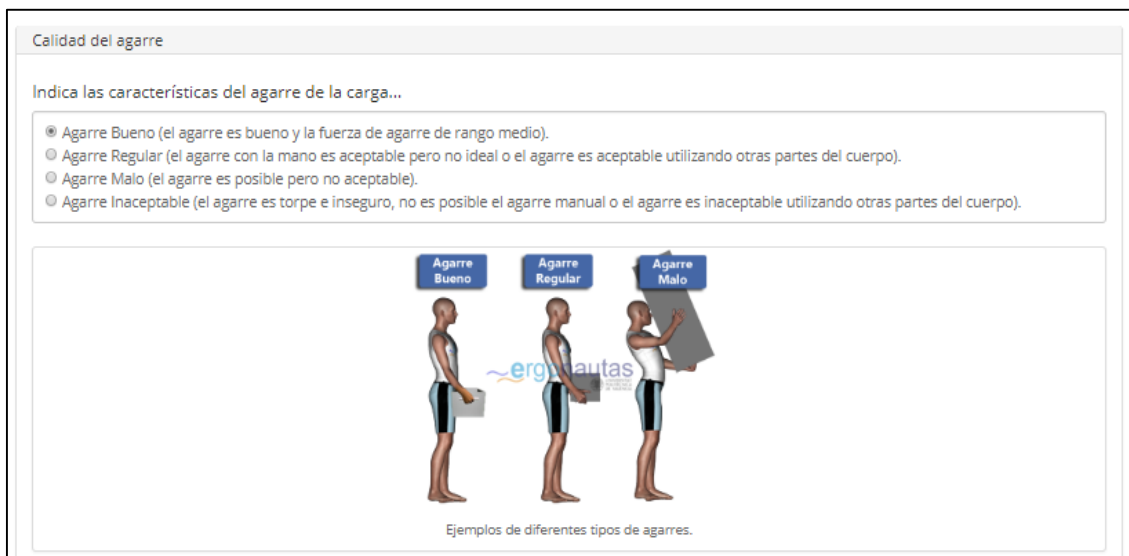
Fuerzas ejercidas

Indica las fuerzas ejercidas por el trabajador

La carga o fuerza es menor de 5 kg.
 La carga o fuerza está entre 5 y 10 Kgs.
 La carga o fuerza es mayor de 10 Kgs.

Fuente: Ergonautas

Figura 81-4. Calidad del agarre



Fuente: Ergonautas

Cuando el ganadero utiliza la alternativa B para cortar el forraje se obtiene un nivel de riesgo ergonómico INAPRECIABLE.

Figura 82-4. Resultado de la evaluación



Fuente: Ergonautas

4.6 Comparación de los sistemas

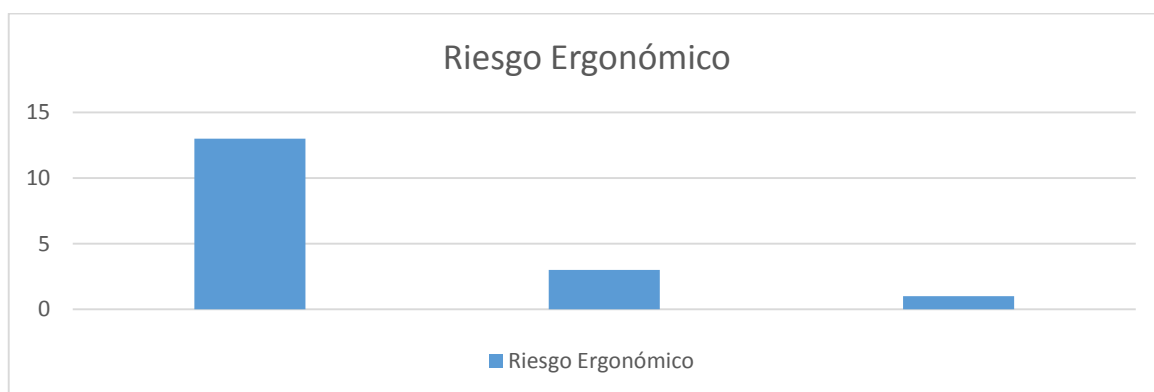
La selección de la mejor alternativa depende de su nivel de riesgo ergonómico, la selección se detalla en la siguiente tabla.

Figura 83-4. Selección de alternativas

Corte manual	Motoguadaña con acople	Sistema semiautomatizado
		
Puntuación REBA: 13	Puntuación REBA: 4	Puntuación REBA: 1
Riesgo muy alto	Riesgo Miedo	Riesgo Inapreciable

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

Grafico 34-4. Comparación de alternativas



Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

El sistema modificado es la mejor alternativa, el nivel de riesgo ergonómico es menor puesto que en el corte manual la valoración REBA fue de 13 y con los cambios se obtuvo una valoración de 1 inapreciable.

4.7 Análisis de la productividad

Una vez capacitado el ganadero en el uso adecuado del sistema semiautomatizado se evalúa su productividad para compararla con la situación anterior del corte de forraje y determina la mejora alcanzada.

