



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DISEÑO DE UN SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRAL PARA LA
CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE ANIMALES MENORES USANDO
TERRENOS CON ESCASOS SERVICIOS DE REGADÍO”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera Industrial

Autora:

Caizaluisa Quimbita Stefany Jimena

Tutor Académico:

Ing. Tello Córdor Ángel Marcelo, MSc.

LATACUNGA – ECUADOR

2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

La postulante, Caizaluisa Quimbita Stefany Jimena declara ser autora del presente Proyecto de Investigación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRAL PARA LA CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE ANIMALES MENORES USANDO TERRENOS CON ESCASOS SERVICIOS DE REGADÍO”**, siendo el Ing. MSc. Ángel Marcelo Tello Córdor, tutor del presente trabajo; se excluye expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, se certifica que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de exclusiva autoría.

Latacunga, Marzo 2022.

AUTORA

Stefany Jimena Caizaluisa Quimbita
C.C.: 185017677-5



AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO DE UN SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRAL PARA LA CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE ANIMALES MENORES USANDO TERRENOS CON ESCASOS SERVICIOS DE REGADÍO”, de la señorita Caizaluisa Quimbita Stefany Jimena, de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo 2022.

TUTOR

Ing. MSc. Ángel Marcelo Tello Córdor
C.C.: 050151855-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, la postulante: Caizaluisa Quimbita Stefany Jimena con el título de Proyecto de Investigación: **“DISEÑO DE UN SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRAL PARA LA CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE ANIMALES MENORES USANDO TERRENOS CON ESCASOS SERVICIOS DE REGADÍO”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

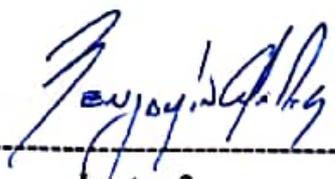
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo 2022.

Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)
Ing. MSc. Edison Patricio Salazar
C.C.:050184317-1



Lector 2
Ing. MSc. Benjamín Belisario Chávez Ríos
C.C.:171676037-4



Lector 3
Ing. MSc. Milton Eduardo Herrera Tapia
C.C.:050150331-2



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Propietaria del terreno, avalo que el Proyecto de Investigación titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRAL PARA LA CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE ANIMALES MENORES USANDO TERRENOS CON ESCASOS SERVICIOS DE REGADÍO”**, de autoría de la señorita Caizaluisa Quimbita Stefany Jimena con C.C. 185017677-5, egresada de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi; realizó la implementación de dicho trabajo científico en beneficio del mejoramiento de los procesos productivos y agrícolas en las lotizaciones bajo mi jurisdicción; ubicado en el barrio Culaguango Bajo de la parroquia urbana Belisario Quevedo, de la ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi.

Se autoriza a la interesada hacer del presente documento el uso legal que más convenga.

Latacunga, Marzo 2022.

PROPIETARIA DEL TERRENO

Guanoluisa Vaca Bertha Margoth
C.C.: 0502192610

DEDICATORIA

Con todo mi corazón se los dedico a mis padres mi Pablito y Esther, por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, muchos de mis logros se los debo a ustedes, que me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos Janet, Edgar y Santiago que de igual manera fueron parte de este proceso, por darme fuerza y animos en cada paso que di, por ser mí ejemplo y como olvidar a mis hermanos que desde el cielo me dan su bendición Pablito y Diego.

Mi querido esposo Darwin, la persona que estuvo apoyándome en cada decisión, esa persona que tuvo paciencia y entrega para conmigo, el que ha sido mi impulso durante mi carrera.

A mí amado hijo Gabriel para quien ningún sacrificio es suficiente, que con su luz ha iluminado mi vida y hace que mi camino sea más claro, por ser mi fuente de motivación e inspiración para superarme cada día.

Mis segundos padres que son mis suegros, por siempre mantener unido y vivo este equipo de trabajo y familia, por darme su mano y guiarme como una hija más.

Stefany Jimena

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios, por brindarme salud y vida, por permitirme tener la experiencia dentro mi Universidad, gracias a mi universidad y docentes por compartir y enseñar sus conocimientos.

Gracias a mi familia por siempre darme su apoyo incondicional, Dios le pague.

A todas las personas que me apoyaron e hicieron posible este proyecto.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRAL PARA LA CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE ANIMALES MENORES USANDO TERRENOS CON ESCASOS SERVICIOS DE REGADÍO”

Autora:

Caizaluisa Quimbita Stefany Jimena

RESUMEN

El proyecto de investigación tiene como objetivo principal diseñar un sistema productivo integral para la crianza de animales menores usando terrenos de escasos servicios de regadío, cuya problemática deriva de la ausencia de un proceso industrial que cubra el aprovechamiento óptimo de la limitada cantidad de agua que existe en el barrio Culaguango Bajo, para efectuar buenas prácticas de siembra, mantenimiento y cosecha de alfalfa, mejorando la humedad y pH del suelo a partir de un sistema de aspersión automático desarrollado en la plataforma Arduino. La metodología utilizada fue de carácter descriptivo con métodos de campo, bibliográfico, deductivo e inductivo. Los resultados demostraron que, por medio de cinco riegos en un día, se logra incrementar la humedad a 2,12% y el pH a 6,52 favoreciendo un mejor cultivo de alfalfa, que se refleja en un rodal más frondoso. Entre las conclusiones se destaca que, la generación de un programa integral de producción para alimentar a animales menores con base de forraje permitió obtener matrices de procedimientos fundamentales para el cuidado y alimentación de conejos y cuyes, así como también la siembra y mantenimiento de la siembra de alfalfa; logrando mejorar las condiciones de crianza y producción tanto de conejos y cuyes, a través de un forraje más nutritivo para la dieta de los animales; lo que se replica en la sostenibilidad económica de los habitantes del barrio Culaguango Bajo, de la parroquia Belisario Quevedo, que sustentan su canasta básica netamente de la agricultura y la crianza de estas especies domésticas.

Palabras clave: Animales menores, crianza, producción, sistema integral, regadío.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF SCIENCE AND ENGINEERING APPLIED

TITLE: “DESIGN OF AN INTEGRATED PRODUCTION SYSTEM FOR THE BREEDING AND PRODUCTION OF SMALL ANIMALS USING LAND WITH SCARCE IRRIGATION SERVICES”

Author:

Caizaluisa Quimbita Stefany Jimena

ABSTRACT

The research project has as main aim to design a productive integral system for raising small animals by using land with few irrigation services, whose problem derives from an industrial process absence, what covers the water limited amount optimal use that exists into Culaguango Bajo neighborhood, for making good sowing, maintenance and harvesting practices of alfalfa, by improving soil moisture and pH, through an automatic sprinkler system developed onto the Arduino platform. The used methodology was descriptive with field, bibliographic, deductive and inductive methods. The results showed that, through five irrigations in one day, it is possible to increase the humidity to 2.12% and the pH to 6.52, by favoring a better alfalfa crop, which is reflected a more leaf stand. Among the conclusions, it is highlighted, what the generation an integral production program for feeding small animals, based on forage allowed getting fundamental procedures matrices for the rabbits and guinea pigs care and feeding, as well as, the sowing alfalfa maintenance; it reaches for improving the production breeding and production conditions, so rabbits and guinea pigs, through a more nutritious forages for the animals' diet; which is replicated into the inhabitants economic sustainability from Culaguango Bajo neighborhood, from Belisario Quevedo parish, who sustain their basic food basket exclusively from agriculture and the raising these domestic species.

Keywords: Small animals, breeding, production, integrated system, irrigation.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“DISEÑO DE UN SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRAL PARA LA CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE ANIMALES MENORES USANDO TERRENOS CON ESCASOS SERVICIOS DE REGADÍO.”** presentado por: **Caizaluisa Quimbita Stefany Jimena**, estudiante de la Carrera de **Ingeniería Industrial** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a la peticionaria hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 21 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN.....	viii
SUMMARY.....	ix
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	x
ÍNDICE GENERAL	xi
INDICE DE FIGURAS	xiv
INDICE DE TABLAS.....	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL	2
2. INTRODUCCIÓN.....	4
2.1. EL PROBLEMA.....	4
2.1.1 Situación Problemática	4
2.1.2 Formulación del problema.....	6
2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	6
2.3.1 Objeto	6
2.3.2 Campo de Acción	7
2.5. JUSTIFICACIÓN	7
2.6. HIPÓTESIS	8
2.7. OBJETIVOS	9
2.7.1 General.....	9
2.7.2 Específicos.....	9
2.8. SISTEMA DE TAREAS	9
3. FUNDAMENTACIÓN teórica.....	11
3.1. ALFALFA	11
3.1.1 Breve historia.....	11

3.1.2 Adaptación.....	12
3.1.3 Crecimiento y desarrollo	12
3.1.4 Gestión.....	13
3.1.5 Rendimiento.....	14
3.1.6 Calidad.....	14
3.1.7 Rebrote.....	15
3.1.8 La alfalfa como alimento para animales.....	15
3.2. SISTEMAS DE CONTROL.....	17
3.2.1 Sistemas de riego	18
3.2.2 Arduino uno R3	19
3.2.3 Fuente de alimentación.....	21
3.2.4 Bomba de agua de 1HP	21
3.2.5 Pantalla de cristal líquido	22
3.2.6 Módulo RTC DS1302.....	22
3.2.7 Módulo relé de 1 canal	23
3.2.8 Cable de puente	24
3.2.9 Arduino IDE	24
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
4.1. MÉTODOS.....	25
4.1.1 Técnicas.....	26
4.1.2 Instrumentos	27
4.2. MATERIALES.....	27
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	35
5.1. SIEMBRA Y CUIDADO DE LA ALFALFA	35
5.2. ALIMENTACIÓN Y CUIDADO DE LOS CONEJOS.....	40
5.3. ALIMENTACIÓN Y CUIDADO DE LOS CUYES	41
5.4. CARACTERÍSTICAS DE CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE CONEJOS Y CUYES	43
5.5. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN	46
5.6. PRESUPUESTO.....	52
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
6.1. CONCLUSIONES.....	61
6.2. RECOMENDACIONES	62
7. BIBLIOGRAFÍA	64

INDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Arquitectura general del sistema de control.....	19
Figura 3.2. Placa Arduino uno R3	20
Figura 3.3. Fuente de alimentación (110 V-12 V).....	21
Figura 3.4. Bomba de agua de 1HP	22
Figura 3.5. LCD 16x2 y módulo I2C.....	22
Figura 3.6. Módulo RTC DS1302	23
Figura 3.7. Módulo relé de 1 canal.....	23
Figura 3.8. Cable de conexión	24
Figura 3.9. Arduino IDE y un programa de ejemplo.....	25
Figura 4.1: Arquitectura del sistema de riego.....	30
Figura 4.2: Diagrama de conexión sistema de riego automatizado	32
Figura 4.3: Interfaz de la herramienta Arduino IDE	33
Figura 5.1: Diagrama de flujo siembra de alfalfa.....	37
Figura 5.2: Diagrama de flujo gestión y mantenimiento de la alfalfa	39
Figura 5.3: Vista superior del recorrido del sistema de aspersión.....	46
Figura 5.4: Vista lateral del sistema de aspersión	47
Figura 5.5: Diagrama de flujo del sistema de aspersión.....	48
Figura 5.6: Puntos de medición de humedad y pH en el terreno de estudio	49
Figura 5.7: Humedad y pH a partir del sistema de aspersión	51
Figura 5.8: Rendimiento del suelo para el cultivo de alfalfa.....	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Beneficiarios directos	7
Tabla 2.2. Beneficiarios indirectos	7
Tabla 2.3. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	9
Tabla 3.1. Especificaciones de Arduino	20
Tabla 4.1. Hardware necesario para el sistema automatizado	28
Tabla 4.2. Algoritmos de programación del sistema de riego	34
Tabla 5.1. Procedimiento de siembra de alfalfa	35
Tabla 5.2. Procedimiento de gestión y mantenimiento de la alfalfa.....	38
Tabla 5.3. Alimentación y cuidado de conejos.....	40
Tabla 5.4. Alimentación y cuidado de cuyes	42
Tabla 5.5. Parámetros normales	44
Tabla 5.6. Comparación del valor nutricional de las carnes comunes en Latacunga	45
Tabla 5.7. Consumo de carne en la ciudad de Latacunga.....	45
Tabla 5.8. Rendimiento del suelo en función del pH	48
Tabla 5.9. Resultados del sistema de aspersión.....	50
Tabla 5.10. Resultados del rendimiento del suelo para el cultivo de alfalfa.....	51
Tabla 5.11. Hardware del sistema de aspersión.....	53
Tabla 5.12. Software del sistema de aspersión	53
Tabla 5.13. Herramientas del sistema de aspersión.....	53
Tabla 5.14. Elementos electrónicos del sistema de aspersión	54
Tabla 5.15. Mano de obra directa del sistema de aspersión	55
Tabla 5.16. Hardware del sistema de aspersión - precio unitario.....	55
Tabla 5.17. Software del sistema de aspersión - precio unitario	55
Tabla 5.18. Herramientas del sistema de aspersión - precio unitario	56
Tabla 5.19. Elementos electrónicos e hidráulicos - precio unitario.....	56
Tabla 5.20. Mano de obra directa del sistema de aspersión - precio unitario	57
Tabla 5.21. Hardware del sistema de aspersión - suma parcial.....	58
Tabla 5.22. Software del sistema de aspersión - suma parcial	58
Tabla 5.23. Herramientas del sistema de aspersión - suma parcial	58
Tabla 5.24. Elementos electrónicos e hidráulicos – suma parcial	59
Tabla 5.25. Mano de obra directa del sistema de aspersión - suma parcial.....	60
Tabla 5.26. Presupuesto.....	60

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto

Diseño de un sistema productivo integral para la crianza y producción de animales menores usando terrenos con escasos servicios de regadío.

Fecha de inicio:	Noviembre de 2021
Fecha de finalización:	Enero de 2022
Lugar de ejecución:	Parroquia Belisario Quevedo, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.
Facultad que auspicia:	Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.
Carrera que auspicia:	Ingeniería Industrial
Proyecto de investigación vinculado:	Sistema de gestión productiva

Equipo de Trabajo:

Tutor del proyecto de investigación:

Nombre: Ing. MSc. Ángel Marcelo Tello Córdor.

Celular: 0993394177

Cédula de Ciudadanía: 050151855-9

Correo electrónico: angel.tello@utc.edu.ec

Coordinador del proyecto de investigación:

Nombre: Stefany Jimena Caizaluisa Quimbita

Celular: 0987207728

Cédula de Ciudadanía: 185017677-5

Correo electrónico: stefany.caizaluisa6775@utc.edu.ec

Dirección: La Matriz, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Área de conocimiento:

- Ingeniería, Industria y Construcción. (07-UNESCO-Manual-SNIESE-SENES, 2019)

Subárea de conocimiento:

- Ingeniería y profesiones afines. (071-UNESCO-Manual-SNIESE-SENES)

Subárea específica de conocimiento:

- Materiales (vidrio, papel, plástico y madera). (0722-UNESCO-Manual-SNIESE-SENES)

Línea de investigación:

En base a la regulación referida por el Área de Investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, según la línea N° 6: Procesos Industriales.

Sublíneas de investigación de la carrera:

- Producción para el desarrollo sostenible.
- Administración y gestión de la producción.
- Calidad, diseño de procesos productivos e ingeniería de métodos.
- Investigación de operaciones y tecnología.

La investigación promueve el desarrollo de tecnologías y procesos para mejorar el rendimiento productivo y la transformación de materias primas en productos de alto valor añadido, fomentando la producción industrial para el caso, de animales menores cuyes y conejos, en base a la producción y cosecha de alfalfa de calidad. Además de crear emprendimientos que puedan mejorar la economía y sostenibilidad de los hogares en el sector de Culaguango Bajo, la crianza y producción de cuyes y conejos, es una actividad ancestral en el sector, por ende, necesita mejorar los procesos de producción de alfalfa, para tener mejores resultados en la nutrición de los rodales del terreno sujeto al estudio.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. EL PROBLEMA

2.1.1 Situación Problemática

Macro:

En la actualidad, el agua como un recurso importante en la producción agrícola, enfrenta una realidad bastante crítica a nivel mundial, para ello requiere un uso eficiente de este recurso muy importante para la vida, el 80% del agua disponible se utiliza en la agricultura y la mayoría de los sistemas de riego por gravedad alcanzan a una eficiencia de riego de 35%, y el 65% de agua captada se pierde en la conducción, distribución y aplicación y a la vez se provoca la salinización y la saturación de suelos la cual no permite la oxigenación de los suelos agrícolas [1]. Por otra parte, en los lugares con escasas de agua, solo se utiliza el agua de lluvia, pero cuando hay carencia de lluvias es muy difícil la crianza y producción de animales como sustento económico para las familias de dichos sectores.

A esta problemática, se adiciona que en la agricultura existe un desconocimiento acerca de la duración de las etapas fenológicas y la profundidad radicular del cultivo de forraje, de esta manera se desconoce las necesidades hídricas del cultivo provocando que el riego que se proporciona al mismo sea inadecuado por el agricultor, lo que ha permitido que el cultivo posea una baja calidad y por ende, la producción de animales menores sea escasa, o se produzcan especies desbalanceadas y desnutridas, estableciendo pérdidas económicas tanto en el cultivo como en la crianza de los animales menores.

Meso:

En el Ecuador la alfalfa es un pasto muy difundido entre los agricultores, criadores y productores de animales menores; pero el desconocimiento de la duración de cada una de los procesos de manejo de plagas es mínimo; además, no existe una capacitación técnica con respecto a la permeabilidad del suelo, que se devela desde la humedad y el pH, así como los valores de agua que requiere la alfalfa para crecer nutritiva y vigorosa. A esto se aglutina, los procedimientos que permitan la crianza y alimentación correcta de animales menores como cuyes y conejos, muy comercializados para la alimentación de los ecuatorianos, sobre todo de la región Sierra.

Las necesidades netas de agua para el riego se estiman mediante el balance hídrico del terreno cultivado. Este método, como tal recoge unas entradas y salidas de agua en la parcela cultivada, que inciden directamente en el proceso de la Evapotranspiración del cultivo (ET). Una de las iniciales es la precipitación, la cantidad de humedad en la propiedad geológica del suelo y la cantidad de agua en las partes superficiales que cubren las raíces de la alfalfa en el cual el componente radicular es preciso en referencia a la capacidad de absorber el agua; para ello se requiere cuantificar las ET, también, la absorción de agua está más allá de la profundidad efectiva de desarrollo del sistema radicular y eventualmente la escorrentía superficial [2]. Esto hace, que el cultivo de forraje en la región Sierra sea inapropiada, sobre todo en las zonas rurales que se dedican a la parte agrícola, haciendo que los animales que se alimentan de dicha producción sean poco rentables o de baja alimentación. Más aún en los terrenos sin servicios de regadío, el forraje que se logra cultivar tiene mediana propiedad nutritiva para los animales.

Micro:

El problema central en el cultivo de alfalfa en el barrio Culaguango Bajo de la parroquia Belisario Quevedo, de la ciudad de Latacunga, es que en la mayoría de agricultores existe un desconocimiento de las etapas fenológicas del cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa*), y la duración de cada una de estas etapas, además la escasez de agua de los terrenos hace que se aplique un riego inadecuado o muchas de las veces nulo, lo cual puede provocar grandes pérdidas de productividad y la pérdida del cultivo por las enfermedades o la carencia de este líquido vital.

La influencia de las condiciones climáticas del sector donde se va a realizar la propuesta tecnológica son importantes porque el clima influye mucho en los valores que se emplea para la estimación de agua requerida esta se puede ver afectada por el tipo de planta, clima, y principalmente en la transpiración debido a que en la etapa de crecimiento, la nutrición de la alfalfa, gran parte del suelo es cubierta por el forraje de la alfalfa madura, además del factor humedad, los fenómenos del clima como la carencia de humedad o los rayos provenientes de las radiaciones solares fuertes, disminuirá ET y la temperatura del aire, el viento, el rendimiento, radiación solar afectan también en la cantidad de agua que requiere. Todas estas condiciones influyen directamente en el producto que se les proporciona como alimento a los animales menores, dejando prever razas de conejos o cuyes desnutridos o de tamaños pequeños por su inapropiada dieta alimentaria.

En el mismo sentido, los sectores rurales como el barrio Culaguango Bajo, con terrenos comunitarios o huasipungos han sido afectados por la falta de sistemas de riego dejando abandonados sin producción agropecuaria. Por esta razón, el terreno de estudio como tal, no contiene la capacidad de realizar producción, se encuentra seco y lleno de mala hierba, es así que hay que tomar todas las medidas necesarias, para que al momento de sembrar o trasplantar la hierba (según sea el caso), y el lugar de producción, se adapten entre sí, puesto que, si no es factible el proyecto, habrá pérdidas económicas y pérdidas en producción, todo lo invertido será en vano.

No se conoce el tipo de suelo mismos que es un factor negativo para efectos de producción por tanto se tiene que revisar la permeabilidad que el suelo contiene, uno de los problemas del sector es no tener ganancias con la crianza de animales menores por el costo del forraje de alimento pues hay épocas en las que el valor económico es muy alto, lo que evita ingresos para la familia, pues las personas han optado por comprar la alfalfa, en lugar de producir.

El sistema productivo integral para la crianza y producción de animales menores en terrenos con escasos servicios de regadío, barrio Culaguango Bajo, de la parroquia Belisario Quevedo, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi; durante el periodo de Noviembre de 2021 hasta el mes de Enero de 2022.

2.1.2 Formulación del problema

Tomando en cuenta los antecedentes anteriores se desprende la siguiente interrogante: ¿Como un sistema productivo integral aporta en el mejoramiento de la crianza y producción de animales menores usando terrenos con escasos servicios de regadío?

2.3. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.3.1 Objeto

Sistema productivo integral: El proyecto tiene como objeto el estudio y recuperación del suelo situado en Belisario Quevedo, barrio Culaguango Bajo, con la finalidad de diseñar un sistema de regadío para la producción óptima de forraje y finalmente la alimentación de los animales menores.

2.3.2 Campo de Acción

Crianza y producción de animales menores en terrenos con escasos servicios de riego:

Ayudar al sector del barrio Culaguango Bajo a recuperar y mejorar el suelo reseco y de bajo pH, para posiblemente conseguir tener más producción de forraje, y animales menores que poseen las personas de este sector; logrando dar solución a los problemas presentados en el lugar.

2.4. BENEFICIARIOS

Los beneficiarios directos están comprendidos en una población de cuatro personas, distribuidas en el propietario del terreno sujeto al estudio en el barrio Culaguango Bajo y tres participes encargados de la producción de alfalfa y la crianza de animales. Los beneficiarios indirectos serán los respectivos dueños de lotes y productores agrícolas de la zona, cuantificados en un valor de 20 y 17 personas respectivamente, representando a los gestores de la producción de animales menores en la parroquia Belisario Quevedo. Además, indirectamente se beneficiarán los estudiantes y lectores de este proyecto de investigación como fuente de información y consulta. La tabla 2.1 muestra los beneficiarios directos del proyecto de investigación.

Tabla 2.1. Beneficiarios directos

POBLACIÓN	
Propietario terreno barrio Culaguango Bajo	01
Trabajadores	03
TOTAL	04

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 2.2 muestra los beneficiarios indirectos del proyecto de investigación.

Tabla 2.2. Beneficiarios indirectos

POBLACIÓN	
Dueños de lotes	20
Productores agrícolas	17
TOTAL	37

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

2.5. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad se dispone de suficiente información sobre los factores climáticos, conocer la fenología del cultivo constituye una herramienta muy importante dentro del sistema de

monitoreo agrometeorológico, pues permite conocer el impacto cualitativo y cuantitativo del tiempo y clima en la producción agrícola del forraje, sobre todo en lugares de escaso servicio de regadío. Lo que ayuda a mejorar las condiciones del suelo a través de la implementación de sistemas tecnológicos que puedan aprovechar la limitada agua o el agua lluvia para poder mitigar la infertilidad del suelo, mejorando la permeabilidad y con ello la producción de alfalfa en mejor calidad.

En el barrio Culaguango Bajo se presentan varios terrenos, pocos continúan con la producción de alfalfa, exactamente en el lugar en el cual se realizar el proyecto se ha visto afectado y descuidado principalmente por la falta de agua, por este motivo se ha tomado la iniciativa de recuperar el suelo, incentivando a los dueños y demás personas de los alrededores a crear opciones de cultivo creando e implementando un sistema de regadío, además de ello se conocerá el tipo de suelo en el que se va a realizar la producción gracias a los estudios de la permeabilidad del suelo. Es de suma importancia el cultivo de alfalfa, porque es una leguminosa forrajera que se utiliza para aportar proteína de gran calidad, minerales y vitaminas. También es una fuente importante de fibra efectiva, que contribuye a la digestión.

Además, la siembra de alfalfa en la zona puede mantener la cría de animales menores como son: cuyes, conejos entre otros. Es necesario mencionar que en este lugar la agricultura es una de las fuentes de economía y sustento para los habitantes, por tal motivo el cultivo de la alfalfa es un alimento y crianza fundamental para los animales menor. La economía de quienes administran los terrenos en los que se implementará un sistema productivo integral con un prototipo de irrigación, se desarrollará de manera sustentable y la factibilidad de su ejecución radica en que, al tecnificarse los procesos agrícolas, la crianza y producción de animales mejorará y aportará con el desarrollo de las familias del barrio Culaguango Bajo de la parroquia Belisario Quevedo. De la misma manera es necesario el uso de la tecnología en el área agroindustrial, para que de esta forma se puedan realizar sistemas integrales donde se produzca alfalfa de calidad para la crianza de animales como los cuyes y conejos en sectores rurales como Culaguango Bajo.

2.6. HIPÓTESIS

¿La implementación de un sistema productivo integral permitirá mejorar la crianza y producción de animales menores usando terrenos con escasos servicios de regadío?

2.7. OBJETIVOS

2.7.1 General

- Diseñar un sistema productivo integral para la crianza y producción de animales menores usando terrenos con escasos servicios de riego.

2.7.2 Específicos

- Realizar un estudio teórico de las necesidades de agua para la producción de forraje (alfalfa).
- Determinar las características de permeabilidad del suelo para el cultivo de forraje (alfalfa).
- Realizar el diseño lógico mediante Arduino de un sistema de riego.
- Generar un programa integral de producción para alimentar a animales menores con base de forraje (alfalfa).

2.8. SISTEMA DE TAREAS

Las actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados se detallan en la tabla 2.3.

Tabla 2.3. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
<p>Objetivo 1:</p> <p>Realizar un estudio teórico de las necesidades de agua para la producción de forraje (alfalfa).</p>	<p>a.- Levantamiento de información de las características de cultivo de forrajes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de la literatura científica sobre las características de cultivo de alfalfa. 	<p>Investigación bibliográfica: Contenido teórico y normativa IIEE</p>
	<p>b.- Identificación de las necesidades de agua para el cultivo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Recopilación de la necesidad de agua litros/planta destinada al cultivo de alfalfa 	<p>Investigación bibliográfica: Matriz requisito de agua</p>
	<p>c.- Elaboración de flujogramas del proceso productivo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Normalización de los procesos productivos de forraje 	<p>Documental-bibliográfica: Flujogramas</p>
<p>Objetivo 2:</p> <p>Determinar las características de permeabilidad del suelo para el cultivo de forraje (alfalfa).</p>	<p>a.- Análisis de teórico para la permeabilidad del suelo en el cultivo de forraje.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Interpretación de la permeabilidad del suelo pH y humedad. 	<p>Observación recolección de datos: Matriz de permeabilidad teórica</p>
	<p>b.- Evaluación de la permeabilidad del suelo en el terreno sujeto de estudio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Validación de la humedad y pH del suelo en 5 puntos del área del terreno 	<p>Google Earth latitud y longitud del terreno</p>

	c.- Ejecución del análisis pH y humedad y necesidad de agua.	• Medición del pH y de la humedad del suelo.	Matris de doble entrada humedad y pH.
Objetivo 3: Realizar el diseño lógico mediante Arduino de un sistema de regadío.	a.- Propuesta de sistema electrónico automatizado para regadío.	• Arquitectura del sistema de riego por aspersión	Evaluativa: Diagrama de bloques.
	b.- Diseño del hardware y software del prototipo	• Circuito electrónico y algoritmo de protección.	Analítica: Herramientas de computadora.
	c.- Pruebas de funcionamiento e implementación del sistema de riego por aspersión.	• Ensamblado del sistema de regadío por aspersión.	Explicativa: Uso de Arduino Uno R3 y materiales hidráulicos.
Objetivo 4: Generar un programa integral de producción para alimentar a animales menores con base de forraje (alfalfa).	a.- Identificación de requisitos de alimentación de los animales de ensayo.	• Producción integral: siembra, mantenimiento y cosecha de alfalfa	Analítica: Matriz de doble entrada, programas agroindustriales
	b.- Implementación y puesta en marcha del sistema de riego para la producción de forraje	• Tiempos de regadío, alimentación y producción de cuyes y conejos	Evaluativa: Matriz de doble entrada, alimentación y crianza de cuyes y conejos

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

El presente proyecto de investigación como propuesta tecnológica tiene la directriz de diseñar un sistema de riego automatizado que ocupe el agua almacenada de la lluvia o de otras fuentes para procurar la recuperación del suelo situado en un terreno del barrio Culaguango Bajo, a partir de un estudio que viabilice la producción de forraje (alfalfa) para la alimentación adecuada de animales menores como cuyes y conejos. Esto beneficiará a las personas propietarias del terreno y a las familias dueñas de lotes en el sector, que viven específicamente de la producción agrícola y crianza de animales.

Los siguientes numerales del proyecto de investigación detallan el argumento científico y técnico del diseño de un sistema productivo integral para la crianza y producción de animales menores en terrenos con escasos servicios de riego.

3.1. ALFALFA

La alfalfa es una planta perenne de crecimiento erguido que tiene muchos tallos frondosos que surgen de la corona en la superficie del suelo. La planta alcanza una altura de entre 61 y 91 centímetros [3]. Las hojas son trifoliadas, con folíolos largos y estrechos aserrados en las puntas. También tiene una raíz pivotante profunda que proporciona una excelente tolerancia a la sequía. El color de las flores de la mayoría de los cultivares recomendados en el Ecuador es en su mayoría de alguna tonalidad de púrpura.

3.1.1 Breve historia

La alfalfa ocupa un lugar importante en la historia de la producción mundial de cultivos. Está reconocida como la “planta más antigua que se cultiva exclusivamente como forraje”. Se originó en Asia central. Sin embargo, la evolución de la alfalfa cultivada, *Medicago sativa ssp. sativa L.*, ha estado muy influenciada por su progenitor resistente al invierno, *Medicago sativa ssp. falcata L.* [4]

La alfalfa fue introducida en el continente americano por los colonos ya en 1736, pero estas primeras plantaciones en la costa este no tuvieron éxito. Sin embargo, a mediados de la década de 1850, la alfalfa se cultivaba con éxito en las condiciones climáticas ideales del oeste de EE.UU. [5]. Durante los siguientes cincuenta a setenta y cinco años, la selección natural y la introducción de nuevo germoplasma permitieron que la producción de alfalfa se desplazara

hasta América Latina y el Caribe. La introducción de enmiendas del suelo, como la cal, a mediados del siglo XX, permitió que la alfalfa se cultivara con éxito en los suelos de bajo pH [6].

A medida que aumentaba la superficie de alfalfa, se hicieron evidentes nuevos problemas de plagas en este cultivo. A principios de la década de 1960, la producción de alfalfa estaba muy extendida en Ecuador y otros países de la región; pero la introducción y propagación del gorgojo de la alfalfa (*Hypera postica*) provocó una importante reducción de la superficie cultivada [7]. El éxito de la liberación de nuevas tácticas de control (por ejemplo, insecticidas, avispas depredadoras) ha proporcionado un control eficaz contra el gorgojo de la alfalfa en muchas regiones.

3.1.2 Adaptación

La temperatura óptima de crecimiento de la alfalfa se sitúa entre los 20 y los 30°C, aunque mantiene el crecimiento a temperaturas muy por encima y por debajo de este rango óptimo. La alfalfa requiere suelos profundos y bien drenados para un crecimiento óptimo con un pH entre 6,5 y 6,8 [8]. Este rango de pH es óptimo para la disponibilidad de nutrientes esenciales (por ejemplo, el potasio y el fósforo), la reducción de la toxicidad (por ejemplo, el aluminio) y la fijación biológica eficiente del nitrógeno.

Una de las características más importantes de la alfalfa es su relación simbiótica con *Rhizobium meliloti*. Esta bacteria estimula la formación de nódulos en las raíces de la alfalfa, donde la bacteria convierte el N_2 atmosférico en formas disponibles para la absorción por parte de la planta o para su liberación en el entorno inmediato del suelo. Según Lanyon (1988) “la concentración y eliminación de nitrógeno (en la alfalfa) iguala o supera la de cualquier otro nutriente, incluido el K” [9]. Por lo tanto, esta relación es extremadamente importante para mantener la salud y el vigor de la planta.

3.1.3 Crecimiento y desarrollo

Según Fick (1988), en la alfalfa y la mejora de la alfalfa, las semillas de alfalfa son bastante pequeñas, con un promedio de 500 semillas por gramo. Cada semilla está rodeada por una cubierta dura y contiene dos cotiledones, una radícula, un hipocótilo y un epicótilo. La semilla de alfalfa germina cuando ha absorbido el 125% de su peso en agua [10].

El proceso de germinación se inicia con el brote de la radícula a través de la cubierta de la semilla cerca del punto del hilio. A continuación, la punta de la radícula se adentra en el suelo y el hipocótilo se alarga y arrastra los cotiledones y el epicótilo por encima de la superficie del suelo en un proceso denominado germinación epigeal. Una vez que los cotiledones emergen, pueden volverse verdes, pero inicialmente tienen una actividad fotosintética limitada. La primera hoja unifoliada se produce a partir del epicótilo durante la elongación de la región meristemática del epicótilo [11]. Esta región del epicótilo produce después las hojas alternas trifoliadas o multifoliadas. Mientras el epicótilo desarrolla los tallos, las hojas y las flores, se forma un tallo secundario en la yema de la hoja unifoliada. Los tallos secundarios también se producen en otras yemas axilares situadas en los nudos cotiledonares.

La radícula sigue penetrando en el suelo mientras el hipocótilo y la radícula superior comienzan el crecimiento contráctil. El crecimiento contráctil arrastra los nodos cotiledonares y unifoliados por debajo de la superficie del suelo para desarrollar la corona. La radícula se convierte en la raíz primaria, seguida de la formación de raíces secundarias más pequeñas. El *Rhizobia meliloti* infectará entonces los pelos de la raíz unas cuatro semanas después de la germinación [12].

Con la formación y el desarrollo de las flores se produce una importante transición fisiológica. Antes de la floración, la absorción de nutrientes de la alfalfa ha sido para promover el crecimiento vegetativo. Después de la floración, la absorción de nutrientes y los fotosintatos se desvían hacia la producción de semillas. Con el patrón de crecimiento indeterminado de la alfalfa, el crecimiento vegetativo seguirá produciéndose, pero más lentamente que antes de la floración [13]. Esto permite que el rendimiento del forraje siga aumentando, pero la calidad del forraje disminuye rápidamente pasada esta fase de desarrollo.

3.1.4 Gestión

El manejo adecuado de la alfalfa es esencial para conseguir un rodal productivo. Los niveles de nutrientes y de pH del suelo deben mantenerse correctamente para que la planta tenga una disponibilidad adecuada de nutrientes y una capacidad limitada de consumo de agua. La alfalfa puede eliminar hasta 314 kg ha^{-1} de nitrógeno y 336 kg ha^{-1} de K_2O durante una temporada de crecimiento cuando se cosecha para heno, basándose en un rendimiento anual de $11.200 \text{ kg ha}^{-1}$ [14].

La gestión de la cosecha es otra estrategia de gestión importante que es esencial para un rodal productivo. Puede dividirse en tres objetivos principales: rendimiento, calidad y rebrote. El equilibrio de estos objetivos es la meta principal de la gestión de la cosecha. El alto rendimiento, la calidad y el rápido rebrote son las variables óptimas que deben alcanzarse en la producción de forraje [15].

3.1.5 Rendimiento

Los estudios realizados durante las décadas de 1920 y 1930 demostraron que el rendimiento se reducía significativamente cuando la alfalfa se cosechaba con demasiada frecuencia durante la temporada de crecimiento. Sin embargo, a principios de los años 60, se demostró que la alfalfa “Vernal” podía cosecharse tres veces al año sin comprometer el rendimiento, la calidad y la persistencia. Es así que, el intervalo de cosecha óptimo para la alfalfa es de 30 a 35 días. Sin embargo, este intervalo de cosecha también se basa en un compromiso entre rendimiento, calidad, rebrote y persistencia [16]. El máximo rendimiento del forraje en la alfalfa se logra en la madurez reproductiva, cuando el valor nutritivo del forraje es mínimo.

3.1.6 Calidad

La digestibilidad y la calidad del forraje son máximas durante la fase vegetativa y disminuyen continuamente a medida que se desarrollan los tallos y las flores. Se considera que la madurez en el momento de la cosecha es el factor más importante que afecta a la calidad del forraje. Con el desarrollo de la espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), la calidad del forraje puede medirse ahora de forma rápida y económica. Con el desarrollo de esta nueva tecnología se han lanzado muchos cultivares de alta calidad [17].

La espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano predice los componentes de la calidad del forraje (es decir, la fibra detergente ácida ADF, la fibra detergente neutra NDF y la proteína CP) mediante la detección de las amplitudes rotacionales y vibracionales asociadas a los enlaces de hidrógeno (C-H, O-H y N-H). Estos enlaces absorben una banda específica de radiación infrarroja cercana entre 800 y 2.500 nanómetros. Los materiales con alto contenido en proteínas absorben más radiación en la región N-H, mientras que los materiales con alto contenido en humedad absorben más en la región O-H. El espectro NIR de una muestra será una combinación de la reflectancia de las tres regiones [18].

3.1.7 Rebrote

La capacidad de la alfalfa para rebrotar después de la cosecha permite realizar varias cosechas al año. Sin embargo, el rebrote está influido por muchos factores, como la temperatura, la disponibilidad de carbohidratos en las raíces y la humedad. Cuando las plantas de alfalfa se cultivan en una fase común (por ejemplo, vegetativa tardía) y se exponen a una temperatura más baja, se desarrollan más lentamente y necesitan al menos diez días más para acumular rendimiento que las plantas expuestas a temperaturas más cálidas [19]. Sin embargo, cuando las temperaturas mínimas nocturnas superan los 20°C, el crecimiento de la alfalfa puede verse frenado.

El rebrote se produce a partir de las yemas de la corona y las axilares. Se ha demostrado que el crecimiento a partir de estos puntos depende de la cantidad de reservas de carbohidratos no estructurales (NSC) en el sistema radicular. Cuando las plantas se estresan con niveles bajos de reservas de NSC, el número y el tamaño de las yemas de la corona disminuyen. Si las plantas de alfalfa se cortan con altos niveles de reservas de NSC, los brotes son más numerosos y desarrollados [20]. Las plantas que se cortan con altas reservas de NSC deberían tener un rebrote más rápido que las que se cortan con bajas reservas de NSC.

3.1.8 La alfalfa como alimento para animales

La alfalfa se utiliza para la alimentación del ganado o para animales menores en diferentes formas, más frecuentemente como heno, pero también seca/deshidratada en forma de briquetas, como ensilaje, henolaje o para el pastoreo. La alfalfa se cosecha y almacena principalmente como heno o ensilado para su uso en el galpón o granja [21]. El valor alimentario de la alfalfa cosechada puede verse modificado tanto por factores posteriores a la cosecha como por el entorno de precorte y la historia de la planta (genética).

La alfalfa se utiliza ampliamente en las dietas de los rumiantes y animales menores, lo que repercute en el rendimiento de los animales de carne y/o leche, así como en el coste de producción. La disminución del valor nutritivo del forraje con el aumento del intervalo de cosecha es una consecuencia de la progresión de la madurez, junto con los efectos asociados del aumento del crecimiento del tallo y la disminución de la proporción de hojas, y la disminución del valor nutritivo del tallo [22]. Las implicaciones de una mayor madurez para el rendimiento animal son generalmente negativas.

Es un alimento animal muy apreciado y una rica fuente de proteínas, fibras, minerales y vitaminas que se utiliza en la dieta del ganado y de los animales menores. La alfalfa no tolera bien el pastoreo cercano, y es necesario algún tipo de pastoreo rotativo para mantener la persistencia y la producción de las plantas, con intervalos de descanso que repongan la corona y las raíces de las plantas en carbohidratos y nitrógeno [23]. La duración de los intervalos de descanso depende de las condiciones de crecimiento, pero es probable que sean necesarias de 5 a 6 semanas.

Además, es una de las plantas más populares de alto rendimiento que se cosecha en 3-5 cortes al año y tiene un alto contenido de nutrientes y digestibilidad en los animales menores y el ganado. Sin embargo, el contenido de nutrientes en los forrajes varía en función del estado de vegetación (madurez), la época de recolección y el origen de la planta (cultivares) [24]. Tanto los animales menores como los rumiantes se benefician de dos características principales de la alfalfa. En primer lugar, su alto contenido en proteína es fácilmente digerible (la digestibilidad de la proteína varía del 81 % al 73 % en la alfalfa verde durante el primer ciclo) y esta digestibilidad supera a la de los forrajes competidores. En segundo lugar, la fibra de la alfalfa es muy valiosa, ya que se digiere rápidamente.

Los animales menores alimentados con alfalfa tienen una mayor ingesta y digestibilidad de nutrientes que cuando son alimentados con otras leguminosas forrajeras y pastos. Puede aportar más del 30 % del total de nutrientes digeribles suministrados por la misma cantidad de avena [25]. El valor de la alfalfa de alta calidad para los animales menores reduce las necesidades de proteína al proporcionar un contenido proteico y una solubilidad variables, así como una energía relativamente alta.

Por otra parte, el contenido de betacaroteno de la alfalfa es mucho mayor que el de otros forrajes y tiene efectos beneficiosos sobre el rendimiento reproductivo de animales menores y animales menores, ya que aumenta el peso de las crías al nacer y reduce el intervalo entre el apareamiento y el parto. También tiene un efecto estimulante sobre la producción de leche materna [26]. Estudios recientes han demostrado que el ganado vacuno, ovino y caprino prefiere la alfalfa cosechada en un día despejado al atardecer, en comparación con el mismo forraje cosechado al amanecer siguiente, debido al potencial de acumulación de carbohidratos durante el día.

La capacidad de la alfalfa de proporcionar aproximadamente un 25% más de alimento de alta calidad que los pastos, se traduce en un mayor potencial de producción. Esto es significativo en

términos económicos. Además de los componentes nutricionales (proteínas y carbohidratos) que son importantes en el uso de la alfalfa y otras plantas como alimento para animales o suplementos alimenticios [27].

3.2. SISTEMAS DE CONTROL

Un sistema de control es un sistema que controla otros sub sistemas. Un sistema de control es un sistema de dispositivos o conjunto de dispositivos que gestiona, ordena, dirige o regula el comportamiento de otros dispositivos para conseguir los resultados deseados. La característica principal del sistema de control es que debe haber una relación matemática clara entre la entrada y la salida del sistema [28]. Cuando la relación entre la entrada y la salida del sistema puede representarse produciendo un comando, entonces se espera que la salida venga de acuerdo con ese comando.

Para controlar los sistemas de riego se utilizan dos tipos generales de controladores: los sistemas de bucle de control abierto y los sistemas de bucle de control cerrado. Los sistemas de bucle de control abierto aplican una acción preestablecida, como se hace con los temporizadores de riego simples [29]. Los bucles de control cerrados reciben información de los sensores, toman decisiones y aplican los resultados de estas decisiones al sistema de riego.

Un sistema de control en el que la acción de control es totalmente independiente de la salida del sistema se llama sistema de control de bucle abierto. Un sistema de lazo abierto, también conocido como sistema sin retroalimentación, es un tipo de sistema de control continuo en el que la salida no tiene influencia o efecto en la acción de control de la señal de entrada [30]. En otras palabras, en un sistema de control de lazo abierto la salida no se mide ni se retroalimenta para compararla con la entrada. Por lo tanto, se espera que un sistema de lazo abierto siga fielmente su comando de entrada o punto de ajuste, independientemente del resultado final.