Primero se calcula la productividad del operario con el corte manual del forraje, el análisis se realiza en función al tiempo que tarda en cortar 1000 m² de terreno. El registro de los tiempos se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 20-4. Registro de tiempos corte manual

Tomas	Tiempo (minutos)
1	600
2	610
3	590
4	600
5	610
Promedio	602 min

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

La productividad se calcula con la fórmula:

$$P = \frac{\text{Área del terreno (m}^2\text{)}}{\text{Tiempo (min)}}$$

$$P = \frac{1000}{602} = 1,66 \frac{\text{m}^2}{\text{min}}$$

En el corte manual del forraje se obtiene una productividad del 1,66 m²/min.

El registro de la toma de tiempos con el sistema semiautomatizado se detalla en la siguiente tabla. El análisis se realizó en 1000 m² de terreno al igual que en el corte manual.

Tabla 21-4. Registro de tiempos, sistema automatizado

Tomas	Tiempo (minutos)
1	400
2	405
3	410
4	395
5	400
Promedio	402

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

La productividad se calcula con la fórmula:

$$P = \frac{\text{Área del terreno (m}^2\text{)}}{\text{Tiempo (min)}}$$

$$P = \frac{1000}{402} = 2,49 \frac{\text{m}^2}{\text{min}}$$

Como se puede observar la productividad del operario se incrementa. Considerando como valor inicial una productividad de $1,66 \frac{\text{m}^2}{\text{min}}$ y con el valor obtenido mediante la implementación del sistema ($2,49 \frac{\text{m}^2}{\text{min}}$) la productividad se eleva en un 50 %.

4.8 Nivel de riesgo ergonómico

El nivel de riesgo ergonómico con el corte manual es MUY ALTO, el análisis se detalla en el capítulo 3 del presente trabajo de titulación.

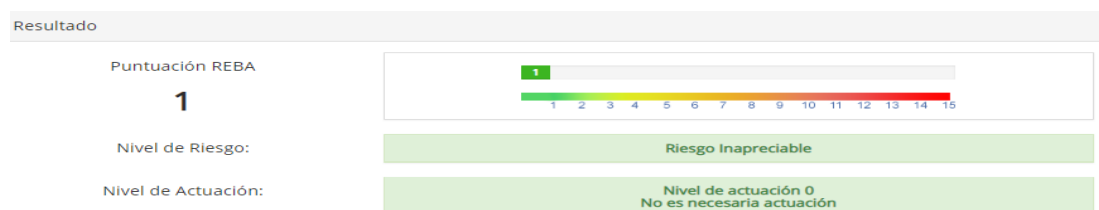
Figura 84-4. Nivel de riesgo (corte manual)



Fuente: Ergonautas

Con la implementación del sistema semiautomatizado el nivel de riesgo es INAPRECIABLE.

Figura 85-4. Nivel de riesgo (sistema semiautomatizado)



Fuente: Ergonautas

4.9 DETALLE DE COSTOS

Para la implementación del sistema semiautomatizado se consideraron las mejores ofertas de los dispositivos a instalar, sin dejar de lado la calidad, eficiencia y tecnología. Los costos directos corresponden a los elementos que influyen directamente en el sistema, y los costos indirectos a los asignados a materiales y elementos auxiliares.

4.9.1 Costos directos

Tabla 22-4. Costos directos para la fabricación del sistema automatizado

COSTOS DIRECTOS		
Cantidad	Descripción	Costo total [USD]
1	Motoguadaña	505,00
1	Rejilla	20,00
1	Estructura	100,00
1	Freno	10,00
1	Transmisión	25,00
2	Llantas grandes ring 12	24,00
1	Llanta pequeña	3,00
TOTAL		687,00

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

4.9.2 Costos indirectos

Engloban los gastos indirectos para la elaboración del presente trabajo de titulación, los cuales no son cuantificable ni medibles de una manera directa por lo cual se realiza una aproximación de los valores.

Tabla 23-4. Costos indirectos para la fabricación del sistema automatizado

COSTOS INDIRECTOS		
Cantidad	Descripción	Costo total [USD]
1	Otros gastos (suelda, pintura, pernos, combustible, aceite)	130,00
TOTAL		130,00

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

4.9.3 Costos totales

El costo total de elaboración del sistema automatizado para el proceso de salado del queso es igual a la suma de costos directos e indirectos.

Tabla 24-4. Costo total del sistema automatizado

COSTO FINAL	
Costos directos	687,00
Costos indirectos	130,00
Total	817,00

Fuente: Villavicencio Costa Byron Patricio

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Se analizó la situación actual del corte de forraje y se determinó por medio del método de Kuorinka que la zona del cuerpo que genera con frecuencia molestias muy fuertes en los ganaderos es el dorsal o lumbar debido a las posturas inadecuadas que adoptan al realizar el corte de forraje. El nivel de riesgo ergonómico se evaluó con el método REBA, se obtuvo un puntaje de 13 que corresponde a un RIESGO MUY ALTO.