En los sistemas de bucle cerrado, el operador desarrolla una estrategia de control general. Este tipo de sistema requiere la retroalimentación de uno o más dispositivos de entrada, por ejemplo, los sensores. Las decisiones de procesamiento se toman y las acciones se llevan a cabo basándose en los datos de los sensores. En este tipo de sistema, la retroalimentación y el control del sistema se realizan de forma continua. Los controladores de bucle cerrado requieren la adquisición de datos de los parámetros problemáticos, así como de los parámetros del sistema [31]. Como estos sistemas contienen bucle de retroalimentación, los sistemas de control de bucle cerrado también se denominan “sistemas de control de retroalimentación”.

En los sistemas cuya tipología es un bucle cerrado disponen de procesos de regresión para monitorear todas las salidas, con exactitud y poca cantidad de errores. Los sistemas de control de bucle cerrado pueden dar retroalimentación a una entrada particular que ha sido leída e interpretar ese valor de entrada para comprobar si es válido. Un sistema de bucle cerrado depende de la entrada para devolver la salida. Pueden corregir automáticamente los errores mediante la señal de retroalimentación [32]. Anticipan la situación para que los datos sean procesados por un determinado sistema y pueden dar una señal de retroalimentación positiva o negativa. El conocimiento del sistema cerrado puede aplicarse a un problema que requiera retroalimentación, ya que hay una entrada procedente de otros dispositivos y una acción que debe tomarse en cuanto a lo que se requiere para esa entrada.

3.2.1 Sistemas de riego

Durante muchos años se han utilizado sistemas sencillos para facilitar el riego, dependiendo de cómo se distribuya el agua por el campo. Algunos tipos comunes de sistemas de riego son:

1. Riego de superficie, en el que el agua se distribuye sobre y a través de la tierra por gravedad. No se utiliza ninguna bomba mecánica.
2. Riego localizado, en el que el agua se distribuye a baja presión, a través de una red de tuberías y se aplica a cada planta.
3. Riego por goteo, es un tipo de riego localizado en el que las gotas de agua se suministran en la raíz de las plantas o cerca de ella. En este tipo de riego, la evaporación y la escorrentía se minimizan en cada planta.
4. Riego por aspersión, en el que el agua se distribuye mediante aspersores o cañones aéreos de alta presión desde una ubicación central en el campo o desde aspersores en plataformas móviles.
5. Riego por pivote central, en el que el agua se distribuye mediante un sistema de aspersores que se mueven sobre torres con ruedas en forma circular. Este sistema es habitual en las zonas costeras del Ecuador, donde hay gran cantidad de agua.
6. Riego por desplazamiento lateral, en el que el agua se distribuye a través de una serie de tuberías, cada una de ellas con una rueda y un conjunto de boquillas de aspersión, que tienen un movimiento giratorio de manera manual o con un dispositivo fabricado para dicho propósito. Los aspersores se desplazan una determinada distancia por el campo y luego hay que volver a conectar la manguera de agua para la siguiente distancia. El sistema es menos costoso, pero requiere más mano de obra que otros.

7. Riego manual, por el que el agua se distribuye por la tierra mediante el trabajo manual y las regaderas. Este sistema requiere mucha mano de obra [33].

Todos los sistemas mencionados requieren una intervención humana constante para registrar los datos manualmente. Se debería tomar en cuenta la integración con las tecnologías modernas en todos los sistemas mencionados. En el presente proyecto se pretende hacer un sistema de riego por aspersión controlado con un sistema de bucle cerrado, el mismo que consta de un depósito de agua, una bomba de agua, una válvula, tuberías de riego por aspersión, un módulo de reloj y un microcontrolador como elementos principales [34]. El microcontrolador adquiere los datos del módulo de reloj, cuando se configura la hora de riego, el microcontrolador abre la válvula del depósito de agua y activa la bomba. Cuando se alcanza un determinado tiempo de riego, el microcontrolador cierra la válvula y apaga la bomba de forma automática. La figura 3.1 es una ilustración del diseño básico del sistema prototipo.

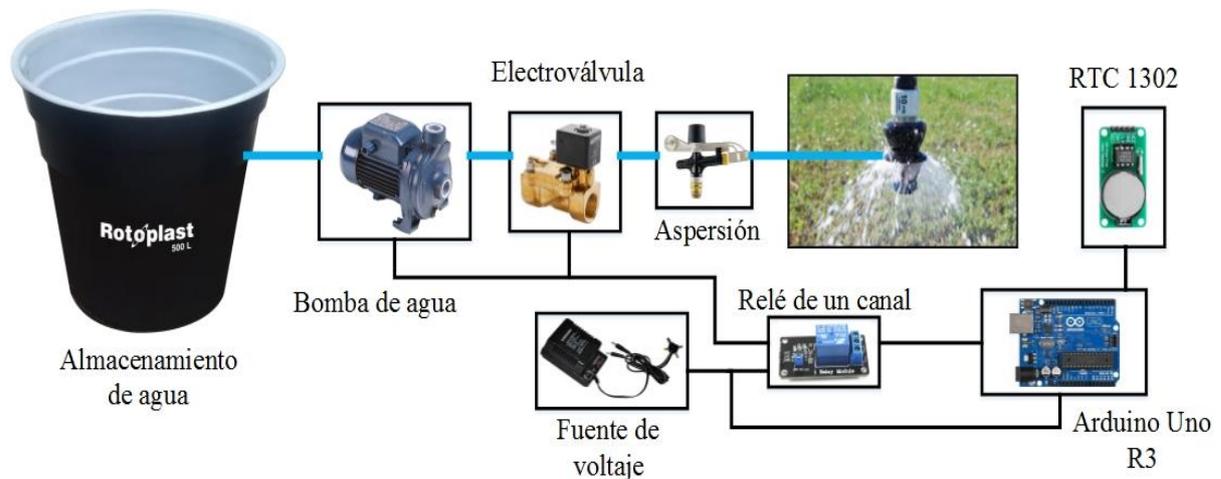


Figura 3.1. Arquitectura general del sistema de control

3.2.2 Arduino uno R3

En este proyecto se ha utilizado un Arduino uno R3 en el que la placa de microcontrolador está basada en el procesador ATmega328. Hay un total de 32 pines en este Arduino y 14 pines son digitales, 6 pines se puede utilizar salidas PWM, para la entrada analógica se utiliza 6 pines, dispone de una frecuencia de reloj de 16 MHz, tiene un puerto de conexión USB y un puerto de alimentación de 12 voltios, tiene un botón de reinicio para restablecer el programa que haya sido grabado en la placa. Dispone de los pines digitales TXD y RXD. TXD es el puerto de transmisión en serie y RDX es el puerto de recepción en serie. Por otro lado, tiene 6 entradas analógicas: pin de 5 V DC, pin de 3.3V DC, pin de tierra (tiene 3 pines de tierra, pero todos analógicos), entrada ROW, pin de RESET, y por último pin de referencia analógica [35]. Ahora

otros 6 pines son MOS-0, MOS-1, SS, SCK, SDA, y SCL, todos estos seis pines son llamados pin Header. La figura 3.2 ilustra la placa Arduino Uno R3.

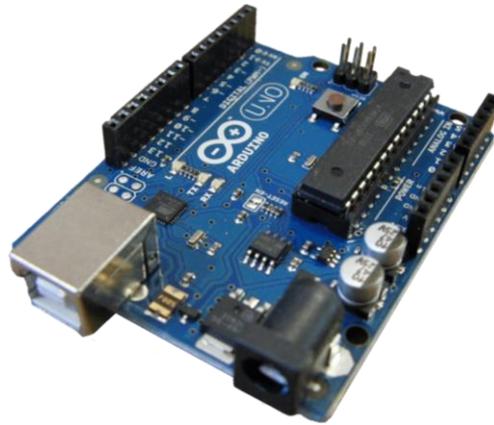


Figura 3.2. Placa Arduino uno R3 [35]

La fuente de alimentación se elige en consecuencia al proyecto que se pretenda desarrollar. La alimentación exterior (no USB) puede provenir de un conector AC-to-DC o de una batería; es así que el Arduino Uno puede ser alimentado por medio de la USB o con una fuente de alimentación exterior, con voltajes de 6 a 20 voltios de corriente directa; sin embargo, menos de cinco voltios la placa no es estable [36]. La tabla 3.1 muestra las especificaciones del Arduino uno R3.

La tarjeta OpenHardware de Arduino Uno R3 permite el diseño de sistemas embebidos para la automatización de procesos, en el caso del sistema de riego por aspersión, es muy importante porque soluciona la activación automática del riego, pero sobre todo existe un ahorro de recursos, tanto en la parte electrónica como en el proceso hidráulico del sistema.

Tabla 3.1. Especificaciones de Arduino

Característica	Especificación
Microcontrolador	ATmega328
Voltaje de operación	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (limites)	6-20 V
Pines digitales de In/Out	14 (de los cuales 6 proporcionan una salida PWM)
Pines de entrada análoga	6
Corriente DC por pin de I/O	40 mA
Corriente DC para 3.3 V	50 mA
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Velocidad de reloj	16 MHz

Fuente: Elaboración propia adaptado de [36]

3.2.3 Fuente de alimentación

En este proyecto se han utilizado dos fuentes de alimentación, a través de un dispositivo electrónico para convertir una forma de energía eléctrica a otra, como convertidores de energía eléctrica en fuentes de alimentación. Mientras que otras se incorporan a dispositivos más grandes junto con sus cargas. La fuente de esta energía puede provenir de diferentes fuentes, como la fuente de alimentación principal, la tensión de CA y la batería, o incluso de una fuente de energía renovable, como un panel solar, una turbina eólica o una pila de combustible, por nombrar sólo algunas [37]. La fuente de energía más común suele ser la corriente alterna principal. La figura 3.3 muestra la fuente alimentación usada en el proyecto.



Figura 3.3. Fuente de alimentación (110 V-12 V) [37]

Para el caso de la investigación se utiliza un adaptador de pared como fuente voltaje para alimentar la electroválvula con 12 V de corriente directa.

3.2.4 Bomba de agua de 1HP

A medida que el impulsor de su interior gira, el agua es aspirada por un lado de la bomba. Luego es expulsada por el otro extremo. La potencia y el tamaño del impulsor deciden la cantidad de flujo de agua. Se puede bombear más agua si se tiene un impulsor más grande. A medida que el impulsor gira, desplaza el agua desde la entrada (que se encuentra cerca del centro de rotación del impulsor) a lo largo de las superficies del impulsor hasta las partes exteriores de la voluta por medio de la fuerza centrífuga (de ahí su nombre de bomba centrífuga). Al acumularse esta agua en las regiones exteriores de la voluta, se dirige a la salida [38]. El agua que sale de la salida hace que la presión del agua disminuya en la entrada. Para igualar la velocidad con la que el agua sale de la salida, la bomba aspira nueva agua en la entrada. Estas bombas deben ser cebadas antes de su puesta en marcha. La figura 3.4 ilustra la bomba de agua de 1 HP.



Figura 3.4. Bomba de agua de 1HP [38]

3.2.5 Pantalla de cristal líquido

La pantalla LCD (Liquid Crystal Display) es un dispositivo utilizado para mostrar el estado de la información, se puede instalar en cualquier dispositivo electrónico, como un televisor, una calculadora o un ordenador. En este caso, la aplicación LCD que se utiliza es una pantalla LCD con un tamaño de 16x2 pixeles monocromáticos porque utiliza tecnología de semiconductores de óxido metálico complementarios (CMOS) que tiene requisitos de baja potencia. Consta de 16 pines; 8 líneas de datos, 3 líneas de control, 2 líneas de alimentación, 1 línea de contraste y 2 pines para la conexión del LED de luz trasera. Este LCD tiene dos registros, de comandos y de datos. El registro de comando almacena las instrucciones de comando dadas a la LCD, tales como comandos para borrar su pantalla y establecer la posición del cursor [39]. El registro de datos almacena los datos, los cuales son valores ASCII, que serán mostrados en el LCD. La figura 3.5 ilustra el LCD 16x2.



Figura 3.5. LCD 16x2 y módulo I2C [39]

3.2.6 Módulo RTC DS1302

El módulo RTC DS1302 es el mejor módulo que se puede utilizar como RTC (Real Time Clock) o reloj digital y como un sistema de control de tiempo. En este caso, el módulo incluye un IC EEPROM de tipo AT24C32 que también se puede instalar, con una interfaz y controlador para el módulo I2C y dos cables (SDA y SCL). El módulo RTC DS3231 RTC se utiliza con una pila

CR2032 de 3 V. Junto con el RTC DS1302, el RTC DS3231 también tiene una gran cantidad de información. El rango de la entrada VCC se puede suministrar a una tensión de 2.3 V y 5.5 V, lo que permite que la batería se mantenga sin desgaste acelerado. Además, la EEPROM AT24C32 puede contener 32K EEPROM para almacenar datos, por lo que se trata de una aplicación que permite el registro de datos, con un tiempo de espera muy corto [40]. La figura 3.6 ilustra el módulo RTC1302.



Figura 3.6. Módulo RTC DS1302 [40]

3.2.7 Módulo relé de 1 canal

La placa de interfaz de relé de 1 canal de 5 V es un relé de bajo nivel que necesita una corriente de 15-20mA para su funcionamiento. Permite el control ON/OFF de aparatos o equipos de alta tensión en los puertos normalmente abierto o normalmente cerrado que dispone el módulo, opera bajo alta corriente con valores de 250 V AC con corrientes de 10A o 110 V con corrientes de 1 a 3 A que el microcontrolador puede controlar directamente [41]. La figura 3.7 ilustra el módulo relé de 1 canal.



Figura 3.7. Módulo relé de 1 canal [41]

3.2.8 Cable de puente

Los cables pueden utilizarse todos juntos o separarse fácilmente de forma individual o por secciones. Dispone de un conjunto de 40 cables de puente DuPont; existen juegos de conectores hembra-hembra, hembra-macho y macho-macho. Un alambre es una hebra o macho de metal solitario, generalmente en forma de tubo, adaptable. Los alambres se utilizan para soportar cargas mecánicas o señales de comunicación de energía. El término “alambre” se utiliza también para referirse a un montón de hilos, como en el caso del “alambre multitrenzado”, que se denomina con más precisión “cable de acero” en mecánica, o “eslabón” en energía [42]. La figura 3.8 ilustra el cable de conexión.



Figura 3.8. Cable de conexión [42]

3.2.9 Arduino IDE

Para utilizar el Arduino en un ordenador, primero hay que descargar el controlador Arduino en el ordenador. A continuación, el controlador Arduino debe instalarse en el ordenador manualmente a través del administrador de dispositivos. Después de instalar el controlador, aparecerá el número del puerto serie virtual al que está conectado el Arduino. A continuación, se debe descargar y ejecutar en el ordenador el Arduino IDE, el programa de interfaz de Arduino. El IDE de Arduino se utiliza para crear programas llamados sketches. Cada sketch puede consistir en código C o C++ escrito principalmente bajo dos funciones llamadas `setup()` y `loop()`. La función `setup` se utiliza para inicializar todos los ajustes de los objetos que se van a utilizar en todo el programa. Esta función se ejecuta sólo una vez al inicio de la ejecución del programa. La función `loop`, como su nombre indica, se ejecuta siempre hasta que la placa se apaga [43]. La figura 3.9 ilustra el software Arduino IDE.



Figura 3.9. Arduino IDE y un programa de ejemplo [43]

4. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente proyecto se desarrolló una investigación de carácter descriptivo, la cual se llevó a cabo en un terreno de 17 m de ancho por 23 m de largo ubicado en el barrio Culaguango Bajo, de la parroquia de Belisario Quevedo, del catón Latacunga, provincia de Cotopaxi; donde se realizó el levantamiento de información. De acuerdo a la metodología, por tratarse de la práctica de estudio en el proceso de automatización del sistema de riego a base de la aspersion, como estrategia óptima para el cultivo de forraje, se ejecutó el respectivo análisis de suelo donde se encontraron las pertinentes deficiencias.

4.1. MÉTODOS

Bibliográfico. - Este método se refiere a la recolección de la información necesaria para el desarrollo de la investigación, con la cual se analizó la tecnología RTC 1302, el control del relay; también el control de las entradas y salidas de la tarjeta electrónica Arduino Uno, además permite sustentar teóricamente el trabajo investigativo garantizando la autenticidad del estudio.

De Campo. - Se utilizará la investigación de campo en el proceso de recolección de datos directamente de las personas que trabajan en la actividad agrícola del barrio Culaguango Bajo y del funcionamiento del sistema de regadío en el sector, además de la posibilidad de fuentes de agua cercanas, y principalmente del cultivo de forraje para la crianza y producción de animales menores. El levantamiento de la información a través de la inspección visual fue útil

en el desarrollo de la propuesta tecnológica, ayuda al análisis o diagnóstico actual del problema participe en el estudio, el deficiente proceso integral de la crianza y producción de animales menores, debido a la carencia de agua de riego.

La investigación esta direccionada a levantar información in situ y out situ, sobre la metodología de riego de agua para la producción de animales como los cuyes y conejos en el barrio Culaguango Bajo, y como esto afecta en la rentabilidad del sector y el aspecto socioeconómico de sus respectivos habitantes, con el método de campo hay que investigar en el lugar donde suceden los hechos y con los involucrados directos agricultores.

Método inductivo. - El método inductivo será utilizado para determinar el control y monitoreo del riego de agua por aspersión dentro del proceso de producción de forraje para la alimentación de animales menores, en el cual existe dificultades o pérdidas de producto debido a los escasos de agua, para ello el uso de la tecnología openhardware y control de procesos permitirá solventar de alguna manera la problemática.

Método deductivo. - El método deductivo permitirá la identificación de los procesos de crianza y producción de animales menores, y las características para automatizar el sistema de riego, además los inconvenientes que los dueños del terreno en estudio requieren para optimizar el pH del suelo acorde a las necesidades del cultivo de forraje, deduciendo las causas y efectos de las deficientes condiciones nutricionales de la alfalfa sembrada para la alimentación de cuyes y conejos.

4.1.1 Técnicas

Observación. - La técnica de la observación es una práctica que permite identificar el problema sobre la falta de un sistema de riego automatizado de la producción de forraje eficiente al volumen de animales menores que se produce en un terreno de escasa humedad, y como esto está afectando al rendimiento industrial de los propietarios agrícolas, lo que se refleja en todo el barrio Culaguango Bajo. La observación de campo ayudará a la determinación de las causas y efectos que dan origen a la carencia de agua de riego, y por ende a cuyes y conejos con una alimentación desbalanceada por el forraje.

Entrevista. - La entrevista es una técnica que ayuda a la recolección de información directamente desde la fuente, para el caso del proyecto investigativo se aplicará al propietario del terreno de escaso recurso hidrico para el regadío de agua y con ello solventar el pH para un

cultivo de forraje de buena calidad, con ello alimentar de manera nutritiva a los animales menores en el barrio Culaguango Bajo.

Programación. - La programación es la composición de algoritmos para el control de diferentes elementos modulares electrónicos, en el caso de Arduino que se puede almacenar en un microprocesador para cumplir una función específica de automatización, para el caso de la presente propuesta tecnología realizar el riego por aspersión de manera automatizada durante cierto periodo de tiempo en el día, con lo que se pueda mejorar la humedad del suelo y con ello cultivar un mejor forraje.

4.1.2 Instrumentos

Multímetro. - Es un instrumento electrónico utilizado para medir directamente magnitudes eléctricas activas, de esta forma verificar la corriente y el voltaje, además de la continuidad que se necesita al momento de armar la parte física del prototipo.

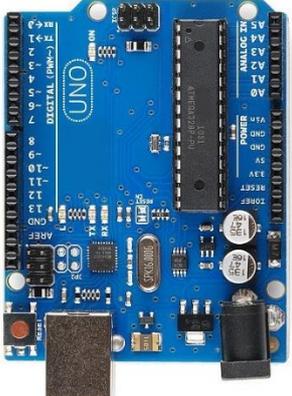
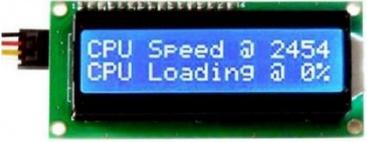
Flexómetro. – Es un instrumento de medición de la longitud, se utiliza para medir la distancia tanto en el dimensionamiento de las mangueras utilizadas en el sistema de aspersión, además del cableado para las conexiones de los distintos elementos electrónicos y del propio sistema de riego automatizado.

Medidor de pH del suelo. – Es un instrumento que permite la verificación del pH en los estudios del suelo, fue utilizado en el proyecto para este mismo propósito.

4.2. MATERIALES

Una vez establecidos los métodos empleados en la propuesta tecnológica para realizar el sistema de automatización de riego, es imperante seleccionar hardware compatible con la funcionalidad de Arduino Uno para el trabajo de actuadores, que permitan cumplir con los requerimientos del sistema, entre los principales componentes compatibles con este módulo OpenHardware se encuentran los mostrados en la tabla 4.1. Es necesario que los componentes de hardware sean compatibles a la plataforma Arduino para efectivizar los resultados, tanto en los algoritmos de programación como en las pruebas de riego por aspersión, en los horarios configurados por el módulo RTC 1302.

Tabla 4.1. Hardware necesario para el sistema automatizado

Elementos modulares Arduino	Nombre	Características	Imagen del hardware
Arduino Uno	R3	<p>Microcontrolador Atmega328P Voltaje de funcionamiento 5V, rango recomendado entre 7 a 12 V, límite máximo 20V Voltaje directo de 3.3 V en cada pin, es decir 50 mA. SRAM de 2 KB, EEPROM de 1 KB Velocidad del reloj 16 MHz. Catorce puertos de E/S digitales, solo 6 tienen una salida PWM. Pines de entrada analógica 6 pines Corriente continua por pin, 20 mA</p>	
Modulo de reloj de tiempo real	DS1302	<p>Cuenta horas, minutos, segundos; día de la semana y año Año bisiesto válido hasta el 2100 Tolera la capacidad de 12 horas y 24 horas señala el signo AM/PM RAM estática de 31 bytes Requerimiento de 2 a 5 VDC, menos de 300 nA Temperatura -0° a 70°C</p>	
Módulo de comunicación LCD	I2C	<p>Basado en el expansor I/O PCF8574. Solamente 4 líneas en total (incluyendo alimentación). Soporta múltiples dispositivos en el mismo bus I2C. Compatible con pantalla LCD 16x2 o 20x4. Emplea el módulo I2C, que facilita la usabilidad en otros componentes. Ayuda a controlar el backlight para los propósitos de programación</p>	
Display Monocromático	LCD 16x2	<p>16 caracteres x 2 líneas Caracteres de 5x8 puntos Tamaño: 5.23 x 3 mm Permite graficar los números y las letras, además caracteres especiales Backlight de LED color azul Dispone del driver KS0066U o útil para otros fabricantes Voltaje de alimentación: 5 V</p>	

Módulo relé de un canal	RELÉ	<p>El Relé de 5V requiere una corriente de 20mA. Tolerancia: 250v AC / 30v DC 10A Se puede utilizar con Arduino Funciona con 5V el mismo que es controlado de manera directa Válido para micro controlador Arduino 2560 Usa 5V señal de entrada Corriente capaz de soportar el relé: AC250V 10A.</p>	
Bomba eléctrica periférica de 1HP	BOAP-1	<p>Genera mayor presión y caudal de agua Puede ser usada con sistemas hidroneumáticos por presión Flujo máximo 50L/min Profundidad máxima de succión 8m Voltaje 110V -60 Hz Potencia de entrada 750 W Motor de alambre e impulsor de cobre</p>	
Pulsador	Pulsador DC semi-industrial	<p>Grado del contacto: 125 V 10 A, 30 V DC, 4 A/12 V DC Valor de resistencia 1 TΩ para cuando sobre pasa 500 V DC. Fuerza dieléctrica: 150 V, 60 Hz para la duración de 1 minuto Temperatura de funcionamiento: - 15° a +30° C Vida mecánica: 30000 operaciones mínimas</p>	
Electrovalvula selenoide	12V 1/2"	<p>Voltaje de operación 12 VDC Corriente de operación 0,6 A Potencia de consumo 8W Temperatura de funcionamiento 5° a 100 °C Presión de funcionamiento mínima 0.02 MPa Presión de funcionamiento máximo 0.8 MPa (8 Bar)</p>	
Cables de conexión Arduino	Jumpers dupont	<p>Longitud del cable de 400 mm Hilo de cobre Conectores Macho-Macho Hembra-Macho Hembra-Hembra Conectores dupont de 10 colores diferentes Alta calidad y buenas condiciones de trabajo Fáciles de instalar y utilizar</p>	

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

Los componentes compatibles con la plataforma Arduino Uno mostrados en la tabla han sido seleccionados debido a su bajo costo y su compatibilidad y modularidad, en este sentido la figura 4.1 muestra la arquitectura del sistema de riego automatizado de agua para la producción de forraje y la crianza de animales menores.

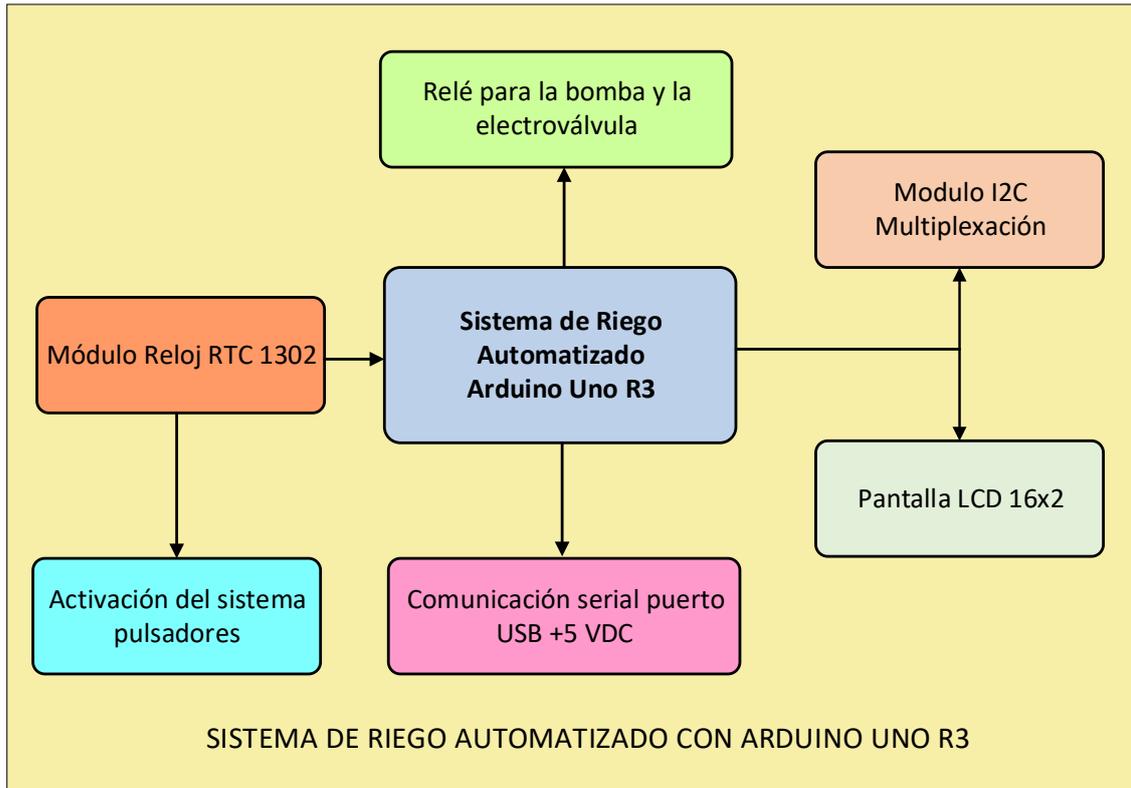
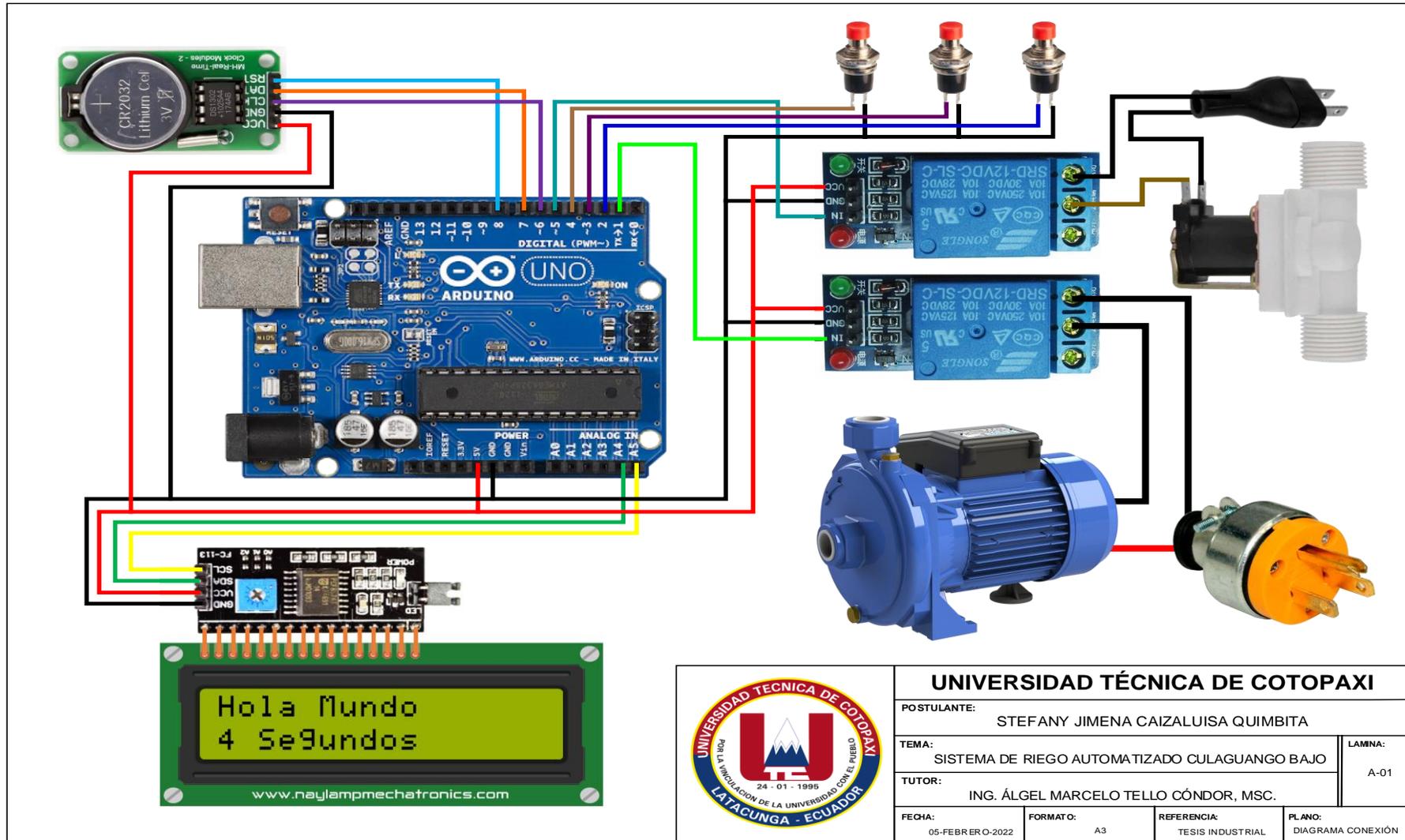


Figura 4.1: Arquitectura del sistema de riego

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

En la figura anterior se puede visualizar todos los elementos que integran el sistema de riego automatizado, la tarjeta electrónica Arduino Uno permite procesar la información que recibe del módulo de reloj RTC 1302, este reloj sincronizado es configurado por medio de tres pulsadores, donde se puede establecer la hora de riego, para que se produzcan 5 eventos de aspersion a través de la electroválvula y la bomba de agua.

En base a la arquitectura del sistema de riego automatizado, se puede realizar el diagrama de conexión, como se muestra en la figura 4.2, el cual da la apertura para el diseño del uso del programa Arduino IDE y la codificación del firmware del sistema de riego automatizado. El diagrama consta de todos los elementos utilizados en la implementación del sistema.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

POSTULANTE: STEFANY JIMENA CAIZALUISA QUIMBITA			
TEMA: SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO CULAGUANGO BAJO			LAMNA: A-01
TUTOR: ING. ÁLGEL MARCELO TELLO CÓNDROR, MSC.			
FECHA: 05-FEBRERO-2022	FORMATO: A3	REFERENCIA: TESIS INDUSTRIAL	PLANO: DIAGRAMA CONEXIÓN

Figura 4.2: Diagrama de conexión sistema de riego automatizado

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

Otro de los materiales indispensables para el diseño e implementación del sistema de riego automatizado, sobre todo en la parte del firmware que se graba en el microprocesador del Arduino Uno R3 es el Arduino IDE. La figura 4.3 muestra el software Arduino IDE, herramienta informática para codificar el firmware del microprocesador dentro de la tarjeta Arduino Uno R3.

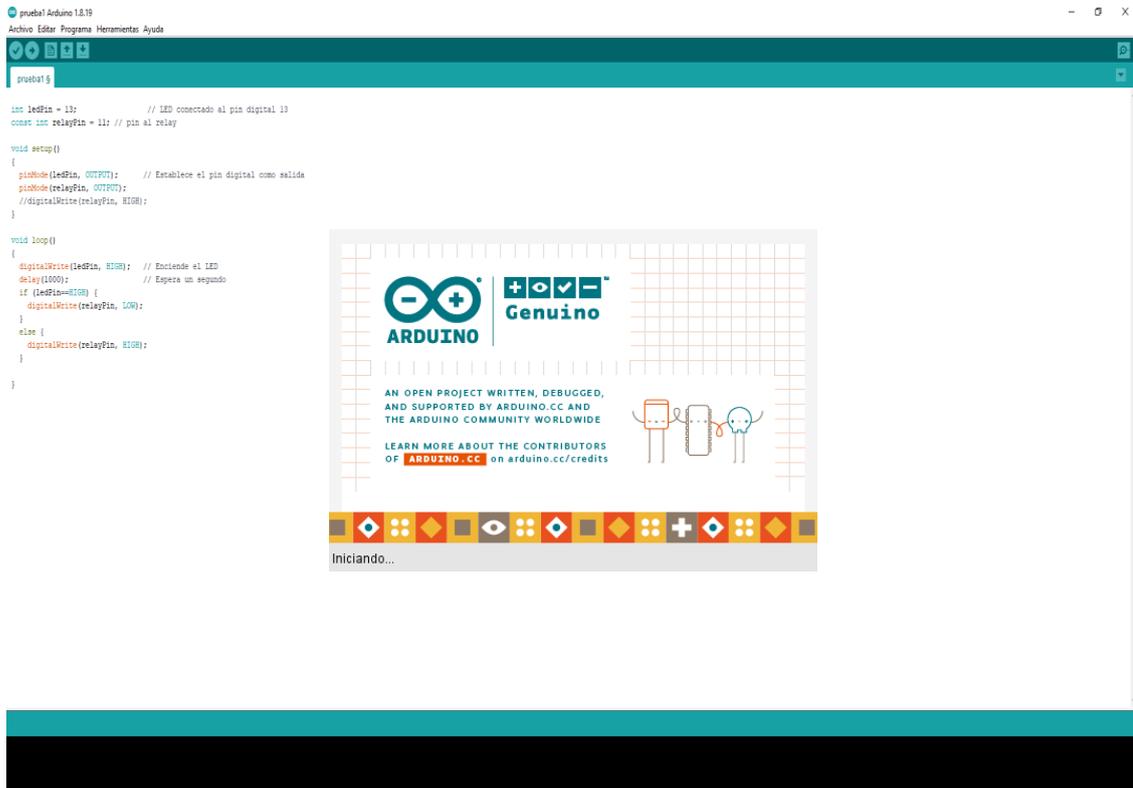


Figura 4.3: Interfaz de la herramienta Arduino IDE

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

Una vez reconocidas las conexiones del sistema de riego automatizado para la producción de forraje y mejorar con ello la crianza de animales menores; es necesario reconocer la programación para operatividad del Módulo Arduino Uno R3, en conjunto a las librerías y algoritmos necesarios para la operatividad del sistema prototipo. La tabla 4.2 muestra las librerías a utilizar y parte de los algoritmos dentro del entorno Arduino IDE.

En el caso de la propuesta tecnológica el Arduino IDE ha permitido desarrollar el algoritmo de control de riego para 5 eventos de riego que ocurren en un día, las librerías que se han utilizado facilitan la creación de la programación, tanto para el módulo RTC 1302, como para el módulo I2C que permite el uso del LCD 16x2, el Arduino IDE de igual forma permite guardar el programa en el microprocesador del Arduino Uno.

Tabla 4.2. Algoritmos de programación del sistema de riego

Componente	Librerías y variables	Código
Módulo RTC 1302	<pre>#include <DS1302.h> #include <EEPROM.h> // Inicializacion del modulo DS1302 rtc (2, 3, 5); Time t;</pre>	<pre>MÓDULO RTC 1302 #include <DS1302.h> DS1302 rtc(2, 3, 5); Time t; void setup() { Serial.begin(9600); }</pre>
Módulo Relé	<pre>constexpr uint8_t greenLed = 8; constexpr uint8_t redLed = 6; constexpr uint8_t yellowLed = 7; //activacion de los LEDS para RFID pinMode(redLed, OUTPUT); pinMode(yellowLed, OUTPUT); pinMode(greenLed, OUTPUT); delay (200);</pre>	<pre>void loop() { t = rtc.getTime(); Serial.print("HOY:"); if (t.dow == 1) Serial.print("lun"); if (t.dow == 2) Serial.print("mar"); if (t.dow == 3) Serial.print("mie"); if (t.dow == 4) Serial.print("jue"); if (t.dow == 5) Serial.print("vie"); if (t.dow == 6) Serial.print("sab"); if (t.dow == 7) Serial.print("dom"); Serial.println(); Serial.print("DIA:"); Serial.print(t.date, DEC); Serial.println(); Serial.print("MES:"); Serial.print(t.mon); Serial.print("DE:"); Serial.print(t.year, DEC); Serial.println(); Serial.print("HORA:"); Serial.print(t.hour, DEC); Serial.print(", MIN:"); Serial.print(t.min, DEC); Serial.print(", SEG:"); Serial.print(t.sec, DEC); delay(3000); }</pre>
Pulsadores	<pre>#define pulsadorA A0 #define pulsadorB A1 #define pulsadorC A2 int valorA, valorB, valorC, valorD; char A, B, C, D;</pre>	<pre>MÓDULOS RELÉ void setup() { SPI.begin(); pinMode(redLed, OUTPUT); pinMode(yellowLed, OUTPUT); pinMode(greenLed, OUTPUT); delay (200); } void loop(){ digitalWrite(greenLed,LOW); digitalWrite(yellowLed,LOW); digitalWrite(redLed,LOW); } PULSADORES void setup() { pinMode(pulsadorA,INPUT); pinMode(pulsadorB,INPUT); pinMode(pulsadorC,INPUT); } void loop(){ valorA=digitalRead(pulsadorA); valorC=digitalRead(pulsadorC); delay(20); }</pre>

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

Como se puede apreciar en la tabla anterior las librerías y la declaración de las variables son indispensables para el desarrollo del firmware, es importante que la sintaxis se maneje en todo el algoritmo, para que en la depuración del programa no se presenten errores, y exista la

facilidad de grabación en el microprocesador del Arduino Uno R3, se utilizan también funciones para mejorar la velocidad de procesamiento y solo utilizarlas cuando sea necesario, debido a que el algoritmo puede trabajar en modo recursivo, la programación dentro de Arduino IDE debe ser en este orden: librerías, variables, entradas, procesamiento y salidas para mejores resultados. Para mayor detalle de la programación y el circuito electrónico, se puede revisar el **Anexo 1**.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. SIEMBRA Y CUIDADO DE LA ALFALFA

Establecer un buen rodal de alfalfa es costoso y requiere mucho tiempo, pero el porcentaje de éxito es alto si se presta atención a los factores importantes. Es importante seguir el procedimiento que se muestra en la tabla 5.1 para mejores resultados en la obtención de un rodal denso y libre de malas hierbas.

Tabla 5.1. Procedimiento de siembra de alfalfa

Etapa	Procedimiento	Descripción
1	Selección de variedad	La selección de variedades debe basarse en el potencial de rendimiento, la resistencia a las plagas y la resistencia a heladas e invierno. Cuando se planten grandes superficies de terreno, utilice dos o más variedades. Pruebe en pequeñas superficies para comprobar el rendimiento y explotación.
2	Porción de siembra	La alfalfa debe sembrarse con 15 a 20 libras de semilla por acre para los rodales de alfalfa pura. Cuando la humedad, el tiempo y la preparación del lecho de siembra son óptimos, se puede utilizar la dosis más baja. Cuando las condiciones no son óptimas, utilice la dosis de 20 libras por acre. En muchos casos, las gramíneas deben ser sembradas con la alfalfa para controlar la erosión del suelo en terrenos inclinados y reducir los problemas de malezas. Utilice 15 lb de semilla de alfalfa por acre cuando siembre con una gramínea
3	Tiempo de la siembra	La alfalfa puede sembrarse a finales del verano, se recomienda añadir herbicidas supresores de la hierba, como el glifosato, antes de sembrar la alfalfa para permitir que la legumbre se establezca. Las siembras necesitan de 6 a 8 semanas para germinar y crecer antes de las heladas fuertes. Esto suele significar plantar entre el 15 de agosto y el 15 de septiembre. Las principales preocupaciones en esta época son la falta de humedad adecuada en el suelo. La siembra temprana de alfalfa a finales del verano permite que la planta crezca y desarrolle más su resistencia natural a la <i>esclerotinia</i> antes del periodo infeccioso

4	Inoculación de las semillas	<p>La mala nodulación puede ser un problema en las nuevas siembras de alfalfa. Algunas causas de este problema son el bajo pH del suelo, los bajos niveles de molibdeno en el suelo, el tipo incorrecto de inoculante y la mala aplicación del inoculante. La siguiente lista de comprobación ayudará a garantizar la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno vivas cuando se plante, la semilla:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Asegurarse de que la palabra “alfalfa” figura en el envase del inoculante. 2. Comprobar que la fecha de caducidad del inoculante no ha pasado y que el envase no tiene roturas. 3. Comprobar que el inoculante se ha almacenado en un lugar fresco y seco antes de comprarlo. 4. Inocular la semilla justo antes de plantarla. 5. Al utilizar semillas preinoculadas, comprobar la fecha en que fueron inoculadas. Si han pasado más de 6 meses, se debe volver a inocular antes de plantar. <p>Para asegurar que el inoculante permanezca en la semilla, se debe usar un adhesivo comercial, una solución de azúcar, leche, etc., como agente adhesivo. Hay que añadir una pequeña cantidad del agente adhesivo a la semilla y mezclarla bien para que toda la semilla se humedezca. A continuación, se añade el inoculante y se debe mezclar bien con la semilla humedecida.</p>
5	Método de sembrado	<p>La alfalfa puede establecerse mediante labranza convencional o sin labranza. El laboreo puede ser necesario para cubrir el exceso de residuos de cultivo, controlar la competencia de otras plantas o alisar la superficie del suelo. En la mayoría de los casos, es suficiente con un buen diseminado. Se puede utilizar un rastrillo para alisar y reafirmar el lecho de siembra tras el desbroce. Un segundo rastrillo después de la siembra ayuda a cubrir la semilla y a asegurar un buen contacto con el suelo. La siembra directa de alfalfa después de un cultivo en hilera puede ser lo mejor si la erosión del suelo es un riesgo.</p>
6	Control de malas hierbas	<p>Si no se controlan, las malas hierbas pueden reducir drásticamente los rodales de alfalfa. Afortunadamente, existen herbicidas que controlan bien las hierbas anuales y algunas malezas de hoja ancha.</p>

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022) adaptado de [15], [18], [9]

La figura 5.1 muestra el diagrama de flujo del proceso de siembra de la alfalfa en terrenos con escasos recursos de agua, el cuál se constituye en seis procedimientos fundamentales para llegar a un cultivo adecuado del forraje.