Se sustituyó las herramientas de corte manual por una motoguadaña con el fin de que el ganadero adopte una postura de trabajo adecuada. Al utilizarla el forraje quedó disperso por todo el terreno y el ganadero debía recolectarlo, amontonarlo y transportarlo; lo cual implica una elevación en el tiempo de trabajo y mayor esfuerzo físico; para solucionar este problema se diseñó un acople con el fin de controlar la dirección del forraje a medida que se lo va cortando, es decir, poder dirigirlo y colocarlo en una zona determinada del terreno. Además para evitar que el trabajador soporte el peso de la máquina al cargarla mientras realiza el corte se construyó una estructura que realice ese trabajo y que también facilite la maniobrabilidad de la motoguadaña.

Se capacitó el ganadero sobre el manejo adecuado del sistema y se ejecutó pruebas para asegurar su óptimo funcionamiento; se obtuvo un tiempo promedio de corte igual a 402 minutos al trabajar mil metros cuadrados de terreno.

Se evaluó la mejora alcanzada mediante el cálculo de la productividad y la evaluación ergonómica; se mejoró la productividad de un 1,66 (m²/min) a un 2,49 (m²/min) y se redujo el nivel de riesgo ergonómico de un RIESGO MUY ALTO (Puntaje REBA de 13) a un RIESGO INAPRECIABLE (Puntaje REBA de 1).

RECOMENDACIONES

Realizar una evaluación ergonómica por lo menos una vez al año para identificar los problemas del ganadero y plantear soluciones de mejora.

Realizar un mantenimiento adecuado del sistema semiautomatizado para garantizar su óptimo funcionamiento y prolongar su vida útil.

Capacitar a todos los ganaderos que conforman la asociación de ganaderos de la parroquia San Juan, provincia de Chimborazo sobre el manejo adecuado del sistema semiautomatizado.

Concientizar al ganadero sobre temas de ergonomía en especial sobre la adopción de posturas forzadas y sobreesfuerzos que son las causas comunes de los problemas ergonómicos en el sector agropecuario, esto con el fin de mantener un nivel de riesgo ergonómico BAJO y una productividad ALTA.

BIBLIOGRAFÍA

AGROPARAGUAYA. Uso de forrajes verdes. Paraguay: Asunción, 2014 [Consulta: 02 julio 2018] Disponible en: <<https://agroparaguaya.wordpress.com/2014/06/02/uso-de-forrajes-verdes/>>

BERNAL, J. Pastos para corte y pastoreo. Bogotá:Imprint, 2010, pp. 2-7

CARRO, P. Productividad y competitividad. Uruguay:Mar de la Plata, 2007, pp. 150-152

CROEM, A. Prevención de Riesgos Ergonómicos. Murcia:Ecoe Ediciones, 2015, pp. 30-35

EU-OSHA. Trastornos musculoesqueléticos. Barcelona-España:Universidad politécnica de Cataluña, 2015 [Consulta: 10 agosto 2018]. Disponible en: <<https://osha.europa.eu/es/themes/musculoskeletal-disorders.>>

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE PACHUCA. Clasificación de la Ergonomía. Pachuca: Instu, 2011, pp. 23-26

GAD. Parroquia San Juan. Ecuador:EcuEdito, 2017 [Consulta: 22 agosto 2018]. Disponible en: <<http://www.sanjuan.gob.ec/index.php/la-parroquia/economia.>>

MORALES, C. La medición de la productividad del valor agregado. Costa Rica: Porrúa, 2014, pp. 145-149

MORENO, C. Pastos y forrajes. Colombia: Planeta, 2012 [Consulta 05 agosto 2018] 07. Disponible en: <<http://pastosyforrajeszootecnia2012.blogspot.com/2012/10/que-son-forrajes.html.>>

MUNDO PECUARIO. Pastos y forrajes utilizados en la alimentación animal. Perú:Diario Oficial, 2013 [Consulta 29 julio 2018]. Disponible en: <[http://mundopecuario.com/tema190/pastos_forrajes/.](http://mundopecuario.com/tema190/pastos_forrajes/)>

NISPERUZA, E. Corte y transporte del pasto. Bogotá :Océano, 2012, pp. 25-26

PREVALIA, I. Riesgos Ergonómicos y Medidas Preventivas. Madrid: Mad, 2013, pp. 138-141

RAMÍREZ, F. Diseño y construcción de una máquina de una máquina cortadora y recolectora de forraje. Riobamba: Educar, 2011, pp 47-50.

SECRETARÍA DE SALUD LABORAL. Manual de Trastornos Musculoesqueléticos.
Castilla : Edebe, 2008, pp. 41-45.

UNIDEG. Maquinaria y automatización. Colombia: Edaf, 2013 [Consulta 20 junio 2018].
Disponible en: <<https://tareasuniversitarias.com/control-semiautomatico.html>.>

ANEXOS