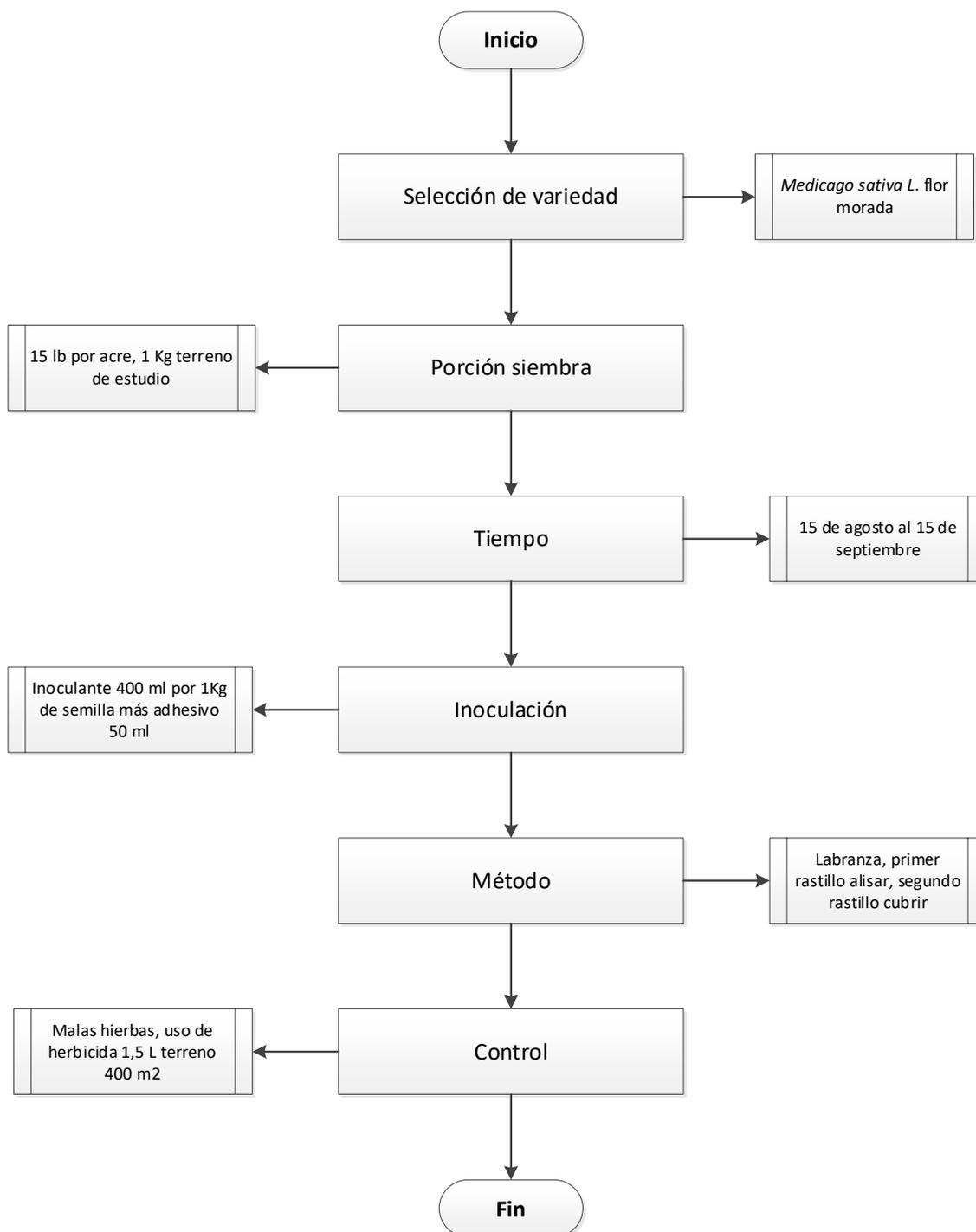


Figura 5.1: Diagrama de flujo siembra de alfalfa
Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.2 muestra la gestión y mantenimiento de la siembra de alfalfa para estimar un adecuado cuidado de los rodales de alfalfa. Si se gestiona adecuadamente, un buen rodal de alfalfa debería durar 5 años o más. Es necesario prestar atención a varias prácticas de gestión para mantener el rodal sano y vigoroso.

Tabla 5.2. Procedimiento de gestión y mantenimiento de la alfalfa

Etapa	Procedimiento	Descripción
1	Fertilización	<p>Es necesario verificar el suelo con regularidad para determinar si necesita un aporte anual de cal, fósforo y potasio. Los niveles bajos de potasio en el suelo suelen provocar la pérdida prematura de la masa vegetal. Es necesario aplicar boro cada año a razón de 1,5 a 2 lb/acre de boro elemental. No se debe utilizar nitrógeno en la alfalfa.</p> <p>El fertilizante puede aplicarse en cualquier momento del año y en una sola aplicación. Las investigaciones no han demostrado ningún beneficio de las aplicaciones divididas de fertilizante. Puede aplicarse a finales de invierno, antes de que comience el crecimiento rápido.</p>
2	Control de plagas	<p>Las enfermedades se controlan mejor seleccionando un suelo bien drenado, utilizando variedades resistentes a las enfermedades, y manteniendo las plantas creciendo vigorosamente. Las dos principales plagas de insectos de la alfalfa son el gorgojo de la alfalfa y la chicharrita de la patata. Otros insectos que a veces pueden causar problemas con la alfalfa son los salivazos, los pulgones, los curculios de la raíz del trébol y los saltamontes. Es necesario revisar con frecuencia los campos de alfalfa para detectar problemas de insectos.</p>
3	Cosecha	<p>La alfalfa puede cosecharse para obtener pienso, forraje, picar en verde o para pastorear. Para entonces, las plantas deben tener una corona y un sistema radicular bien desarrollados. Las demás cosechas de ese año deben realizarse en la fase de floración temprana. Si las plantas parecen pequeñas con coronas y raíces poco desarrolladas, retrase la cosecha hasta el inicio de la floración. Realice cosechas sucesivas al inicio de la floración o a intervalos de 30 a 38 días. Si se deja que las plantas maduren más, el pienso será más alto en fibra y lignina y más bajo en proteína, digestibilidad y palatabilidad. Si las plantas se cortan demasiado pronto, se reducirán tanto el rendimiento como la vida útil del rodal. No se debe dar a los animales hambrientos la alfalfa, especialmente la alfalfa exuberante que está mojada por la lluvia o el rocío, ni mucho menos la alfalfa que este caliente por recibir los rayos del sol.</p>

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022) adaptado de [9], [26], [4]

La figura 5.2 muestra el diagrama de flujo del proceso de gestión y mantenimiento de la alfalfa en terrenos con escasos recursos de agua, el cuál se constituye en tres procedimientos fundamentales para llegar a la cosecha y rebrote correcto de forraje.

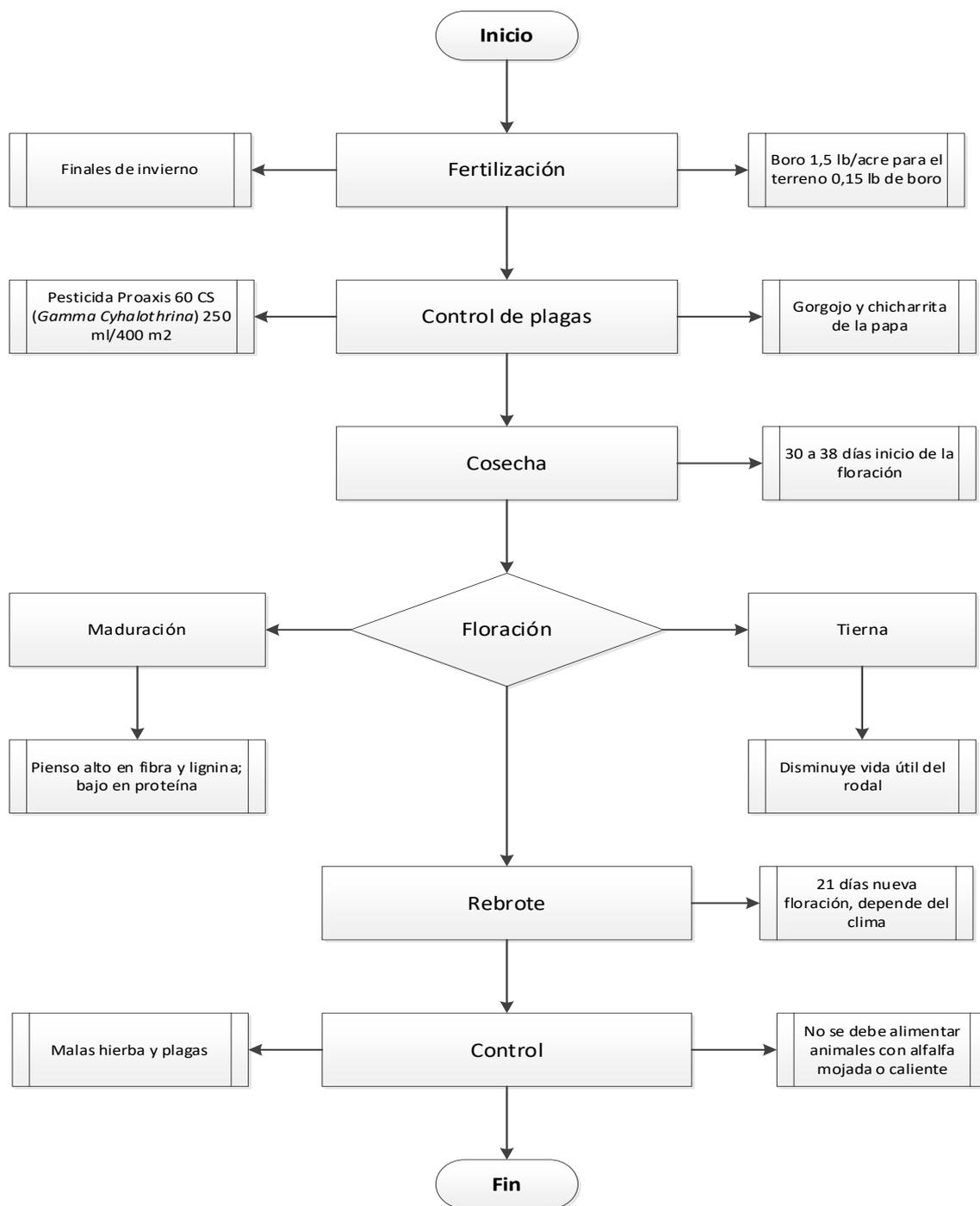


Figura 5.2: Diagrama de flujo gestión y mantenimiento de la alfalfa
Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

Es necesario cumplir con el proceso de siembra, gestión y mantenimiento de la alfalfa para llegar a disponer un rodal óptimo, importante para mantener la alimentación equilibrada de los animales menores, como cuyes y conejos. La alimentación con forraje de calidad nutre a los cuyes y conejos mejorando además la sostenibilidad y propiedades nutricionales de la carne de estos animales de granja, mejorando los ingresos económicos.

5.2. ALIMENTACIÓN Y CUIDADO DE LOS CONEJOS

La tabla 5.3 muestra el procedimiento fundamental para la alimentación y cuidado de uno de los animales menores más comunes criados en toda la provincia de Cotopaxi, en el cantón Latacunga, en la parroquia Belisario Quevedo y desde luego en el barrio Culaguango Bajo.

Tabla 5.3. Alimentación y cuidado de conejos

Etapa	Procedimiento	Descripción
1	Programa alimenticio	<p>Todos los piensos deben ser de alta calidad para una máxima digestibilidad; además, la alimentación de los conejos debe poseer las siguientes características:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Suministrar las proteínas y los carbohidratos, grasas, minerales y vitaminas necesarias. 2. La alimentación debe tener variedad. 3. Se debe tener en cuenta las necesidades individuales de los animales. 4. Los nutrientes deben mantener la condición y salud. <p>Algunos conejos pueden tener necesidades nutricionales especiales que se debe tener en cuenta en un programa de alimentación. Por ejemplo, las razas que producen lana, incluidas las angoras, tienen mayores necesidades de proteínas que la mayoría de las demás razas. Es posible que tenga que incluir proteínas adicionales en la dieta mediante el uso de un pellet más rico en proteínas o la adición de pienso rico en proteínas, como la alfalfa.</p>
2	Pellets/Alfalfa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Compre un producto elaborado especialmente para conejos, puede no tener todos los nutrientes que necesita el conejo. 2. Si sólo se dispone de un par de conejos, se debe intentar comprar el pienso en pequeñas cantidades para que no se estropee. 3. Los pellets para conejos suelen clasificarse por su contenido en proteínas. Compre pellets que satisfagan las necesidades proteicas del conejo: <ol style="list-style-type: none"> 1. Mantenimiento 12% 2. Crecimiento (crías y animales de mercado) 16% 3. Embarazo 15% 4. Lactancia 17% 5. Evitar los piensos con aditivos innecesarios como el color, los frutos secos y las nueces
3	Cantidad	<p>Alimentación completa o autoalimentación: Para la autoalimentación, coloque el pienso de varios días en la tolva. Los animales comerán siempre que tengan hambre. La autoalimentación se recomienda para las hembras preñadas y lactantes, las camadas jóvenes y los animales de mercado. Las tolvas deben ser revisadas regularmente para asegurar que el suministro de alimento es suficiente.</p>

		Alimentación controlada (alimentación limitada): Coloque una cantidad medida de alimento en los comederos cada día. Este método se recomienda para alimentar a las conejas secas, a los machos adultos y a los reproductores. Dependiendo del tamaño de la raza, los conejos suelen necesitar de ¼ a ½ taza de pellets por cada 2,72 Kg de peso corporal, así como una cantidad considerable de forraje.
4	Variedad alimentaria	De vez en cuando, es posible que se tenga que cambiar de un tipo de pienso a otro porque el actual no satisface, se lo debe hacer lentamente mezclando el antiguo con el nuevo durante un periodo de al menos una semana. El primer día, se empieza con una mezcla de pienso viejo al 90%, y de pienso nuevo al 10%, y cada día posterior se debe reducir el porcentaje de pienso viejo y aumentar el de pienso nuevo en consecuencia, hasta llegar al 100% de pienso nuevo. Debido al singular sistema digestivo del conejo, un cambio instantáneo de alimento puede provocar trastornos digestivos.
5	Vivienda	Los conejos son muy flexibles en lo que respecta a la vivienda; los conejos pueden alojarse, desde simples jaulas de alambre, pasando por conejeras exteriores, hasta edificios de conejería a gran escala. Todos los tipos de alojamiento para conejos deben: 1. Proporcionar la cantidad correcta de espacio para el tipo de conejos que van a albergar. 2. Ser lo más fácil de limpiar y dar mantenimiento. 3. Proporcionar un lugar seguro para que los conejos vivan, se reproduzcan y críen. 4. Ser económico y de buena calidad, robusto y duradero. 5. Tener una ventilación adecuada

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022) adaptado de [44]

5.3. ALIMENTACIÓN Y CUIDADO DE LOS CUYES

La tabla 5.4 muestra el procedimiento fundamental para la alimentación y cuidado de los cuyes, como otro de los animales menores más comunes criados en toda la provincia de Cotopaxi, en el cantón Latacunga, en la parroquia Belisario Quevedo y desde luego en el barrio Culaguango Bajo. Los conejos son animales delicados en cuanto la alimentación, requieren de un forraje nutritivo que permita equilibrar su aparato digestivo, además de brindarles todas las proteínas y vitaminas, principalmente la vitamina C.

Tabla 5.4. Alimentación y cuidado de cuyes

Etapa	Procedimiento	Descripción
1	Programa alimenticio	<p>Los cuyes son vegetarianos estrictos. En la naturaleza, se alimentan de forraje, frutas y verduras de temporada. El forraje fresco debe estar a disposición de los cuyes en todo momento. El pienso de alfalfa es “aceptable” para alimentar si no se dispone de otro tipo de hierba, pero no se recomienda su uso a largo plazo.</p> <p>La razón principal es que la alfalfa tiene un alto contenido en proteínas y calcio. Las elevadas cantidades de proteínas pueden provocar obesidad, y las elevadas cantidades de calcio pueden contribuir a la formación de urolitos (cálculos en la vejiga).</p> <p>Todos los cuyes necesitan agua para sobrevivir. En la alimentación con frutas y verduras frescas, obtendrán una parte de sus necesidades de líquidos, pero siempre debe haber una fuente de agua fresca y limpia disponible. El agua debe proporcionarse preferentemente a través de una botella de agua. Algunas personas complementan la vitamina C, añadiendo vitamina C triturada al agua, para ello es necesario:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Añadir la cantidad adecuada de suplemento a la cantidad de agua que beberá en el día. 2. La vitamina C se descompone con la luz solar, por lo tanto, se recomienda que se cubra la botella de agua con papel de aluminio. 3. El cloro del agua del grifo puede inactivar el ácido ascórbico, se debe utilizar agua embotellada o agua que haya estado en reposo durante al menos 24 horas
2	Pellets/Alfalfa	<p>Los pellets para cuyes también son una parte importante de la dieta. Los pellets proporcionan un equilibrio adecuado de vitaminas, minerales y otros nutrientes. Son una fuente de proteínas fácilmente disponible para los cuyes. Hay varias razones por las que las dietas en pellets por sí solas no son una dieta adecuada para los cuyes.</p> <p>A diferencia de muchos otros mamíferos, los cuyes son incapaces de fabricar o almacenar vitamina C, por lo que deben obtenerla de su dieta a diario. Uno de los inconvenientes de los pellets es que tienden a perder vitamina C cuando se almacenan, por lo que es importante comprar pellets en pequeñas cantidades y asegurarse de que están recién molidos.</p>
3	Cantidad	<p>Alimentación completa o autoalimentación: Al igual que en los conejos se coloca el pienso de varios días en la tolva. Los cuyes comerán siempre que tengan hambre. En esta ocasión, todos los cuyes pueden comer en la misma tolva.</p> <p>Alimentación controlada (alimentación limitada): Se coloca una cantidad medida de alimento en los comederos cada día, para todos los cuyes. Los cuyes suelen necesitar de ¼ taza de pellets por cada 1,08 Kg de peso corporal, también alfalfa en forma equilibrada.</p>
4	Variedad alimentaria	<p>Es importante proporcionar verduras y frutas que contengan altas cantidades de vitamina C. Deben suministrarse pequeñas cantidades,</p>

		<p>de 1 a 2 onzas por cuyes adultos, además del forraje y las verduras y frutas crudas. Complementar la dieta de los cuyes con verduras y frutas optimizará la dieta. Los aspectos que se debe tener en cuenta a la hora de alimentar a los cuyes son los siguientes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Precaución de introducir los nuevos alimentos lentamente y en pequeñas cantidades: un exceso de comida nueva puede provocar molestias gástricas y diarrea. 2. Tener en cuenta el tamaño del animal. 3. Las verduras y frutas deben ser todas altas en vitamina C, como el brócoli, las hojas de diente de león, los kiwis, las hojas de mostaza, el perejil, las manzanas, los pimientos verdes, la col rizada, los tomates frescos, etc. 4. Evitar alimentar a los cuyes con lechuga iceberg, frutos secos sin cáscara o semillas, productos lácteos, etc.
5	Vivienda	<p>Las jaulas son el principal hogar para los cuyes, las mismas deben tener las directrices:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cada cuy debe tener un mínimo de 60 cm cuadrados en la jaula. 2. No se debe alojar a un cuy en una jaula con fondo de alambre. Los cuyes pueden romperse fácilmente las patas o los dedos. La jaula con fondo de alambre si se la desea usar, debe tener un suelo sólido, ya sea de plástico, metal o madera tratada. 3. Los grandes acuarios de cristal no son un buen hábitat para los cuyes. Son difíciles de limpiar, permiten muy poca circulación de aire (lo que significa que los niveles de amoníaco se acumulan con bastante rapidez) y retienen el calor, sobre todo si están al sol. 4. Los cuyes no siempre soportan bien las alturas, así que, las jaulas no deben ser altas. 5. Hay que tener en cuenta que, dado que los cuyes proceden de las zonas de las llanuras altas de Sudamérica, toleran mucho mejor el frío que el calor. Los cuyes prefieren temperaturas de entre 18 y 20 °C, sin embargo, no les van bien las corrientes de aire más frías. 6. Son muy susceptibles de sufrir un golpe de calor a temperaturas superiores a 27 °C, así que, es necesario colocar las jaulas lejos de las rejillas de ventilación y de la luz solar directa, si es posible.

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022) adaptado de [45]

Los cuyes son animales de gran producción en las provincias de la Sierra, principalmente en la provincia de Cotopaxi y en la ciudad de Latacunga, que forma parte de unas de las proteínas mayormente utilizada en los platos típicos de la ciudad y de la parroquia Belisario Quevedo.

5.4. CARACTERÍSTICAS DE CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE CONEJOS Y CUYES

La tabla 5.5 muestra las características principales para la crianza y producción de los animales menores, principalmente en aspectos de pesaje y reproducción.

Tabla 5.5. Parámetros normales

Características	Conejos	Cuyes
Peso corporal adulto (depende de la raza)	1. Razas pequeñas de menos de 3 Kg 2. Razas medianas de 3 a 5 Kg 3. Razas grandes de 5 a 7 Kg	1. Machos 900 a 1.200 g 2. Hembras 700 a 900 g
Vida útil (según la gestión)	3 años	3 a 7 años
Temperatura rectal	38,6 a 40.1 °C	37,9 a 39,5 °C
Primer celo	Cinco meses (razas exóticas hasta 10 meses)	A la edad de cinco semanas, pero el apareamiento no debe comenzar antes de los cinco meses
Ciclo de celo	15 a 16 días	15 a 17 días
Gestación	29 a 31 días	68 días promedio
Destete	+35 días después del nacimiento	Después de tres o cuatro semanas
Fertilidad	Hasta 4 años	De 4 a 5 años

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022) [46].

La crianza y producción de animales menores es muy importante para la economía y sostenibilidad de muchos hogares en el cantón Latacunga, en la parroquia Belisario Quevedo y desde luego en el barrio Culaguango Bajo. En este sentido, la carne de conejo y cuy se considera saludable, ya que previene la hipertensión y las enfermedades cardíacas, protege contra los accidentes cerebrovasculares y es buena para la formación de huesos y dientes. En este sentido, la tabla 5.6 muestra una comparación en el valor nutricional de las carnes comunes de producción agrícola en la localidad sujeta al estudio.

Los animales que mayormente crían y comercializan en la ciudad de Latacunga, son el conejo, cuy, pollo, ganado vacuno, cerdos y borrego; de estos animales, su carne es utilizada en diversos platos característicos de la zona, principalmente el pollo, el cuy, el conejo y el cerdo. La carne de cuy es un plato exótico muy preparado en la zona de Belisario Quevedo, sus propiedades alimenticias han hecho que esta proteína gane bastante popularidad para la producción en varias zonas rurales y semi rurales, son el sustento de muchos hogares en los alrededores de la ciudad donde muchas familias se dedican a la crianza de estas especies.

Tabla 5.6. Comparación del valor nutricional de las carnes comunes en Latacunga

Carne (porción comestible, sin cocinar)	Proteína (%)	Grasas calóricas (%)	Calorías 500 g de carne
Conejo	20,8	10,2	795
Cuyes	+20	8	650
Pollo	20	11	810
Ternera	19,1	12	840
Borrego	15,7	27,7	1.420
Carne de vacuno	16,3	28	1.440
Cerdo	11,9	45	2.050

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022) [40].

Como se puede apreciar en la tabla anterior, la carne de conejo y de cuyes tienen mayor proteína que la carne de ganado vacuno, de cerdo o de pollo; la de conejo tiene una proteína de 20,8%, mientras que la de cuy de 20% o superior. Estas carnes tienen pocas grasas calóricas y lógicamente menores calorías comparadas con las demás carnes que se consumen en la ciudad de Latacunga; la carne de conejo tiene 10,2% de grasa calórica y 795 calorías para 500g, mientras que la de cuy tiene 8% de grasa calórica con 650 calorías para 500g; esto se traduce en que la carne de conejo y de cuyes son más nutritivas y menos engordantes que las otras carnes que se consumen en la ciudad.

La tabla 5.7 muestra la cantidad de carne de los diferentes animales que se come en la ciudad de Latacunga, lo que se refleja en la parroquia Belisario Quevedo y el barrio Culaguango Bajo.

Tabla 5.7. Consumo de carne en la ciudad de Latacunga

Especie de la carne	Disponibilidad 2021	Variación	Tasa de crecimiento anual
	Kg/hab/año	2021/2020 (%)	Periodo 2017-2021 (%)
Conejo	6,5	1,2	2,2
Cuyes	8,7	2,4	3,1
Pollo	25,6	2,9	2,8
Ternera	4,3	0,4	-0,2
Borrego	3,8	0,2	-0,1
Carne de vacuno	18,6	3,5	-1,5
Cerdo	11,2	2,7	0,8
Total	78,7	1,9	1,05

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022) [40].

El consumo de carne de animales menores como el conejo y el cuy han ido creciendo en los últimos dos años debido a la pandemia y a los nuevos emprendimientos como los asaderos, que han permitido que lleguen a 8,7 Kg/hab el consumo de cuyes y 6,5 Kg/hab el consumo de conejo; sigue predominando como en todo el Ecuador el pollo, el ganado vacuno y el cerdo con

25,6 Kg/hab, 18,6 Kg/hab y 11,2 Kg/hab respectivamente. La proyección es adecuada para el consumo de conejo y cuyes porque dispone de una tasa de crecimiento anual del 2,2% para conejos, mientras que del 3,1% para los cuyes, sin duda estas son el grupo de carnes más importantes para la ciudad de Latacunga y la provincia de Cotopaxi; lo que se traduce en un impacto positivo para la propuesta planteada.

5.5. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN

La figura 5.3 se ilustra el diseño mecánico del sistema de aspersión, mismo que está constituido; de la derecha superior hacia la izquierda, por un tanque de agua para captación de agua lluvia está ubicado en la parte frontal a la entrada del terreno, consta de dos llaves una de seguridad y una de paso; posterior a ello con manguera 2 pulgada se interconecta la bomba de 1HP a 110V de AC, la misma que alimenta al sistema de aspersión con manguera de ½ pulgada, llegando a la conexión con las electroválvulas.

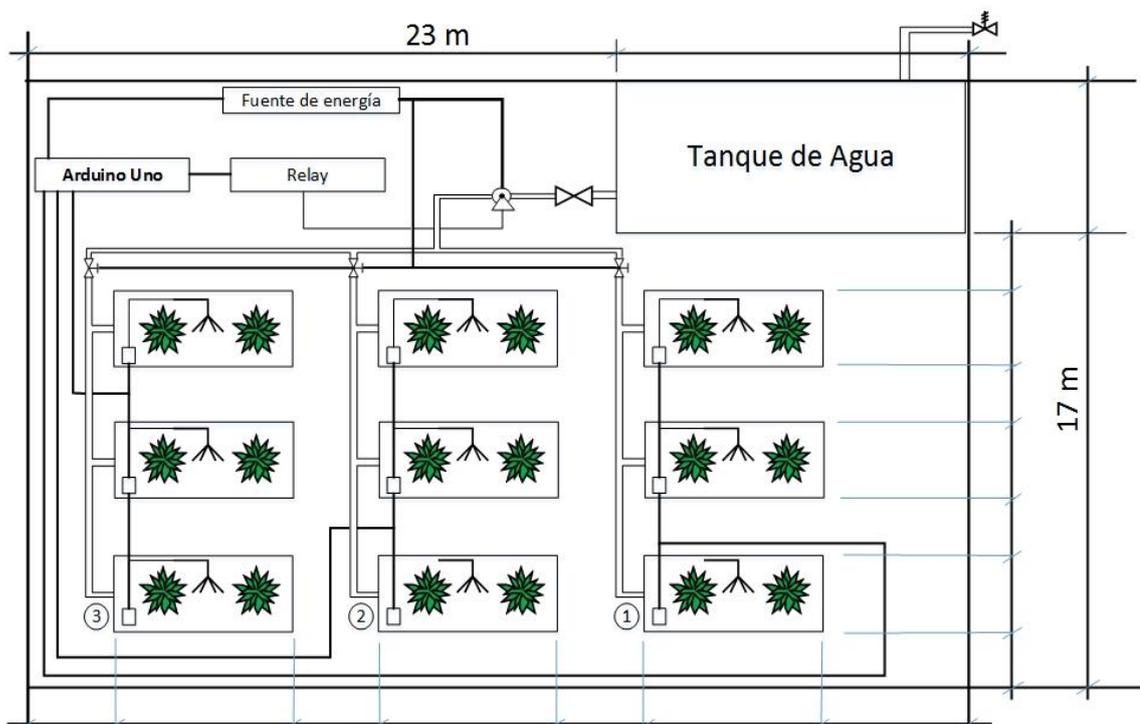


Figura 5.3: Vista superior del recorrido del sistema de aspersión

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

En la parte de control se encuentra el prototipo diseñado en Arduino Uno R3 y ensamblado en un chasis de protección, junto con el respectivo relé de control; para ello existe tres fuentes de alimentación de energía, el Arduino Uno que funciona con 5 VDC junto con el relé de control,

la electroválvula que funciona con 12 VDC para abrir y cerrar el flujo del agua y 110 VAC para conectar la bomba de 1HP.

La parte hidráulica del sistema está conformado por tres juegos de boquillas de aspersión en cada huacho para cubrir la presión que ejerce la bomba de 1HP y la longitud del terreno de 23 m de ancho por 17 m de largo, formando un área de 391 m^2 . Cada sistema de aspersión en cada huacho tiene su llave de paso. La figura 5.4 muestra la vista lateral del sistema de aspersión.

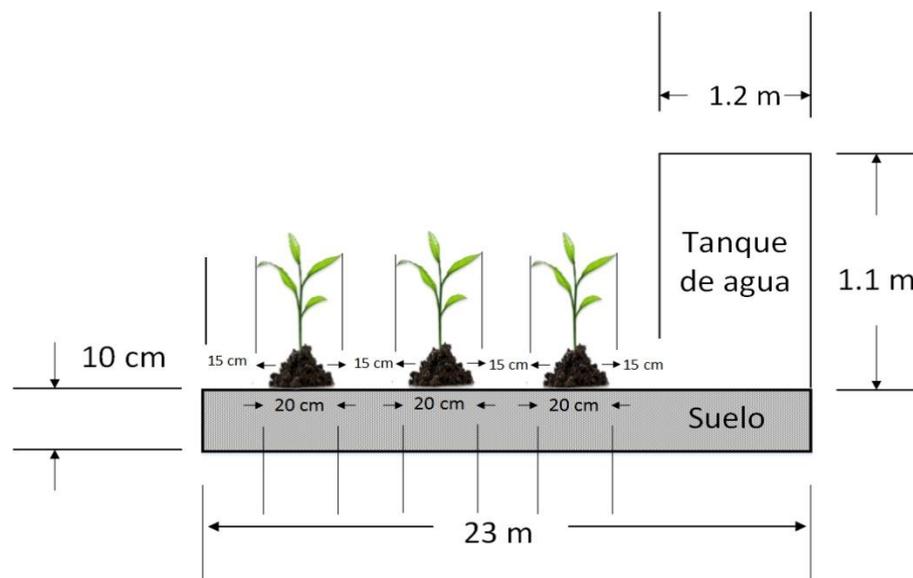


Figura 5.4: Vista lateral del sistema de aspersión

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

El recorrido de la manguera del sistema tiene una separación de 15 cm desde la plántula, tomando esa distancia entre plántulas, la profundidad para empotrar la barrilla que soporta el sistema de aspersión se ubica a 20 cm de para que resista la adversidad del clima y la propia fuerza que genera el flujo del agua. Por su parte el tanque del prototipo dispone de una altura de 1,1 m y un ancho de 1,2 m. Es importante que sea abierto para que permita la captación del agua de lluvia.

En lo que respecta al suelo del barrio Culaguango Bajo, de la parroquia Belisario Quevedo tiene una textura franco arenoso, con una permeabilidad media y retención de agua media; además de una humedad de 1,53% y un pH de 6,23 medidos antes de implementar el riego de agua por aspersión, después de regar los huachos se obtuvo una humedad de 2,12% y un pH de 6,52, lo que es favorable para el cultivo de alfalfa como lo indican varios estudios científicos, según lo muestra la tabla 5.8.

Tabla 5.8. Rendimiento del suelo en función del pH

Cultivo	pH				
	4.7	5	5.7	6.8	7.5
Maíz	34%	73%	83%	100%	85%
Fréjol	65%	70%	80%	100%	93%
Alfalfa	-	-	42%	100%	100%
Raigrás	-	-	40%	100%	100%
Chilca	64%	76%	87%	100%	100%

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022) adaptado de [28], [15], [18], [20]

Con las precipitaciones del barrio Culagunago Bajo de 750 mm promedio al año (INAMHI), se pueden llenar varios tanques de 250 litros para solventar el riego durante las épocas secas, producidas comúnmente de junio a septiembre. Estos parámetros demuestran que las precipitaciones en la parroquia Belisario Quevedo logran cubrir el área de 391 m² del terreno, más aún con la implementación del sistema de aspersión que permitirá incrementar el riego y aprovechar la poca agua disponible, de la mejor manera, satisfaciendo con ello la humedad y pH del suelo para optimar la siembra de forraje.

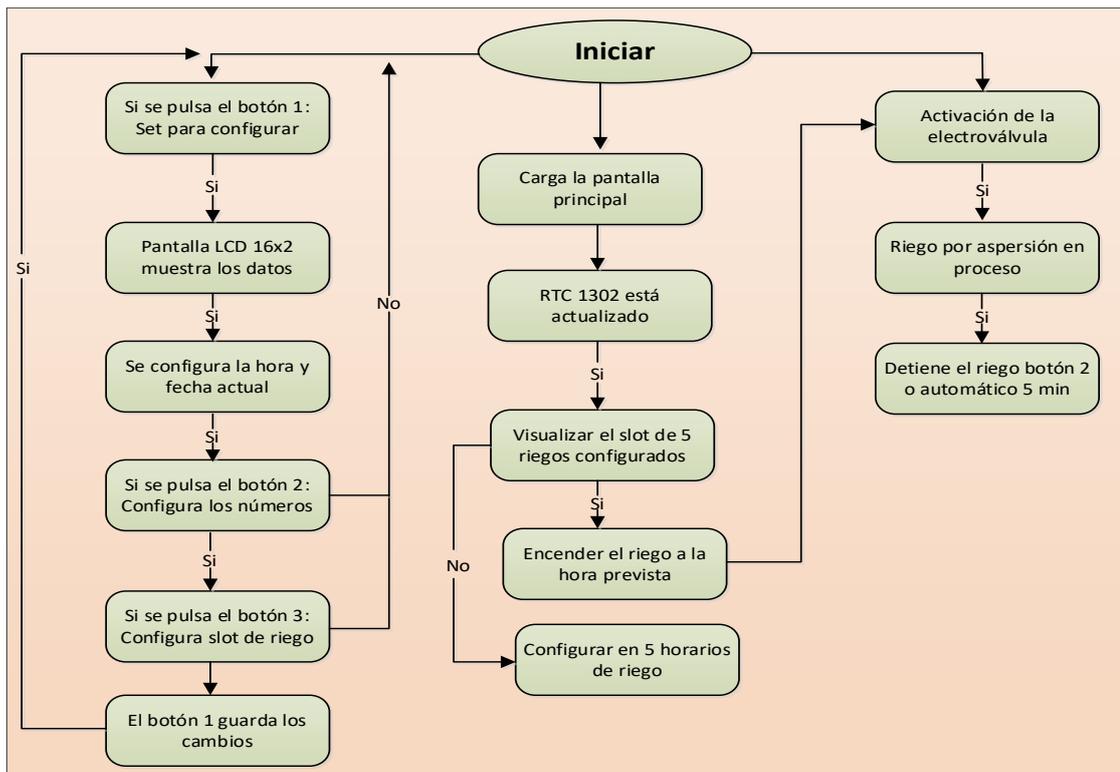


Figura 5.5: Diagrama de flujo del sistema de aspersión

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

La implementación del prototipo en su parte eléctrica, electrónica, mecánica y el respectivo algoritmo de programación, conlleva el diagrama de flujo de la implementación del sistema de riego por aspersión, como se ilustra en la figura 5.5.

El sistema de aspersión está implementado con la plataforma Arduino Uno debido a que es una tecnología de bajo costo, además que cumple con el procesamiento de información en una excelente velocidad, también porque incorpora módulos de entrada y salida muy importantes en el diseño de sistemas de control y automatización. Para el caso de la propuesta, el módulo RTC 1302, es la base central de la configuración, este sistema de reloj permite crear eventos a una determinada hora o fecha, programándole para que pueda trabajar de esa manera, por ello se utilizó tres botones, que a manera de un reloj, me ayuda a programar los eventos de riego en cinco horarios diferentes, se estima un riego a las 8:00 A.M., el segundo riego a las 10:00 A.M., el tercer riego a las 14:00 P.M., el cuarto riego a las 16:00 P.M. y el último riego a las 18:00 P.M., con ello mantener humedecido el suelo del sembrío de alfalfa.

La figura 5.6 muestra los puntos GPS donde se tomaron las mediciones de humedad y pH del terreno en el barrio Culaguango Bajo de la parroquia Belisario Quevedo, ahí se seleccionaron 5 puntos distribuidos en toda el área del terreno para poder medir, estos dos parámetros tan importantes para la siembra de alfalfa.



Figura 5.6: Puntos de medición de humedad y pH en el terreno de estudio

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.9 muestra los resultados obtenidos del sistema de aspersión con respecto a la mejora de la humedad y pH en el suelo, además del tiempo de respuesta del prototipo en activar la electroválvula para el funcionamiento del riego.

Tabla 5.9. Resultados del sistema de aspersión

		BARRIO CULAGUANGO BAJO		Semana: 31-01-2022 al 04-02-2022		
				Responsable: Stefany Caizaluisa		
		SISTEMA DE ASPERSIÓN PARA PRODUCCIÓN DE ALFALFA		Hora: 08:30 A.M.		
				Nº Boquillas: TRES		
Fecha	Hora	Slot Riego	Punto de medición GPS	Humedad (%)	pH	Tiempo de respuesta
31/01/2022	8:30:43 AM	Riego 1	P1 Latitud: -0,952761° Longitud: -78,580245°	1,56	5,48	4,2 seg.
01/02/2022	8:40:40 AM	Riego 1		1,54	5,57	6,3 seg.
02/02/2022	8:50:45 AM	Riego 1		1,58	5,66	4,5 seg.
03/02/2022	9:00:35 AM	Riego 1		1,59	5,68	4,7 seg.
04/02/2022	9:30:12 AM	Riego 1		1,55	5,71	4,4 seg.
31/01/2022	10:30:16 AM	Riego 2	P2 Latitud: -0,952825° Longitud: -78,580331°	1,62	5,75	4,1 seg.
01/02/2022	10:40:20 AM	Riego 2		1,68	5,79	5,2 seg.
02/02/2022	10:50:40 AM	Riego 2		1,69	5,82	5,4 seg.
03/02/2022	11:00:31 AM	Riego 2		1,78	5,89	5,8 seg.
04/02/2022	11:30:17 AM	Riego 2		1,82	5,93	5,9 seg.
31/01/2022	12:30:29 PM	Riego 3	P3 Latitud: -0,952788° Longitud: -78,580213°	1,86	5,96	4,7 seg.
01/02/2022	12:40:42 PM	Riego 3		1,92	6,09	4,8 seg.
02/02/2022	12:50:16 PM	Riego 3		1,94	6,12	4,9 seg.
03/02/2022	13:00:17 PM	Riego 3		1,97	6,19	5,6 seg.
04/02/2022	13:30:28 PM	Riego 3		2,03	6,23	6,6 seg.
31/01/2022	14:30:33 PM	Riego 4	P4 Latitud: -0,952930° Longitud: -78,580350°	2,05	6,29	5,3 seg.
01/02/2022	14:40:24 PM	Riego 4		2,09	6,31	6,1 seg.
02/02/2022	14:50:37 PM	Riego 4		2,15	6,37	4,7 seg.
03/02/2022	15:00:41 PM	Riego 4		2,18	6,42	4,3 seg.
04/02/2022	15:30:40 PM	Riego 4		2,20	6,46	4,8 seg.
31/01/2022	16:30:12 PM	Riego 5	P5 Latitud: -0,952951° Longitud: -78,580264°	2,22	6,50	5,5 seg.
01/02/2022	16:40:19 PM	Riego 5		2,25	6,52	5,9 seg.
02/02/2022	16:50:26 PM	Riego 5		2,13	6,49	4,6 seg.
03/02/2022	17:00:40 PM	Riego 5		2,11	6,38	5,1 seg.
04/02/2022	17:30:20 PM	Riego 5		2,19	6,26	6,8 seg.
PROMEDIO				2,12	6,52	4,65 seg.

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

Los resultados del comportamiento del sistema de aspersión demuestran que la humedad y el pH del suelo tuvieron un leve incremento promedio a 2,12% en la humedad y 6,52 en el PH con el riego constante de agua, estos parámetros son favorables para el cultivo de alfalfa por ende para la alimentación de los animales menores como conejos y cuyes. De la misma manera, el tiempo de procesamiento del sistema para la activación de la electroválvula y del sistema de aspersión oscila entre los 4,65 segundos, lo que es favorable al desempeño del sistema y el aprovechamiento máximo de riego de agua. Por su parte la tabla 5.10 muestra los resultados del rendimiento del suelo con respecto al cultivo de la alfalfa, dependiendo de la humedad y pH que mejoran a partir del uso del sistema de riego por aspersión.

Tabla 5.10. Resultados del rendimiento del suelo para el cultivo de alfalfa

 <p>RIEGO POR ASPERSIÓN</p>		<p>BARRIO CULAGUANGO BAJO</p>			<p>Semana: 31-01-2022 al 04-02-2022</p>		
					<p>Responsable: Stefany Caizaluisa</p>		
		<p>SISTEMA DE ASPERSIÓN PARA PRODUCCIÓN DE ALFALFA</p>			<p>Hora: 08:30 A.M.</p>		
					<p>N° Boquillas: TRES</p>		
Fecha	Hora	Slot Riego	Punto de medición GPS	Humedad (%)	pH	Rendimiento suelo para alfalfa (%)	
03/02/2022	9:00:35 AM	Riego 1	P1 Latitud: -0,952761° Longitud: -78,580245°	1,59	5,68	83,53	
04/02/2022	9:30:12 AM	Riego 1		1,55	5,71	83,97	
03/02/2022	11:00:31 AM	Riego 2	P2 Latitud: -0,952825° Longitud: -78,580331°	1,78	5,89	86,62	
04/02/2022	11:30:17 AM	Riego 2		1,82	5,93	87,21	
03/02/2022	13:00:17 PM	Riego 3	P3 Latitud: -0,952788° Longitud: -78,580213°	1,97	6,19	91,03	
04/02/2022	13:30:28 PM	Riego 3		2,03	6,23	91,62	
03/02/2022	15:00:41 PM	Riego 4	P4 Latitud: -0,952930° Longitud: -78,580350°	2,18	6,42	94,41	
04/02/2022	15:30:40 PM	Riego 4		2,20	6,46	95,00	
31/01/2022	16:30:12 PM	Riego 5	P5 Latitud: -0,952951° Longitud: -78,580264°	2,22	6,50	95,59	
01/02/2022	16:40:19 PM	Riego 5		2,25	6,52	95,88	
PROMEDIO						90,49	

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

La figura 5.7 muestra los resultados en la humedad y el pH a partir del riego por aspersión.

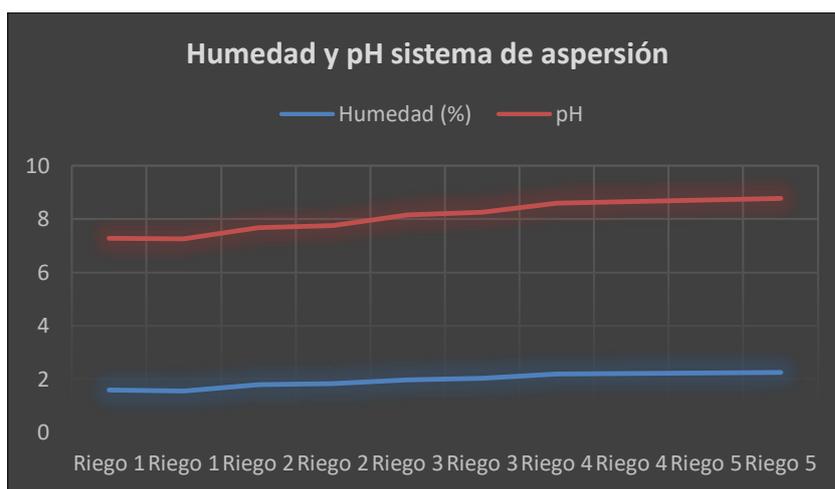


Figura 5.7: Humedad y pH a partir del sistema de aspersión

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

En la figura anterior se puede observar el leve incremento que ha tenido la humedad en el terreno del barrio Culaguango Bajo de la parroquia Belisario Quevedo, a partir de un riego durante cinco días. Por su parte, el pH tuvo un mayor incremento con respecto a la humedad lo que es favorable para la producción del forraje, estableciendo mayor factibilidad para la crianza y producción de animales menores como los cuyes y los conejos. En la misma línea de análisis,

la figura 5.8 muestra los resultados del rendimiento del suelo para la siembra y cosecha de alfalfa.

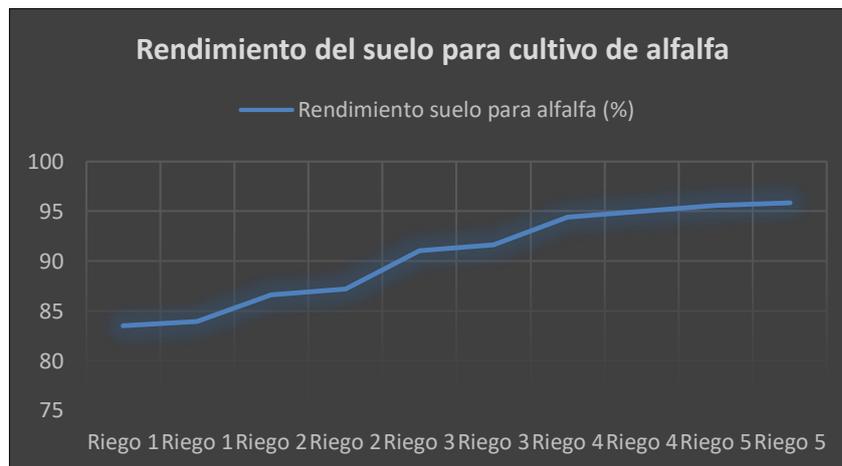


Figura 5.8: Rendimiento del suelo para el cultivo de alfalfa

Fuente: Caizaluisa Stefany (2022)

La figura anterior muestra los resultados favorables del rendimiento del suelo para poder sembrar y cosechar alfalfa de mejor calidad, con nutrientes que puedan beneficiar en la dieta de los conejos y cuyes; de esta forma se muestra el impacto positivo del sistema productivo integral para la crianza y producción de conejos y cuyes en terrenos con escasos servicios de regadío del barrio Culaguango Bajo de la parroquia de Belisario Quevedo, en la ciudad de Latacunga.

5.6. PRESUPUESTO

En este epígrafe se develan los datos financieros necesarios para la implementación sistema productivo integral para la crianza y producción de animales menores, particularmente el sistema de aspersión. Los costos pueden ser diferentes en la variación de los modelos y/o marcas de suministros electrónicos y de riego. La intención del proyecto fue construir un sistema de aspersión de bajo costo, que este capacitado para el riego automatizado, además permita aprovechar la poca cantidad de agua del sector, al máximo.

La tabla 5.11 muestra el hardware utilizado en el desarrollo e implementación del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa en un terreno del barrio Culagunago Bajo, con el propósito de criar y producir animales menores.

Tabla 5.11. Hardware del sistema de aspersión

Hardware	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso al año
Ordenador Intel core i5, 2GHz, 4G RAM.	1	960	1440
Impresora HP LaserJet CP1025nw	1	56	56
Multímetro	1	800	1136

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.12 muestra en detalle el software utilizado en el diseño e implementación sistema de aspersión para la siembra de alfalfa.

Tabla 5.12. Software del sistema de aspersión

Software	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso al año
Sistema Operativo Microsoft Windows 10	1	960	1440
Programa Arduino IDE 1.8.12	1	800	1136
Programa Proteus 8.10	1	800	1136
Microsoft Office 2019	1	960	1440

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

El software y hardware están constituidos por los programas más importantes y las herramientas más relevantes para la implementación del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa, las versiones de código abierto y versiones académicas del software fueron utilizados en este prototipo.

La tabla 5.13 muestra las herramientas utilizadas para la implementación y funcionamiento del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa.

Tabla 5.13. Herramientas del sistema de aspersión

Elemento	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso al año
Prothoboard	1	480	600
Cautín	1	480	600
Pinzas	1	56	56
Chabeta	1	26	26
Llave de pico	1	56	56
Sierra	1	26	26
Destornillador multicabeza	1	47	47
Alicate	1	52	52
Playo	1	23	23

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.14 muestra los elementos electrónicos e hidráulicos utilizados para la implementación del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa.

Tabla 5.14. Elementos electrónicos del sistema de aspersión

Elemento	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso al año
Arduino Uno R3	1	960	1440
Módulo RTC 1302	1	960	1440
Pulsadores	1	960	1440
LCD 16x2	1	960	1440
Módulo de comunicación I2C	1	960	1440
Electroválvula de 12 V DC	1	960	1440
Modulo Relé de un canal	1	960	1440
LED de varios colores	1	960	1440
Conector RJ45	1	960	1440
Chasis de proyectos	1	960	1440
Manguera 2"	1	960	1440
Juego de boquillas de aspersión	1	960	1440
Bomba de agua de 1HP	1	960	1440
Taque de agua reservorio de 250 litros	1	960	1440
Acople de manguera de 2"	1	960	1440
Codos de manguera de 2"	1	960	1440
Abrazaderas de metal de 2"	1	960	1440
OTROS			
Estaño	1	960	1440
Enchufe	1	960	1440
Cable UTP cat. 5e blindado	1	960	1440
Cinta teflón	1	960	1440

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.15 muestra las horas de mano de obra directa requerida en el proceso de implementación del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa. La mano de obra directa en primera instancia fue aprender el uso de Arduino y la programación en C++. Adquirir esta capacidad permitió desarrollar el algoritmo de control automático del sistema de aspersión, a su vez, utilizar la plataforma Arduino IDE para descargar las respectivas librerías de los módulos como el RTC 1302, el módulo I2C y el respectivo LCD 16x2; a su vez ayudó a poder depurar el algoritmo y almacenarlo en el microprocesador del Arduino, para posterior a ello poder ensablar el sistema de aspersión con sus respectivas conexiones eléctricas.

Tabla 5.15. Mano de obra directa del sistema de aspersión

Actividad	Horas
Programación en Arduino IDE	40
Ingeniería electrónica	140
Soldadura de componentes	40
Simulaciones digitales	220
Case del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa	24
Implementación, pruebas y solución de problemas	10
Documentación del proyecto	360
Horas totales	834

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

Precios Unitarios:

Los precios de cada uno de los elementos necesarios para la implementación del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa están cotizados en el año 2022. De esta manera, la tabla 5.16 muestra el hardware del sistema de aspersión y su precio unitario.

Tabla 5.16. Hardware del sistema de aspersión - precio unitario

Hardware	Cantidad	Precio (\$/unid)
Ordenador Intel core i5, 2GHz, 4G RAM.	1	780,00
Impresora HP LaserJet CP1025nw	1	280,00
Multímetro	1	56,00

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.17 detalla el software utilizado en el sistema de aspersión para la siembra de alfalfa con sus respectivos precios unitarios. Se utilizó las últimas versiones de los programas debido a la compatibilidad con el sistema operativo, además de la compatibilidad de librerías y codificación con la plataforma Arduino IDE.

Tabla 5.17. Software del sistema de aspersión - precio unitario

Software	Cantidad	Precio (\$/unid)
Sistema Operativo Microsoft Windows 10	1	4,50
Programa Arduino IDE 1.8.12	1	4,50
Programa Proteus 8.10	1	3,50
Microsoft Office 2019	1	3,50

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.18 describe las herramientas necesarias para la implementación del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa con sus precios unitarios.

Tabla 5.18. Herramientas del sistema de aspersión - precio unitario

Elemento	Cantidad	Precio (\$/unidad)
Prothoboard	1	35,00
Cautín	1	36,00
Pinzas	1	4,80
Chabeta	1	1,20
Llave de pico	1	3,6
Sierra	1	8,7
Destornillador multicabeza	1	13,2
Alicate	1	5,6
Playo	1	6,4

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.19 muestra los elementos electrónicos utilizados para la implementación y funcionamiento del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa, con los respectivos precios unitarios.

Tabla 5.19. Elementos electrónicos e hidráulicos - precio unitario

Elemento	Cantidad	Unidad	Precio (\$/unidad)
Arduino Uno R3	1	c/u	15,00
Módulo RTC 1302	1	c/u	12,00
Pulsadores	4	c/u	0,50
LCD 16x2	1	c/u	6,50
Módulo de comunicación I2C	1	c/u	4,70
Electroválvula de 12 V DC	1	c/u	12,00
Modulo Relé de un canal	2	c/u	4,85
LED de varios colores	3	c/u	0,50
Conector RJ45	3	c/u	0,25
Chasis de proyectos	1	c/u	5,60
Manguera 2"	15	m	0,85
Juego de boquillas de aspersión	1	6 c/u	15,00
Bomba de agua de 1HP	1	c/u	68,00
Taque de agua reservorio de 250 litros	1	c/u	150,00
Acople de manguera de 2"	5	c/u	1,20
Codos de manguera de 2"	2	c/u	1,20
Abrazaderas de metal de 2"	8	c/u	0,35
OTROS			
Estaño	2	m	1,25
Enchufe	1	c/u	0,45

Cable UTP cat. 5e blindado	10	m	0,50
Cinta Teflón	1	c/u	1,50

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

Para poder diseñar el sistema de aspersión para la siembra de alfalfa en su versión final, se realizaron varios prototipos de algoritmos en el Arduino IDE y varias conexiones de hardware para optimizar recursos, acciones que permitieron construir una versión eficiente de programación y un hardware de bajo coste.

La tabla 5.20 muestra la mano de obra directa útil para la implementación del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa, con sus respectivos precios unitarios.

Tabla 5.20. Mano de obra directa del sistema de aspersión - precio unitario

Actividad	Horas	Precio (\$/hora)
Programación en Arduino IDE	40	5,00
Ingeniería electrónica	140	8,00
Soldadura de componentes	40	5,00
Simulaciones digitales	220	5,00
Case del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa	24	3,00
Implementación, pruebas y solución de problemas	10	3,00
Documentación del proyecto	360	3,00

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

Sumas Parciales:

Posterior a los precios unitarios, se detallan los importes parciales de cada uno de los elementos que componen las distintas categorías, estimadas como componentes claves para la implementación del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa. Los precios parciales de los componentes del sistema concuerdan con las mejores cotizaciones realizadas y adquiridas una vez, tomada la decisión; son precios convenientes para constituir un sistema robusto y de bajo costo. La tabla 5.21 muestra el hardware del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa con su respectiva suma parcial.

Tabla 5.21. Hardware del sistema de aspersión - suma parcial

Hardware	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso al año	Precio (\$/unidad)	Amortización anual	Coste (\$)
Ordenador Intel core i3, 2GHz, 4G RAM.	1	960	1440	780,00	26%	135,20
Impresora HP LaserJet CP1025nw	1	56	56	280,00	26%	72,80
Multímetro	1	800	1136	56,00	26%	14,56
SUBTOTAL						222,56

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.22 muestra el software utilizado para el diseño y desarrollo del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa con la respectiva suma parcial.

Tabla 5.22. Software del sistema de aspersión - suma parcial

Software	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso al año	Precio (\$/unidad)	Amortización anual	Coste (\$)
Sistema Operativo Microsoft Windows 10	1	960	1440	4,50	26%	0,39
Programa Arduino IDE 1.8.12	1	800	1136	4,50	26%	0,82
Programa Proteus 8.10	1	800	1136	3,50	26%	0,64
Microsoft Office 2019	1	800	600	3,50	26%	0,61
SUBTOTAL						2,46

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.23 muestra las herramientas utilizadas en la implementación y operatividad del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa con su respectiva suma parcial.

Tabla 5.23. Herramientas del sistema de aspersión - suma parcial

Elemento	Cantidad	Horas de proyecto	Horas de uso al año	Precio (\$/unidad)	Amortización anual	Coste (\$)
Prothoboard	1	480	600	35,00	30%	8,40
Cautín	1	480	600	36,00	30%	8,64
Pinzas	1	56	56	4,80	30%	1,44
Chabeta	1	26	26	1,20	30%	0,36
Llave de pico	1	56	56	3,6	30%	1,08
Sierra	1	26	26	8,7	30%	2,61

Destornillador multicabeza	1	47	47	13,2	30%	3,96
Alicate	1	52	52	5,6	30%	1,68
Playo	1	23	23	6,4	30%	1,92
SUBTOTAL						30,09

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.24 muestra los elementos electrónicos e hidráulicos utilizados para la implementación del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa.

Tabla 5.24. Elementos electrónicos e hidráulicos – suma parcial

Elemento	Cantidad	Unidad	Precio (\$/unidad)	Coste (\$)
Arduino Uno R3	1	c/u	15,00	15,00
Módulo RTC 1302	1	c/u	12,00	12,00
Pulsadores	4	c/u	0,50	2,00
LCD 16x2	1	c/u	6,50	6,50
Módulo de comunicación I2C	1	c/u	4,70	4,70
Electroválvula de 12 V DC	1	c/u	12,00	12,00
Modulo Relé de un canal	2	c/u	4,85	9,70
LED de varios colores	3	c/u	0,50	1,50
Conector RJ45	3	c/u	0,25	0,75
Chasis de proyectos	1	c/u	5,60	5,60
Manguera 2"	15	m	0,85	6,15
Juego de boquillas de aspersión	1	6 c/u	15,00	12,75
Bomba de agua de 1HP	1	c/u	68,00	68,00
Taque de agua reservorio de 250 litros	1	c/u	150,00	150,00
Acople de manguera de 2"	5	c/u	1,20	6,00
Codos de manguera de 2"	2	c/u	1,20	2,40
Abrazaderas de metal de 2"	8	c/u	0,35	2,80
OTROS				
Estaño	2	m	1,25	2,50
Enchufe	1	c/u	0,45	0,45
Cable UTP cat. 5e blindado	10	m	0,50	5,00
Cinta Teflón	1	c/u	1,50	1,50
SUBTOTAL				325,80

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

La tabla 5.25 muestra el coste de las horas de mano de obra directa, requerida en el proceso de implementación del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa.

Tabla 5.25. Mano de obra directa del sistema de aspersión - suma parcial

Actividad	Horas	Precio (\$/hora)	Coste (\$)
Programación en Arduino IDE	40	5,00	200,00
Ingeniería electrónica	140	8,00	1.120,00
Soldadura de componentes	40	5,00	200,00
Simulaciones digitales	220	5,00	1.100,00
Case del sistema de aspersión para la siembra de alfalfa	24	3,00	72,00
Implementación, pruebas y solución de problemas	10	3,00	30,00
Documentación del proyecto	360	3,00	1.080,00
SUBTOTAL			3.802,00

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

Al ser la mano de obra directa desarrollada por la investigadora, la suma parcial de este ítem, tiene un valor de cero; por lo tanto, la sumatoria de las categorías refleja el presupuesto, impuestos incluidos, el valor se estipula en la tabla 5.26.

Tabla 5.26. Presupuesto

Concepto	Coste Subtotal (\$)
Hardware del sistema de aspersión	222,56
Software del sistema de aspersión	2,46
Herramientas del sistema de aspersión	30,09
Elementos electrónicos e hidráulicos	325,80
Mano de obra directa del sistema de aspersión	0,00
Imprevistos (5%)	29,05
TOTAL	609,96

Elaborado por: Caizaluisa Stefany (2022)

El presupuesto de la propuesta tecnológica asciende a la cantidad de **SEISCIENTOS NUEVE DÓLARES con NOVENTA Y SEIS CENTAVOS**; dinero financiado por la investigadora.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- El diseño de un sistema productivo integral para la crianza y producción de animales menores, usando terrenos con escasos servicios de regadío permitió implementar un sistema de riego por aspersión en un terreno de 391 m^2 del barrio Culaguango Bajo perteneciente a la parroquia Belisario Quevedo, con una precipitación promedio en el sector de 750 mm al año, se lograrán satisfacer el llenado de varios tanques de 250 lt/m^2 para solventar los meses de ausencia de lluvia que suele ser de junio a septiembre, con lo cual se mejorará la humedad del suelo para el cultivo de alfalfa, optimizando la calidad nutricional del forraje destinado a la alimentación de cuyes y conejos.
- El desarrollo de un estudio teórico de las necesidades de agua para la producción de forraje demostró que la alfalfa es una planta que tolera la sequía hasta cierto punto, pero requiere niveles de humedad en el suelo para un rendimiento sostenido durante su vida útil de 4 a 5 años, a manera de regla general la humedad no tiene que ser inferior a 50%.
- La determinación de las características de permeabilidad del suelo para el cultivo de alfalfa en los terrenos del barrio Culaguango Bajo perteneciente a la parroquia Belisario Quevedo, demuestra que tiene una textura franco arenoso, con una permeabilidad media y retención de agua media; además de una humedad de 1,53% y un pH de 6,23 medidos antes de implementar el riego de agua por aspersión, después de regar los huachos se obtuvo una humedad de 2,12% y un pH de 6,52, lo que es favorable para el cultivo de alfalfa.
- El diseño lógico de un sistema de regadío para el cultivo de alfalfa permitió construir un prototipo automatizado de riego por aspersión en una plataforma OpenHardware como Arduino, el mismo permite el riego programado para 5 períodos en 24 horas de manera automatizada, a través del módulo RTC 1302, tanto la fecha, hora y configuración del sistema se visualizan por medio de un display LCD 16x2; también, una electroválvula es activada con el uso de un relay de 5V que controla la tarjeta electrónica, para cerrar y abrir el flujo de agua.
- La generación de un programa integral de producción para alimentar a animales menores con base de forraje permitió obtener matrices de procedimientos fundamentales para el cuidado y alimentación de conejos y cuyes, así como también la siembra y mantenimiento

de la siembra de alfalfa; estos resultados permiten mejorar las condiciones de crianza y producción tanto de conejos y cuyes, a través de un forraje más nutritivo para la dieta de los animales; lo que se replica para la sostenibilidad económica de los habitantes del barrio Culaguango Bajo de la parroquia de Belisario Quevedo.

6.2. RECOMENDACIONES

- La captación de lluvia con un promedio de precipitaciones de 750 mm permite llenar varios tanques de $250 \text{ lt}/\text{m}^2$ al año, lo que representa que, al construir un tanque de mayor volumen para el almacenamiento del agua, se tendrá beneficios directamente proporcionales al tamaño del tanque de captación; es importante que se realice la inversión de obra civil en la construcción de un taque de agua de mayores dimensiones.
- La alfalfa es la principal legumbre forrajera utilizada en la crianza y producción de animales menores en Ecuador, es importante que las autoridades competentes impulsen y motiven los avances en el desarrollo de variedades, el establecimiento, el control de plagas, la fertilidad y la gestión de la cosecha, mejorado el rendimiento y la calidad de la alfalfa; además, proporcionado el servicio básico de riego de agua en las zonas rurales donde existe carencia.
- El potencial de la alfalfa como cultivo de pastoreo está prácticamente sin explotar en la provincia de Cotopaxi, la ciudad de Latacunga y todas sus parroquias rurales. Para ello es necesario que las autoridades pertinentes propongan talleres de capacitación sobre la siembra y mantenimiento de la alfalfa, así como la crianza de animales menores como el cuy y el conejo, esto permitirá mejorar la sostenibilidad de muchas familias que ven en la producción de animales menores, una oportunidad de crecimiento económico, más aún con la recesión de la pandemia causada por el COVID-19.
- Los conejos son más eficientes en términos de producción (crías, rendimiento cárnico, calidad de la carne y valor adicional de la piel), pero los costes de puesta en marcha de los conejos son más elevados (precio de los reproductores, vivienda y alimentación). Es necesario que los agricultores tomen en cuenta esta premisa a la hora de la crianza y producción de animales menores, porque por su parte los cuyes son más resistentes a las enfermedades, disponen de una dieta más diversa que los conejos y la vivienda y alimentación es más económica.
- El sistema de aspersión permite a los agricultores mejorar la humedad del suelo por medio de la recolección de agua lluvia, controlando el suministro inadecuado de agua al terreno, ya que la bomba de agua se enciende o se apaga, dependiendo de la hora de riego. Es relevante

que los habitantes del barrio Culaguango Bajo, con este sistema propuesto, de bajo coste, puedan replicarse en la explotación agrícola del sector, para simplificar y eliminar el estrés innecesario al que se somete normalmente un agricultor al suministrar agua a sus tierras de cultivo.

- Para mejorar la sostenibilidad ambiental del prototipo, se pueden implementar las fuentes de energía con dispositivos de energía limpia o paneles solares, para constituir un proyecto sustentable para las familias del barrio Culaguango Bajo en la parroquia Belisario Quevedo, en el futuro se puede transferir este proyecto a gran escala. También, controlar el sistema de forma remota. A partir de los resultados obtenidos, el agricultor podrá controlar con precisión el contenido de agua del suelo en su explotación. Además, basándose en esto, el agricultor puede determinar si una planta está en buenas condiciones, en términos del contenido de agua del suelo debajo de ella.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] W. Salcedo, «Evaluación de harina de sangre bovina y harina de alfalfa (*Medicago sativa*) como fuentes de proteína en el alimento balanceado para cuyes (*Cavia porcellus* L.),» Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2017.
- [2] N. Torres, «Caracterización de los sistemas de producción de cuyes y su relación con una propuesta de un programa de manejo en el valle Sayán,» Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, 2019.
- [3] E. Guzmán, «Utilización de diferentes tipos de mezclas forrajeras en cuyes mejorados y criollos para evaluar el rendimiento productivo en etapa de crecimiento en el CEASA,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2019.
- [4] A. Pombosa, «Determinación de las etapas fenológicas del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa*) VAR. morada paisana bajo las condiciones climáticas del cantón Cevallos,» Universidad Técnica de Ambato, Cevallos, 2016.
- [5] C. Núñez, «Comportamiento productivo y cuantificación de la biomasa residual disponible en un sistema cavícola,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [6] B. Martínez y M. Leiva, «Estudio comparativo de la producción de forraje y calidad nutricional de variedades de cultivo de alfalfa (*medicago sativa*) en la Sierra Central,» Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco, 2018.
- [7] E. Chariguamán, «Evaluación de dos niveles de fertilización mas dos tipos de tutorio y tres dosis de etephon para igualar la maduración de la semilla de alfalfa (*medicago sativa* L.) en la localidad ubicada en la parroquia Eloy Alfaro barrio Sarapamba,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2017.
- [8] G. Huaman, «Determinación de la mejor combinación de abono orgánico, suelo y riego en la mejora del crecimiento (cm) de la alfalfa (*Medicago Sativa* L.) en la provincia de Melgar 2017,» Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2017.
- [9] J. Gallego, «Efectos de la fertilización con P y S sobre la producción y calidad de alfalfa (*Medicago sativa* L.) irrigada y el estado orgánico del suelo en el valle inferior del Río Negro,» Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires, 2017.
- [10] L. Mariñas, «Efecto de la asociatividad y uso de fertilizantes orgánicos en las características nutricionales de alfalfa (*Medicago sativa* L.) y Rye Grass (*Lolium*

- multiflorum G.),» Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Chachapoyas, 2016.
- [11] J. López y C. Maylle, «Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta de producción de pellets de heno de alfalfa (Medicago sativa),» Universidad de Lima, Lima, 2016.
- [12] N. Timana, «Efectos de la fertilización química-orgánica en el rendimiento de dos variedades de alfalfa (Medicago sativa L.) en la comunidad de Calpaqu provincia de Imbabura,» Universidad Técnica de Babahoyo, El Ángel, 2016.
- [13] K. Quishpe, «Determinación microbiológica y de metales pesados en jugos de alfalfa (Medicago sativa) usado en la preparación de jugos naturales de fruta, expendidos en los diferentes mercados de Quito,» Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2016.
- [14] M. Mendoza, «Capacidad fitorremediadora de la alfalfa (Medicago sativa) en suelos contaminados con plomo evaluada en dos etapas de crecimiento Végueta, Huaura,» Universidad Católica Sedes Sapientiae, Huaura, 2020.
- [15] E. Aguilar, «Producción de biomasa forrajera de variedades o ecotipos de alfalfa (Medicago sativa) en el sector humedades del distrito de Salas Lambayeque,» Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lima, 2017.
- [16] J. Monge, «Evaluación económica y financiera del heno de alfalfa con destino comercial en la cadena de rotación agrícola,» Universidad Católica de Córdoba, Córdoba, 2017.
- [17] A. Guaranga, «Determinación in situ de la edad y hora óptima de corte sobre la concentración de carbohidratos solubles en alfalfa morada (Medicago sativa),» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2019.
- [18] E. Campiran, «Efecto del riego con agua residual sobre la eficiencia de la simbiosis Sinorhizobium sp., alfalfa (Medicago sativa),» Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 2018.
- [19] C. Pastor, «Evaluación del porcentaje de carbono del Medicago sativa (Alfalfa tropical) en Zungarococha,» Universidad Nacional del Amazonía Peruna, Iquitos, 2016.
- [20] A. Díaz, «Factores implicados en la calidad del forraje de alfalfa (Medicago sativa),» Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, 2020.

- [21] C. Borges y E. Ciancio, «Efecto del segado y oreo de alfalfa prepastoreo sobre la producción de leche, el consumo y la digestibilidad de los nutrientes en vacas lecheras,» Universidad de la República, Montevideo, 2020.
- [22] J. Callisaya, «Aplicación de tres láminas de agua con riego por aspersión en el cultivo de la alfalfa en la estación experimental de choquenaira La Paz,» Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2018.
- [23] N. García, «Evaluación de la digestibilidad in vivo del albumen de huevo de gallina liofilizado en cobayos en la etapa de crecimiento engorde,» Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, 2020.
- [24] S. Ramirez, «Zonificación edafoclimática del cultivo de alfalfa en la subcuenca del río Carchi, región Ayacucho,» Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, 2019.
- [25] A. Sulca, «Producción de forraje de cinco variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) Ticllas a 2395 msnm,» Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga, Ayacucho, 2016.
- [26] M. Cubas, «Evaluación de la composición química y comportamiento productivo de seis variedades de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en dos pisos altitudinales en la provincia de Santa Cruz,» Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, 2021.
- [27] F. Montes, R. Castro, G. Aguilar, S. Sandoval y M. Solis, «Acumulación estacional de biomasa aérea de alfalfa Var. Oaxaca criolla (*Medicago sativa* L.),» *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, vol. VII, n° 4, pp. 68-86, 2016.
- [28] D. Apaza y I. Torre, «Diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnología Arduino en el laboratorio de Control y Automatización EPIME 2016,» Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2017.
- [29] C. Escobar y K. Farfán, «Diseño de un sistema de riego para la implementación de cultivos automatizados en el recinto playa seca del cantón El Triunfo,» Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2018.
- [30] W. Vásquez, «Sistema de riego automatizado controlado por Arduino para las plantas ornamentales de la piscina del complejo universitario,» Universidad Estatal del Sur de Manabí, Jipijapa, 2018.

- [31] W. Cervantes, «Diseño e implementación de sistema de riego automatizado y controlado por una placa Arduino para la finca "La Lucía",» Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, 2016.
- [32] D. Bustos, «Propuesta de un sistema de control y automatización con administración remota a través de un smartphone Android para el riego del cultivo de lechuga en la finca Los Almendros del departamento de Jinotega en el año 2017,» Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, 2017.
- [33] D. Quiroga y E. Cifuentes, «Prototipo de un sistema automatizado de riego para jardines,» Fundación Universitaria Los Libertadores, Bogotá, 2018.
- [34] C. Castillo, «Diseño de un Sistema de riego automatizado para cultivos de ciclo corto con Arduino estudio de caso pimiento,» Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, 2021.
- [35] C. Naranjo y B. Tipantiza, «Simulación de un sistema de riego automatizado para un terreno ubicado en Vista Hermosa Malchingui,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2020.
- [36] H. Quispe, «Diseño de un sistema de riego automatizado por aspersión para viveros de café utilizando la tecnología Arduino en la empresa Viveros Ortíz Pasco,» Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Chimbote, 2018.
- [37] J. Salazar, «Diseño de una aplicación para automatizar el riego de los jardines,» Instituto Superior Tecnológico Bolivariano, Guayaquil, 2017.
- [38] H. Suárez, «Implementación de un sistema de informático para el control de riego de cultivos empleando IoT con Raspberry Pi en el vivero de la Municipalidad Provincial de San Martín 2017,» Universidad César Vallejo, Lima, 2017.
- [39] F. Calle y J. Gaibor, «Automatización de un sistema de riego con monitoreo local usando un touch y control remoto inalámbrico vía GSM Arduino para el mejoramiento dentro del campo agrícola en Asofrut,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2017.
- [40] G. Borja, «Diseño de un sistema de riego automatizado para el cultivo de legumbres en un huerto ubicado en el campus de la UCSG,» Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2018.

- [41] D. Ascencios, K. Meza, J. Lluen y G. Simon, «Calibración, validación y automatización del sistema de riego por goteo subterráneo usando un microcontrolador Arduino,» *Revista de Investigaciones Altoandinas*, vol. XXII, n° 1, pp. 56-88, 2020.
- [42] S. Cabrera y I. Montes, «Implementación de un sistema automatizado para riego basado en la tecnología Arduino para controlar balance de humedad de suelo en el recinto Siete Ríos,» Universidad Técnica de Cotopaxi, La Maná, 2021.
- [43] D. Orellana, «Diseño e implementación de sistema de riego automatizado por microaspersión con control remoto GSM SMS y Arduino para las áreas verdes y plantas ornamentales,» Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2019.
- [44] A. Barreros, «Evaluación de tres niveles de proteína de harina de sangre como dieta suplementaria en la etapa de crecimiento-engorde en cuyes (*Cavia porcellus*) de la Granja Producuy,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2017.
- [45] D. Quesquén, «Evaluación del consumo de agua en cuyes de engorde (*Cavia porcellus*), alimentados a base de concentrado y mantenidos en diferentes densidades de crianza,» Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 2019.
- [46] E. Acosta, «Ganancia de peso en cuyes machos (*Cavia porcellus*), post destete de la raza Perú, con tres tipos de alimento-balanceado mixta, testigo (alfalfa) en Abancay,» Universidad Tecnológica de lo Andes, Abancay, 2016.

ANEXOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

CIRCUITO Y ALGORITMO

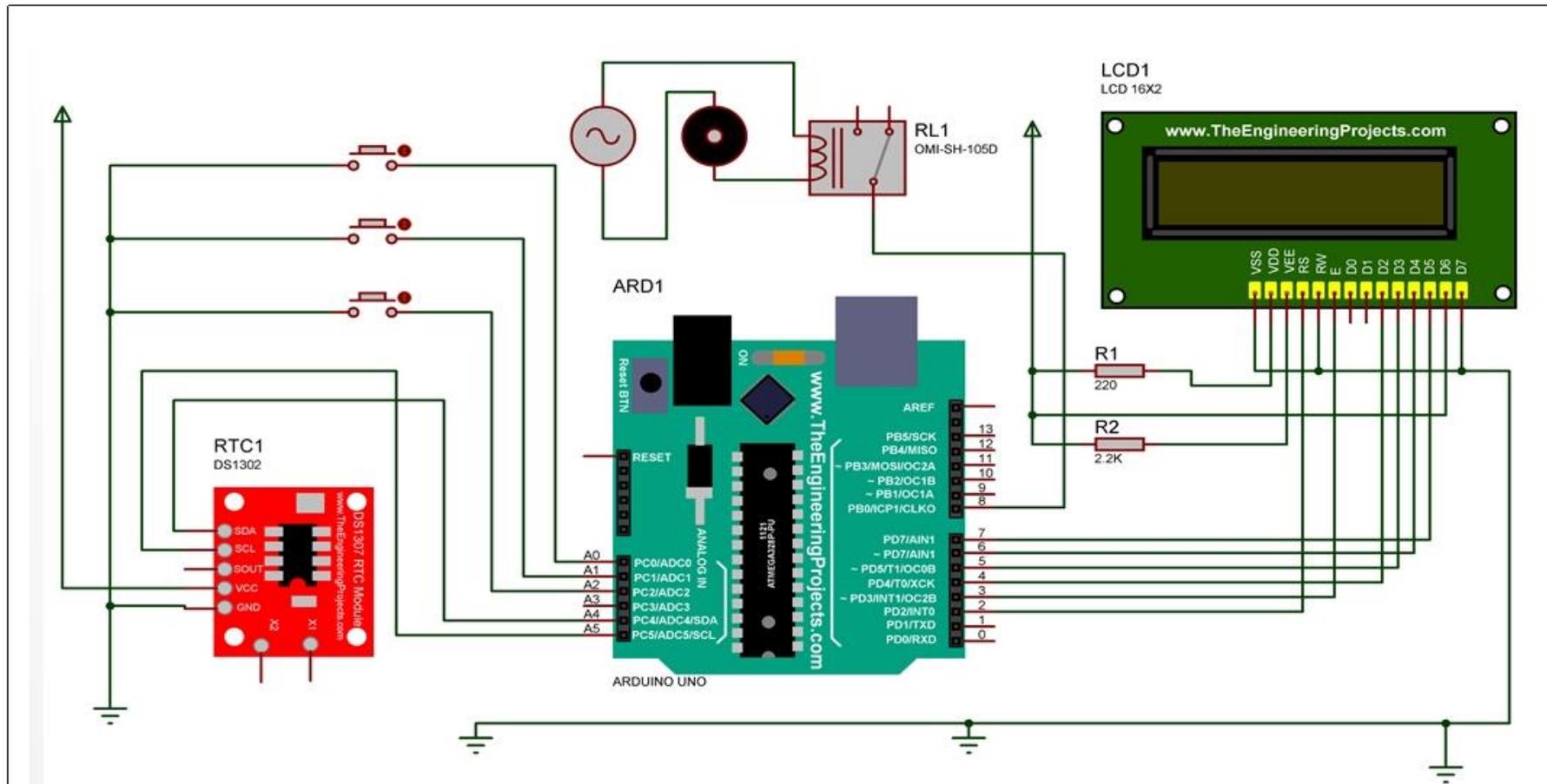
TÍTULO:

“SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRAL PARA LA CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE
ANIMALES MENORES USANDO TERRENOS CON ESCASOS SERVICIOS DE
REGADÍO”

AUTORA:

Stefany Jimena Caizaluisa Quimbita





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

POSTULANTE:		STEFANY JIMENA CAIZALUISA QUIMBITA	
TEMA:		SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO CULAGUANGO BAJO	LAMINA:
TUTOR:		ING. ÁLGEL MARCELO TELLO CÓNDOR, M.SC.	A-01
FECHA:	FORMATO:	REFERENCIA:	PLANO:
05-FEBRERO-2022	A3	TESIS INDUSTRIAL	DIAGRAMA CONEXIÓN

Algoritmo en Arduino UNO R3:

```

#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // librería para LCD con I2C
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

#include <virtuabotixRTC.h> //librería para el RTC 1302
virtuabotixRTC myRTC(6, 7, 8); //Pines utilizado para el RTC 1302

#include <EEPROM.h>

const int btnChange = 2;
const int btnOK = 3;
const int btnMode = 4;
const int buzzer = 5;

int riegoHour = 12;
int riegoMinutes = 0;
boolean hourMode = 0;
boolean riegoOn = 1;
int M = 12;
int D = 31;
int Y = 2020;
int day = 7;
int h = 23;
int m = 59;

int addrH[] = {0, 1, 2, 3, 4};
int addrM[] = {5, 6, 7, 8, 9};
int addrActive[] = {10, 11, 12, 13, 14};

int mode = 1;
int submode = 1;
int slot = 0;

byte clockChar[] = {B00000, B01110, B10101, B10101, B10111, B10001, B01110, B00000};
byte riegoChar[] = {B00100, B01110, B01110, B01110, B11111, B00000, B00100, B00000};
byte dateChar[] = {B11111, B00000, B01100, B01010, B01010, B01100, B00000, B11111};

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  pinMode(btnChange, INPUT_PULLUP);
  pinMode(btnOK, INPUT_PULLUP);
  pinMode(btnMode, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buzzer, OUTPUT);

  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.createChar(0, clockChar);
  lcd.createChar(1, riegoChar);
  lcd.createChar(2, dateChar);
}
////////////////////// PROGRAMACIÓN PRINCIPAL ////////////////////////
void loop() {

  if (digitalRead(btnMode) == LOW) {
    mode++;
    Serial.println("btnMode press");
    if (mode == 4) {
      mode = 1;
    }
    submode = 0;
    lcd.clear();
    delay(200);
  }
}

```



```

if (mode == 1) {
  clockDisplay();
  Serial.println(mode);
  // delay(200);
}

if (mode == 2) {
  riegoMode();
  Serial.println(mode);
  // delay(200);
}

if (mode == 3) {
  updateRTC();
  Serial.println(mode);
  // delay(200);
}

if (mode == 0) {
  riego();
  Serial.println(mode);
  EEPROM.write(addrActive, 0);
  // delay(200);
}

for (int x = 0; x < 5; x++) {
  if (EEPROM.read(addrActive[x]) == 1) {
    Serial.print("slot riego activa: ");
    Serial.println(x);
    if ( myRTC.hours == EEPROM.read(addrH[x]) && myRTC.minutes == EEPROM.read(addrM[x])) {
      EEPROM.write(addrActive[x], 0);
      mode = 0;
    }
  }
}
}

void riego() {
  clockDisplay();
  lcd.noBacklight();
  digitalWrite(elecvalv, HIGH);
  delay(300);
  lcd.backlight();
  digitalWrite(elecvalv, LOW);
  delay(200);
}

//////////////////////LCD PARA EL RELOj ////////////////////////

void clockDisplay() {
  myRTC.updateTime();
  // lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.write(0);

  lcd.setCursor(0, 1);
  switch (myRTC.month) {
    case 1: lcd.print("Ene "); break;
    case 2: lcd.print("Feb "); break;
    case 3: lcd.print("Mar "); break;
    case 4: lcd.print("Abr "); break;
    case 5: lcd.print("May "); break;
    case 6: lcd.print("Jun "); break;
    case 7: lcd.print("Jul "); break;
    case 8: lcd.print("Ago "); break;
    case 9: lcd.print("Sep "); break;
    case 10: lcd.print("Oct "); break;
    case 11: lcd.print("Nov "); break;
    case 12: lcd.print("Dic "); break;
  }
  if (myRTC.dayofmonth < 10) {
    lcd.print(" ");
    lcd.print(myRTC.dayofmonth);
  }
}

```



```

else{
    lcd.print(myRTC.dayofmonth);
}
}
lcd.print(",");
lcd.print(myRTC.year);

lcd.setCursor(13, 1);
switch (myRTC.dayofweek) {
    case 1: lcd.print("Dom"); break;
    case 2: lcd.print("Lun"); break;
    case 3: lcd.print("Mar"); break;
    case 4: lcd.print("Mie"); break;
    case 5: lcd.print("Jue"); break;
    case 6: lcd.print("Vie"); break;
    case 7: lcd.print("Sab"); break;
}
}
lcd.setCursor(4, 0);
if ((myRTC.hours > 12 && myRTC.hours < 22) || (myRTC.hours > 0 && myRTC.hours < 10)) {
    lcd.print("0");
}
if (myRTC.hours == 0) {
    lcd.print("12");
}
else if (myRTC.hours <= 12) {
    lcd.print(myRTC.hours);
}
else {
    lcd.print(myRTC.hours - 12);
}
}
lcd.print(":");
if (myRTC.minutes < 10) {
    lcd.print("0");
}
}
lcd.print(myRTC.minutes);
lcd.print(":");
if (myRTC.seconds < 10) {
    lcd.print("0");
}
}
lcd.print(myRTC.seconds);
lcd.print(" ");
if (myRTC.hours < 12) {
    lcd.print("AM");
}
else {
    lcd.print("PM");
}
}
}
//////////////////////////////////// CONFIGURAR RIEGO //////////////////////////////////////
void riegoMode() {
    if (submode == 0) {
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.write(1);
        lcd.setCursor(2, 0);
        lcd.print("Config:");

        if (digitalRead(btnChange) == LOW) {
            slot++;
            if (slot > 4) {
                slot = 0;
            }
            delay(200);
        }
        lcd.setCursor(10, 0);
        lcd.print("Rieg#");
        lcd.print(slot + 1);
        lcd.setCursor(0, 1);
        if (EEPROM.read(addrH[slot]) > 23) {
            EEPROM.write(addrH[slot], 0);
        }
    }
}
//////////////////////////////////// CONFIGURAR FECHA & HORA //////////////////////////////////////
void updateRTC() {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.write(2);

```



```

if (submode > 7) {
    submode = 0;
}
delay(200);
lcd.clear();
}

if (submode == 0) {
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print("Set Fecha/Hora");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("Presione OK");
}
if (submode == 1) {
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print("Set Mes");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("--> ");
    if (digitalRead(btnChange) == LOW) {
        M++;
        if (M == 13) {
            M = 1;
        }
        delay(200);
    }
}
switch (day) {
    case 1: lcd.print("Domingo   ");
            break;
    case 2: lcd.print("Lunes     ");
            break;
    case 3: lcd.print("Martes    ");
            break;
    case 4: lcd.print("Miercoles ");
            break;
    case 5: lcd.print("Jueves    ");
            break;
    case 6: lcd.print("Viernes   ");
            break;
    case 7: lcd.print("Sabado    ");
            break;
}
}
if (submode == 5) {
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print("Set Hora");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("--> ");
    if (digitalRead(btnChange) == LOW) {
        h++;
        if (h == 24) {
            h = 0;
        }
        delay(200);
    }
    if (h > 12) {
        lcd.print(h - 12);
        lcd.print(" ");
    }
    else {
        lcd.print(h);
        lcd.print(" ");
    }
}
if (h >= 12) {
    lcd.setCursor(9, 1);
    lcd.print("PM");
}
else {
    lcd.setCursor(9, 1);
    lcd.print("AM");
}
}

```



```

}

switch (M) {
  case 1: lcd.print("Enero   ");      break;
  case 2: lcd.print("Febrero  ");     break;
  case 3: lcd.print("Marzo   ");      break;
  case 4: lcd.print("Abril    ");      break;
  case 5: lcd.print("Mayo     ");      break;
  case 6: lcd.print("Junio    ");      break;
  case 7: lcd.print("Julio     ");     break;
  case 8: lcd.print("Agosto   ");     break;
  case 9: lcd.print("Septiembre ");    break;
  case 10: lcd.print("Octubre  ");     break;
  case 11: lcd.print("Noviembre ");    break;
  case 12: lcd.print("Diciembre ");    break;
}
}

if (submode == 2) {
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("Set Dia");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("--> ");
  if (digitalRead(btnChange) == LOW) {
    D++;
    if (D == 32) {
      D = 1;
    }
    delay(200);
  }
  lcd.print(D);
  lcd.print(" ");
}

if (submode == 3) {
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("Set Ano");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("--> ");
  if (digitalRead(btnChange) == LOW) {
    Y++;
    if (Y == 2099) {
      Y = 2000;
    }
    delay(200);
  }
  lcd.print(Y);
}

if (submode == 4) {
  lcd.setCursor(2, 0);
  lcd.print("Set Dia Semana");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("--> ");
  if (digitalRead(btnChange) == LOW) {
    day++;
    if (day == 8) {
      day = 1;
    }
    delay(200);
  }
}
}

```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

REGISTRO FOTOGRAFICO

TÍTULO:

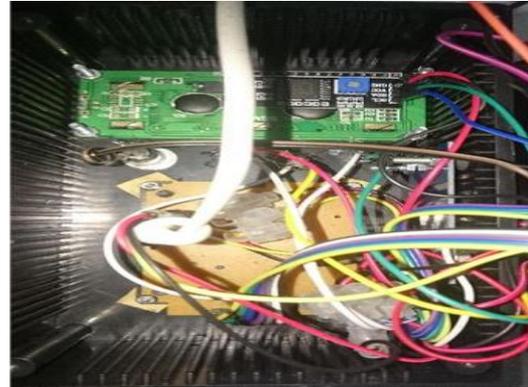
“SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRAL PARA LA CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE ANIMALES MENORES USANDO TERRENOS CON ESCASOS SERVICIOS DE REGADÍO”

AUTORA:

Stefany Jimena Caizaluisa Quimbita



SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRAL PARA LA CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE ANIMALES MENORES**Figura B.1:** Instalación de la tubería**Figura B.2:** Instalación de las boquillas**Figura B.3:** Alineación de la hilera de aspersión**Figura B.4:** Tubería de 2 pulgadas**Figura B.5:** Tanque de almacenamiento de agua**Figura B.6:** Prueba sistema de aspersión

SISTEMA PRODUCTIVO INTEGRAL PARA LA CRIANZA Y PRODUCCIÓN DE ANIMALES MENORES**Figura B.7:** Prueba del sistema de riego**Figura B.8:** Ensamble del prototipo**Figura B.9:** Siembra de alfalfa**Figura B.10:** Crecimiento de la alfalfa**Figura B.11:** Alimentación de conejos**Figura B.12:** Alimentación de los cuyes



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Noviembre 2021 - Marzo 2022

